

nutrición clínica

y

Dietética Hospitalaria



Nutr Clín Diet Hosp. 2025; 45(4)



La revista **Nutrición Clínica y dietética hospitalaria** está indexada en las siguientes Bases de datos:

- Emerging Sources Citation Index (ESCI)
 - Citefactor
 - REDIB
 - Google Scholar
 - CAB Abstracts
 - Chemical Abstracts Services CAS
 - Índice Bibliográfico Español en Ciencias de la Salud IBECS
 - Índice Médico Español IME
 - Índice MEDES
 - DOAJ
 - CABI databases
 - LATINDEX
 - SCOPUS
-

Edición en internet: ISSN: 1989-208X

Depósito Legal: M-25.025 - 1981

Publicación autorizada por el Ministerio de Sanidad como Soporte Válido. S.V. nº 276

MAQUETACIÓN: Almira Brea, S.L. - Madrid

© Copyright 2012. Fundación Alimentación Saludable

Reservados todos los derechos de edición. Se permite la reproducción total o parcial de los trabajos contenidos en este número siempre que se cite la procedencia y se incluya la correcta referencia bibliográfica.

LORTAD: usted tiene derecho a acceder a la información que le concierne y rectificarla o solicitar su retirada de nuestros ficheros informáticos.

EDICIÓN

Fundación Alimentación Saludable. Madrid

REMISIÓN DE ORIGINALES

Utilizando el área de envío de originales de la web
Revisión por pares de los originales remitidos
(normas disponibles en la web de la revista)

DIRECCIÓN POSTAL

Prof. Jesús Román Martínez Álvarez
Facultad de Medicina, 3ª plta.
Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación
Dpto. de Enfermería
Ciudad universitaria - 28040 Madrid

ESPECIALIDAD

Alimentación, Nutrición y Dietética. Áreas declaradas de interés:

- NUTRICIÓN BÁSICA
- NUTRICIÓN CLÍNICA
- SALUD PÚBLICA
- DIETÉTICA
- NUEVOS ALIMENTOS
- ALIMENTOS E INGREDIENTES FUNCIONALES
- PATOLOGÍA NUTRICIONAL
- OBESIDAD
- TRASTORNOS DE LA CONDUCTA ALIMENTARIA
- MALNUTRICIÓN
- EVALUACIÓN DEL ESTADO NUTRICIONAL
- NUTRICIÓN ENTERAL
- NUTRICIÓN PARENTERAL
- SEGURIDAD E HIGIENE ALIMENTARIA
- NUTRIENTES
- NOTICIAS

PERIODICIDAD

4 números al año

TÍTULO ABREVIADO

Nutr Clín Diet Hosp.

INTERNET

Accesible desde URL = <http://www.nutricion.org>
Acceso en línea libre y gratuito

DIRECCIÓN

Prof. Dr. Jesús Román Martínez Álvarez
Universidad Complutense de Madrid

REDACTOR - JEFE

Prof. Dr. Antonio Villarino Marín

COMITÉ DE REDACCIÓN

Prof. Dr. Andreu Palou Oliver
Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular
Universidad de las Islas Baleares

Prof. Dr. Jordi Salas i Salvadó
Catedrático de Bioquímica
Universidad Rovira i Virgili. Reus. España

Prof. Dr. Rafael Moreno Rojas
Catedrático de Nutrición y Bromatología
Universidad de Córdoba

Dra. Marta Hernández Cabria
Área de Nutrición y Salud
Corporación Alimentaria Peñasanta. Oviedo

Dr. Francisco Pérez Jiménez
Profesor de Medicina Interna
Hospital U. Reina Sofía. Córdoba

Prof. Dra. Rosario Martín de Santos
Catedrática de Nutrición y Bromatología
Universidad Complutense de Madrid

Prof. Dra. Rosa Ortega Anta
Catedrática de Nutrición y Bromatología
Universidad Complutense de Madrid

Dra. Victoria Valls Bellés
Facultad de Medicina
Universidad Jaime I. Castellón

Dra. Pilar Codoñer Franch
Facultad de Medicina
Universidad de Valencia

SECRETARÍA DE REDACCIÓN

Andrea Calderón García

DIRECTORES HONORÍFICOS

Dr. José María Ordovás Muñoz
Dra. Ana Sastre Gallego

D^a. M^a Lourdes de Torres Aured
Unidad de Nutrición
Hospital Miguel Servet. Zaragoza

Prof. Dra. Isabel Polanco Allué
Servicio de Gastroenterología y Nutrición
Hospital Universitario Infantil La Paz. Madrid

Dra. Monique Romon
Sociedad Francesa de Nutrición

Dra. Paula Domínguez Salas
University of London. Royal College

Prof. Rosa Elsa Hernández Meza
Universidad de Veracruz. México

D^a Rosa M Uscátegui
Directora de la revista Perspectivas en Nutrición Humana
Universidad de Antioquia. Colombia

Dra. Mercedes Sotos Prieto
Universidad Autónoma de Madrid
Visiting Scientist, Department of Nutrition and Environmental
Health, Harvard T.H. Chan School of Public Health

Dr. Eliseo López Hernández
Colegio Mexicano de Nutriólogos

Dra. Rebeca Monroy Torres
Laboratorio de Nutrición Ambiental y Seguridad Alimentaria.
Universidad de Guanajuato. México



Con los auspicios y colaboración del Colegio Mexicano de Nutriólogos

SUMARIO

• Estado nutricional y fragilidad en adultos mayores no institucionalizados de una región altoandina de Perú Nutritional status and frailty in non-institutionalized older adults in a high andean region of Peru Edwin Martin RUIZ SANCHEZ	10
• Desigualdades en seguridad alimentaria post COVID-19: Un análisis comparativo entre Chile, Colombia y México Inequalities in post-COVID-19 food security: A comparative analysis of Chile, Colombia, and Mexico Nelson HUN, Caroline YANS, Carolina SARAVIA, Samantha BERNAL-GÓMEZ, Ana MORA, Tania MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ	17
• Healthy eating and physical activity in older Peruvians post-pandemic Aldo MEDINA GAMERO	24
• Development of a chocolate bar from CCN-51 cocoa (Theobroma cacao L.) through the incorporation of its testa and Theobroma bicolor seeds at the Technical University of Babahoyo Desarrollo de una barra de chocolate a partir del cacao CCN-51 (Theobroma cacao. L) mediante la incorporación de su testa y semillas de Theobroma bicolor en la Universidad Técnica de Babahoyo Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ, Juan Andrés VILLAMARÍN BARREIRO, Álvaro Martín PAZMIÑO PÉREZ, Benítez Velasco DANNY VIDOR, Miguel Sebastian URRUTIA ALVAREZ, Guillermo Enrique GARCÍA VÁSQUEZ, Jose Luis MONCAYO PAZ, Sanyí Lorena RODRÍGUEZ CEVALLOS, Jhoan Alfredo PLUA MONTIEL.....	31
• Asociación entre sarcopenia, ingesta proteica y actividad física en adultos mayores del Hospital María Auxiliadora, Perú Association between Sarcopenia, Protein Intake, and Physical Activity in Older Adults at Hospital María Auxiliadora, Perú Jenny GARRIDO GALLARDO, Kimberly GALLARDO BARDALEZ, Carolina GARCÍA DE LAMA, Alexander Javier IMAN TORRES, Jose Jairo NARREA VARGAS	41
• Identificación de los compuestos bioactivos de la teatina (Scoparia dulces) procedente del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica Los Pinos Identification of bioactive compounds of thiatin (Scoparia dulces) from the Los Pinos Research and Technology Transfer Center Jhon Michael CEDEÑO VELIZ, Wagner GOROZABEL MUÑOZ	48
• Relación de la ingesta de alimentos y el estado nutricional con la inseguridad alimentaria en estudiantes de una región de México Relationship between food intake and nutritional status with food insecurity in students from a region of Mexico María Nayely ARREDONDO FLORES, SanJuana Elizabeth ALEMÁN CASTILLO, Christian David HERNÁNDEZ RAMÓN, Octelina CASTILLO RUÍZ, Ana Luisa GONZÁLEZ PÉREZ, Ocairi ALMANZA CRUZ	56
• Omisión del desayuno y su asociación con el estado nutricional y rendimiento académico en escolares Skiping breakfast and its association with nutritional status and academic performance in schoolchildren Thalía Aracely DE LA CRUZ CONZA, Erika Ruth CÁCERES MELGAREJO, Luis Pavel PALOMINO QUISPE, Zoila Rita MOSQUERA FIGUEROA, Jannet Carolina ANTÓN HUIMAN	65
• Variación de peso corporal y nivel de hemoglobina en pacientes con tuberculosis atendidos en un centro de salud público Variation in body weight and hemoglobin level in patients with tuberculosis treated at a public health center Fabrizio Giovanni MAURICIO CARRION, Ariana Beatriz SALINAS GERONIMO, Luis Pavel PALOMINO QUISPE, Zoila Rita MOSQUERA FIGUEROA, Jannet Carolina ANTÓN HUIMAN	72
• Perímetro abdominal y rendimiento físico en personal de la Policía Nacional del Perú Abdominal circumference and physical performance in personnel of the National Police of Peru Ana Cristina PASCACIO YALICO, Wilma Fabiola Nazareth SALAZAR GASTELU, Luis Pavel PALOMINO QUISPE, Zoila Rita MOSQUERA FIGUEROA, Jannet Carolina ANTÓN HUIMAN	78
• Consumo de bebidas energizantes y efectos adversos en la salud de estudiantes universitarios Energy drink consumption and adverse health effects of university students Silvia REYES NARVÁEZ, Llerme NÚÑEZ ZARAZU, María OYOLA CANTO, Rocío del Pilar PAJUELO VILLARREAL.....	87
• Hemoglobina glicosilada y glucemia basal en la prevención del síndrome metabólico en trabajadores de una región altoandina Glycosylated hemoglobin and fasting blood glucose in the prevention of metabolic syndrome in workers in a high Andean region Milvia Fabiola CALLUPE VELIZ, Oscar Gustavo HUAMAN GUTIERREZ.....	94

SUMARIO

• Using hydroxypropyl methylcellulose as a fat substitute in making of healthy sweet while keeping sensory value Haneen AL-TARAWNEH, Hadeel OBEIDAT, Khaled A. AL-NAJJAR	101
• Recientes avances en la comprensión del eje intestino-sistema endocrino Recent Advances in the Understanding of the gut–endocrine Axis Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS, Vivian R. MENA MIRANDA	110
• Proximate composition, antioxidant activity, total phenol and vitamin C content of pineapple combined with orange juice Putri Aulia ARZA, Andi Eka YUNianto	120
• Evaluación sensorial de néctar de maracuyá y arándano: Análisis de la percepción del consumidor sobre atributos organolépticos Sensory evaluation of passion fruit and blueberry nectar: Analysis of consumer perception of organoleptic attributes Brayan Jesús SAUNA AGUILAR, Liney OSORIO PAREDES, Joandri Airton MORENO RAMOS, Hanss Leonel ESTRADA GONZALES.....	126
• Assessing food security among fisher households in the coastal regions of central and west Lombok, Indonesia Joyeti DARNI, Sri YUNITA, Retno WAHYUNINGSIH, Yuli LARAENI.....	136
• Valoración de la calidad de la dieta y de los hábitos alimentarios saludables mediante el cuestionario SEDCADiet Assessment of the quality of the diet and healthy eating habits using the SEDCADiet questionnaire María Dolores MARRODÁN SERRANO, Rafael Pablo TOMÁS CARDOSO, Noemí LÓPEZ EJEDA, Andrea CALDERÓN FERNÁNDEZ, Roberto PEDRERO TOMÉ, Antonio VILLARINO MARÍN, Jesús Román MARTÍNEZ ÁLVAREZ	144
• Caracterización y formulación de una bebida en polvo a base de suero de leche, mezquite (Prosopis spp), cebada y proteína de arroz integral: evaluación fisicoquímica y sensorial Characterization and formulation of a powdered beverage based on whey, mesquite (Prosopis spp), rice protein and barley: Physicochemical and Sensory Evaluation Gloria Nieves ACEVEDO OSORIO, Paulina Itzel CALVARIO YÁÑEZ, María Elena CAMACHO PARRA, Margarita MONTIEL ROMERO.....	155
• Association of dietary habits with sleep quality among collegiate athletes Dinesh DAGAR, Jyoti SHRIVASTAVA, Garima SINGH	164
• Estado de hidratación de jóvenes futbolistas según su posición de juego: un estudio observacional Hydration status of young soccer players according to their playing position: an observational study Jasser Andrés PALACIOS GUZMAN, Kyara Bethzabet CASTRO MORENO, Juan Luis MORÁN ZULOAGA, Jestin Alejandro QUIROZ BRUNES	170
• Estado nutricional y desempeño físico en adultos mayores hospitalizados en un Hospital de EsSalud Juliaca-Perú, 2023 Nutritional status and physical performance in older adults hospitalized in an EsSalud Hospital Juliaca-Perú, 2023 Merilee M. CURRO MENDOZA.....	176
• How do meal timing and meal frequency influence the development, prevention, and management of metabolic syndrome? A systematic review of human studies Aaltje E. MANAMPIRING, Joice Nancy Ansje ENGKA, Billy J. KEPEL, Karina E. KUSSOY	183
• Potential nutrient content of bilih fish (Mystacoleucus padangensis) oil supplementation in reducing the risk of stunting Fivi Melva DIANA, Tri Isyani TUNGGU DEWI, Rini MADYASTUTI PURWONO, Nurjanah NURJANAH, Ulya UTI FASRINI, Imelda INDAH LESTARI	192
• Evaluación del recubrimiento comestible a base de proteína sobre la cinética de pérdida de masa, estabilidad fisicoquímica y atributos de color en fresas (Fragaria × ananassa) Effect of protein-based edible coatings on the preservation and shelf life of strawberries (Fragaria × ananassa) Edward TORRES CRUZ, Rocío CAHUANA LIPA, Julio Cesar MACHACA MAMANI, Valeriano ANCCO LAGO, Miriam Rosario MORENO ARCE, Alicia Magaly LEON TACCA, Saire Roenfi GUERRA LIMA.....	202
• Evaluation of exercise addiction and orthorexia nervosa among individuals attending fitness centers: insights from an adult population study Gulcan ARUSOGLU, Pinar SÖKÜLMEZ KAYA, Canan ASAL ULUS.....	210

SUMARIO

• Tiempo de reacción de las extremidades superiores por edad cronológica y estado de madurez en adolescentes Upper limb reaction time by chronological age and maturity status in adolescents José SULLA TORRES, Nadia CHÁVEZ SALAS, María VALVERDE RIVEROS, Nicolás VIDAL FERNÁNDEZ, Rossana GOMEZ CAMPOS, Marco COSSIO BOLAÑOS.....	220
• Obtaining pectinases by solid-state fermentation with different carbon sources Juan Alejandro NEIRA MOSQUERA, Lisbeth Stefany LOZANO AVALOS, Melanie Esthefania MACAS MOREIRA, Sungey Naynee SANCHEZ LLAGUNO, Jhonnatan Placido ALDAS MOREJON, Karol Yannela REVILLA ESCOBAR.....	227
• Factores asociados a la hipertensión arterial en adultos peruanos The factors associated with high blood pressure in peruvian adults Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI, Janet del Rocio GORDILLO CORTAZA.....	236
• Análisis de mediación entre IMC materno, edad y el Índice de Rohrer en mujeres adultas: estudio transversal Mediation analysis between maternal BMI, age and the Rohrer Index in adult women: a cross-sectional study Janet del Rocio GORDILLO CORTAZA, Maria Antonieta TOURIZ BONIFAZ, Verónica Alexandra MENDOZA RAMÍREZ, Rodrigo Javier MENDOZA RAMÍREZ, Andrea Michelle PRADO MATAMOROS, Zully Stefania CEDEÑO ROBALINO, Fátima Victoria FERAUD IBARRA, Yanina Teresa OCHOA.....	243
• Factores nutricionales asociados al riesgo cardiovascular en mujeres peruanas Nutritional factors associated with cardiovascular risk in peruvian women Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI, Maria Antonieta TOURIZ BONIFAZ, Janet del Rocio GORDILLO CORTAZA, Carlos Jair RAMÍREZ RUIZ, Marcos Rodolfo TOBAR MORAN, Angela Germania MONSERRATE ROMERO, William Johnny JIMÉNEZ JIMÉNEZ.....	249
• Ingesta de alimentos ultraprocesados y riesgo de diabetes mellitus en familias vulnerables del Callao Perú Consumption of ultra-processed foods and risk of diabetes mellitus in vulnerable families in Callao Peru Olga Giovanna VALDERRAMA RIOS, Marisol YATACO MUCHOTRIGO, Jenny AGUIRRE LUCICH, Arcelia Olga ROJAS SALAZAR, Alicia Lourdes MERINO LOZANO, Rosario MIRAVAL CONTRERAS, Segundo Ignacio PONTE VALVERDE, Judit SALAZAR ROJAS.....	256
• The effect of giving breadfulness leaf drink on High Density Lipoprotein (HDL) in type 2 diabetes mellitus Muhammad Hisyam MUSTAMIN, Nurhaedar JAFAR, Anna KHUZAIMAH.....	264
• Evaluation the effect of different concentrations of liquid rennet on total acid, viability of lactic acid bacteria, physicochemical and organoleptic properties of goat milk mozzarella cheese Nadia MAHARANI, Dewiarum SARI, Andi Eka YUNianto.....	273
• Relación del índice de masa corporal con el estadio de cáncer de mama en pacientes de un hospital público de Celaya (México) Relationship of body mass index with breast cancer stage in patients from a public hospital in Celaya (Mexico) Sebastian LÓPEZ ESTRADA, Jaqueline MORENO-ELIAS, Silvia del Carmen DELGADO-SANDOVAL.....	279
• Crecimiento fetal en hipoxia crónica: curvas percentilares de peso al nacer en altitud elevada Fetal growth in chronic hypoxia: birth weight percentile curves at high altitude David ANCCASI HERMOZA, Carlos TORRES SALINAS.....	284
• Implementation of low FODMAP-based dietary therapy combined with zero waste principles in the management of IBS – case study Maja Agata KOZŁOWSKA, Joanna WYKA.....	293
• Social participation and cognitive health in older adults: A scoping review Eduardo SANDOVAL-OBANDO, Cristián BARROS-OSORIO, Gerardo FUENTES-VILUGRÓN, Luis CASTELLANOS-ALVARENGA, Ronnie VIDELA-REYES, Miguel SALAZAR-MUÑOZ, Walter SEPÚLVEDA-LOYOLA.....	300
• No desayunar y el exceso de peso en personal asistencial de un hospital: un estudio transversal Breakfast skipping and excess weight among healthcare personnel in a hospital: a cross-sectional study Maria CALIXTO AIRA, Carlos ALVARADO ORTIZ, José A. CHAQUILA.....	312
• Eje intestino–riñón: avances recientes y aplicaciones clínicas en nefrología pediátrica y del adulto Gut–kidney axis: recent advances and clinical applications in pediatric and adult nephrology Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS, Vivian R. MENA MIRANDA.....	322
• Microbiota intestinal y eje intestino-cerebro: una revisión de su interacción con el sistema nervioso central Gut–brain axis and intestinal microbiota: a review of their interaction with the central nervous system Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS, Vivian R. MENA MIRANDA.....	332

SUMARIO

- **Efecto de microorganismos eficientes y extractos frutales sobre el perfil organoléptico y químico del licor de cacao CCN-51 durante la poscosecha**
Effect of efficient microorganisms and fruit extracts on the organoleptic and chemical profile of CCN-51 cacao liquor during postharvest processing
 Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ, Silvia Cristina CLAVIJO VELÁZQUEZ, Manuel Danilo CARRILLO ZENTENO, Edison Geovanny DÍAZ CAMPOZANO, Paul Marcelo TACLE HUMANANTE, Daniel ARIAS-TORO **343**
- **Efecto del tratamiento con pulverizado de cáscara de Mangifera indica H. sobre marcadores de daño hepático en ratones intoxicados con etanol**
Effect of treatment with Mangifera indica L. peel powder on markers of liver damage in ethanol-intoxicated mice
 Jossue Humberto PAREDES CONTRERAS, Ariana Vanessa ROLDAN CUBA, Andrea Gabriela PALOMINO ARIAS, Olenka Isabel PUELLES-SAMANIEGO, Carlos Arturo MOLANO LANDEO, Stephany GOICOCHEA FLORES, Oscar Gustavo HUAMÁN-GUTIERREZ **354**
- **Efecto del zumo del fruto del Corryocactus brevistylus, en ratas con intoxicación por paracetamol**
Effect of Corryocactus brevistylus fruit juice on rats with paracetamol poisoning
 Oscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ, María Mercedes SOBERÓN LOZANO, José Manuel HUAMÁN GUTIÉRREZ **361**
- **Diseño y propiedades psicométricas de la escala de consumo de alimentos ultraprocesados en universitarios**
Design and psychometric properties of the ultra-processed food consumption scale in university students
 Laura Fernanda BARRERA HERNÁNDEZ, Adriana Alejandra MÁRQUEZ IBARRA, Edith VALBUENA GREGORIO, Mirsha Alicia SOTELO CASTILLO, Cecilia Ivonne BOJÓRQUEZ DÍAZ **370**
- **The effect of food processing on the allergenic potential of common vegetables**
 Maria Zofia LISIECKA **377**
- **Asociación entre el consumo de carne y productos cárnicos con los niveles fecales de Fusobacterium nucleatum en una población de adultos mayores**
Association between meat and meat products consumption and fecal levels of Fusobacterium nucleatum in an older adult population
 Josselyn PORTILLO-ALVAREZ, Flavia ESPINOZA-GARCIA, Edgardo J. PALMA-GUTIERREZ, Víctor MAMANI-URRUTIA, Fanny REQUENA, Joaquim RUIZ, Fernando TUME **389**
- **Asociación entre dos fórmulas enterales, indicadores nutricionales y complicaciones en pacientes post operados de un hospital nacional, Perú**
Association between two enteral formulas, nutritional indicators, and complications in postoperative patients at a national hospital, Peru
 Isabel Margot ACEVEDO RIQUE, Ivonne Isabel BERNUI LEO **397**
- **Efecto del pulverizado de Chenopodium ambrosioides (paico) sobre los marcadores bioquímicos hepáticos frente al consumo de etanol y fructosa en ratas**
Effect of Chenopodium ambrosioides (paico) spray on liver biochemical markers in rats versus ethanol and fructose consumption
 Olenka Isabel PUELLES-SAMANIEGO, Oscar Gustavo HUAMÁN-GUTIERREZ, Paula Sofia TURRIATE AGUILAR, Paola Anghela GONZA TITO, Pold Christian VEGA SALAZAR, Jossue Humberto PAREDES CONTRERAS **408**
- **Improving anemia prevention behavior through the Anemia-Free Integrated Network Approach (AFRINA) among prospective brides in Bengkulu, Indonesia**
 Afrina MIZAWATI, Nursyirwan EFFENDI, Delmi SULASTRI, Rozi SASTRA PURNA **415**
- **Organoleptic effects of using potato peel flour in cookies**
 Adriana Alexandra GARCÍA CHÁVEZ, Adriana Sofia RENGIFO ROJAS, Aldo MEDINA GAMERO **426**
- **Evaluación in vitro de la actividad antioxidante y los efectos sinérgicos entre vitamina C, ácidos fenólicos y flavonoides mediante FRAP**
In vitro evaluation of antioxidant activity and synergistic effects between vitamin C, phenolic acids and flavonoids using FRAP
 Henry GUIJA-GUERRA, Emilio GUIJA-POMA, Ana Lucía TÁCUNA CALDERÓN **434**

SUMARIO

Relación entre Competencia Motora y Masa Grasa de escolares entre de 10 a 14 años Relationship between Motor Competence and Fat Mass in schoolchildren between 10 and 14 years of age Camilo URRÁ-ALBORNOZ, Salustio CARRASCO-LÓPEZ, Alinne VALENZUELA-JIMÉNEZ, Pamela OLIVARES NAVARRETE, Carlos ALÉ GONZÁLEZ, Nicolas VIDAL-FERNANDEZ, Maria Jose VERA-FIGUEROA, Rossana GÓMEZ-CAMPOS, Marco COSSIO-BOLAÑOS.....	444
Consumo de alimentos ultraprocesados y su relación con el sobrepeso y la obesidad en estudiantes universitarios de Honduras Consumption of ultra-processed foods and their relationship with overweight and obesity in university students in Honduras Staina VALCIN, Adriana HERNÁNDEZ, Raúl ESPINAL, Rocío MONCADA	451
Consumo de alimentos ultraprocesados y estado nutricional en gestantes peruanas atendidas en un centro de salud materno infantil Consumption of ultra-processed foods and nutritional status in pregnant peruvian women treated at a maternal and child health center Angie Silvana PAJUELO MADUEÑO, Sandra Nataly TTUPA CAPISTRANO, Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI, Maria Antonieta TOURIZ BONIFAZ, Angela Germania MONSERRATE ROMERO, William Johnny JIMÉNEZ JIMÉNEZ.....	460
Efecto del consumo de cáscara de Citrus aurantifolia (limón) sobre la modulación del metabolismo lipídico de ratas con hígado graso inducido Effect of consumption of Citrus aurantifolia (lemon) peel on the modulation of lipid metabolism in rats with induced fatty liver Frank Brandon SAMANIEGO TIAHUALLPA, Jossue Humberto PAREDES CONTRERAS, Sharon CÓRDOVA YAMAUCHI, Brayan André SEGOVIA CUEVA, Oscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ.....	468
Transformando entornos alimentarios, análisis comparativo de políticas públicas en México y Chile Transforming food environments, a comparative analysis of public policies in Mexico and Chile Magdalena JENSEN, Gislaine GRANFELDT, Ana Laura GONZALEZ ALEJO, Alejandra CONTRERAS MANZANO, Octelina CASTILLO RUÍZ.....	475
Oral supplementation with a collagen milk product enhances skin elasticity in adult women: a randomized, placebo-controlled clinical trial Dien KURTANTY, Prita DHYANI SWAMILAKSITA, HARNA, Mertien SA'PANG, Ade HERYANA, Diah MULYAWATI UTARI	480
Multimorbidity and breastfeeding practices: findings from a population-based survey in Peru during 2024 Dayana BARRIGA-RODRIGUEZ, José A. CHAQUILA.....	490
Eje intestino-sistema osteomioarticular: mecanismos fisiopatológicos y aplicaciones clínicas Gut-osteomyoarticular axis: pathophysiological mechanisms and clinical applications Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS, Vivian R. MENA MIRANDA	499
Nutritional status, eating behavior, and hygiene practices in relation to permanent molar caries among 7-9-year-old children in a high-stunting rural community Arie NUGROHO, Sutrio SUTRIO, Antun RAHMADI, Andi Eka YUNianto	513
Conocimientos y estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico en pobladores de una provincia de Lima, Perú Knowledge and lifestyle regarding gastric cancer prevention in residents of a province of Lima, Peru Marylu BERROSPI-CONDEZO, Katherine Jenny ORTIZ-ROMANÍ, Yonathan Josué ORTIZ-MONTALVO	519
Factores asociados a la suplementación con hierro en niños menores de 1 año que recibieron visitas domiciliarias en el distrito de Cercado de Lima Factors associated with iron supplementation in children under 1 year of age who received home visits in the Cercado de Lima district Graciela Alexandra BONIFAZ MORANTE, Gabriela Elizabet LEÓN CERRÓN.....	528
Normas de publicación	535

Estado nutricional y fragilidad en adultos mayores no institucionalizados de una región altoandina de Perú

Nutritional status and frailty in non-institutionalized older adults in a high andean region of Peru

Edwin Martin RUIZ SANCHEZ

Universidad Privada del Norte.

Recibido: 17/agosto/2025. Aceptado: 22/octubre/2025

RESUMEN

Introducción: El estado nutricional deficiente y la fragilidad son condiciones frecuentes en adultos mayores, especialmente en zonas rurales, donde afectan de manera significativa la funcionalidad y la calidad de vida.

Objetivo: Establecer la relación entre el estado nutricional y la fragilidad en adultos mayores no institucionalizados de una región altoandina de Perú.

Materiales y métodos: Estudio cuantitativo, transversal y correlacional con un muestreo por conveniencia. Se evaluó a 41 adultos mayores mediante indicadores antropométricos: Índice de masa corporal (IMC), circunferencia muscular del brazo (CMB) y pliegue tricipital (PCT) y perímetro de pantorrilla (PP) y el test de fragilidad de Fried. El análisis incluyó estadística descriptiva y la prueba de asociación chi-cuadrado.

Resultados: La edad promedio de los participantes fue de $74,2 \pm 6,7$ años. El 51,2% presentó delgadez según el IMC. La desnutrición calórica y proteica alcanzó prevalencias de 93,8% y 77,5%, respectivamente. La fragilidad se identificó en el 36,9% y la prefragilidad en el 60%. No se encontró relación estadísticamente significativa entre la fragilidad y el IMC($p=0,44$), PCT($p=0,68$), CMB($p=0,56$), PP($p=0,11$)

Conclusiones: Aunque no se evidenció una asociación directa entre fragilidad y estado nutricional, la alta prevalencia de malnutrición resalta la necesidad de fortalecer las estrate-

gias de atención nutricional dirigidas a adultos mayores en situación de vulnerabilidad en áreas rurales.

PALABRAS CLAVE

Adulto mayor rural, evaluación geriátrica, envejecimiento saludable, fragilidad, sarcopenia.

Introduction: Poor nutritional status and frailty are common conditions among older adults, especially in rural areas, where they significantly affect functionality and quality of life.

Objective: To establish the relationship between nutritional status and frailty in non-institutionalized older adults from the community of Chicche, Junín.

Materials and Methods: Quantitative, cross-sectional, and correlational study. A total of 41 older adults were evaluated using anthropometric indicators (BMI, muscle circumferences, and triceps skinfold) and the Fried frailty test. Analysis included descriptive statistics and the chi-square test.

Results: According to BMI, 51.2% presented thinness. Caloric and protein malnutrition reached prevalences of 93.8% and 77.5%, respectively. Frailty was identified in 36.9% and pre-frailty in 60%. No statistically significant association was found between anthropometric indicators and frailty.

Conclusions: Although no direct association between frailty and nutritional status was found, the high prevalence of malnutrition highlights the need to strengthen nutritional care strategies for older adults in vulnerable rural settings.

KEYWORDS

Older adults, nutritional status, frailty, anthropometry.

Correspondencia:
Edwin Martin Ruiz Sanchez
edwin.ruiz@upn.pe

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el país presenta un aumento sostenido de la población envejecida. Solo en 2023, aproximadamente 4 millones 598 000 personas tenían 60 años o más, lo que representó el 13,6% de la población total¹. Según la ENAHO, al menos el 85,1% de las mujeres y el 74,2% de los hombres adultos mayores padecen algún problema de salud crónico².

El estado nutricional en los adultos mayores se refiere a la evaluación de la ingesta de nutrientes y su impacto en la salud de esta población. Dicho estado puede variar según factores como la edad, el sexo, la presencia de enfermedades crónicas y las condiciones socioeconómicas³. En 2018, la Vigilancia Alimentario Nutricional por Etapas de Vida (VIANEV) identificó un problema nutricional en este grupo etario, reportando una prevalencia de delgadez del 19,0% y de exceso de peso del 33,2% (sobrepeso 20,9% y obesidad 12,3%). Esta problemática fue más frecuente en mujeres y en áreas rurales, evidenciándose además un incremento progresivo de la malnutrición en este grupo poblacional⁴.

Un estado nutricional deficiente en los adultos mayores puede tener múltiples consecuencias negativas para la salud. Entre ellas destacan la pérdida de masa muscular y fuerza, la disminución de la densidad ósea, el mayor riesgo de caídas y fracturas, el debilitamiento del sistema inmunológico, la mayor vulnerabilidad a enfermedades infecciosas y la reducción de la capacidad de recuperación ante procesos mórbidos. Diversos factores contribuyen a este deterioro nutricional, tales como la falta de apetito, dificultades para masticar, disminución del gusto y del olfato, cambios en el metabolismo, enfermedades crónicas y la limitada disponibilidad o acceso a alimentos saludables⁵.

En este contexto, la fragilidad se define como un estado de vulnerabilidad incrementada frente a estresores físicos y psicológicos, que conlleva un mayor riesgo de discapacidad, hospitalización, institucionalización y mortalidad. Su prevalencia oscila entre el 7,7% y el 39,3%, siendo sus principales factores de riesgo la edad avanzada, el sexo femenino, el bajo nivel socioeconómico y la presencia de comorbilidades⁶.

El distrito de Chicche, ubicado en la región Junín en el Perú es una comunidad predominantemente rural cuya principal actividad económica es la ganadería. Según la encuesta Demográfica y de Salud Familiar ENDES, esta población experimenta un incremento del envejecimiento, lo que hace necesario caracterizar el estado nutricional y funcional de sus adultos mayores, considerando la escasa evidencia científica disponible sobre este grupo específico.

En este marco, el presente estudio tuvo como propósito identificar la relación entre el estado nutricional y la condición funcional de los adultos mayores, con el fin de aportar evidencia que permita mejorar la calidad de vida de esta población. Asimismo, se busca resaltar la importancia del trabajo

desde la atención primaria en salud, promoviendo acciones de prevención de enfermedades y de promoción de un envejecimiento saludable

SUJETOS Y METODOS

Tipo de Estudio

Estudio transversal analítico de tipo correlacional pues busco determinar la reacciona entre las variables estado nutricional y fragilidad en adultos mayores de una comunidad altoandina en Perú⁷.

Población y muestra

La población estuvo conformada por 60 adultos mayores **no institucionalizados de una región altoandina de Perú**. No hubo muestreo la selección fue por conveniencia. Se recolecto información de 41 adultos mayores asistentes a las campañas de salud realizadas en los caseríos de Chicche por la Sociedad científica de medicina de la Universidad Continental. Se incluyo a los adultos mayores pertenecientes a la Comunidad de Chicche de tratamiento ambulatorios con orientación en tiempo y espacio. Asi mimo se excluyó a personas adultas mayores amputadas, con presencia de edemas o con imposibilidad a la movilización.

Técnicas e instrumentos

La fragilidad se evaluó mediante el test de fenotipo de Fried, compuesto por cinco criterios: pérdida involuntaria de peso, fatiga, disminución de la actividad física, debilidad y lentitud en la marcha⁸. Para su evaluación se utilizó un test de discriminación donde se preguntaba al paciente las condiciones descritas en el test. El instrumento en su versión en el español tiene una sensibilidad de 63,0% y una especificidad 89,0% y una consistencia interna moderada con un alfa de Cronbach de 0,67⁹.

Para los datos antropométricos, se evaluó el peso, talla con estimación por altura de rodilla, perímetros musculares como el perímetro de brazo (PB), circunferencia muscular del brazo corregido (CMB), perímetro de pantorrilla (PP) y pliegue tricipital (PCT). Para la determinación de los perímetros se usó una cinta métrica marca Lufkin 200cm precisión de 1mm y para la evaluación de pliegues un plicómetro Slime guide con presión de 0,1mm ambos en condición de nuevos calibrados y estandarizados para sus respectivas medidas.

Plan de Procedimientos

La recolección de datos se llevó a cabo tras obtener el permiso de los entes reguladores de la municipalidad y los centros de salud de la zona, en el marco de una campaña preventivo-promocional a cargo de la sociedad científica de la Universidad Continental. Los profesionales de salud (nutricionista y terapeuta físico) a cargo de las evaluaciones fueron previamente estandarizados en la aplicación de medidas an-

tropométricas y el test de fragilidad. Se abordó a los adultos mayores explicándoles detalladamente el objetivo del trabajo y se solicitó su participación voluntaria, dejando constancia de su consentimiento informado a través de su firma.

La fuerza de prensión manual se midió en la mano dominante en dos oportunidades. Previamente, se explicó el procedimiento y se pidió al participante que presionara con la máxima fuerza posible manteniendo el brazo flexionado. Se consideró el valor más alto obtenido. La debilidad se definió cuando el resultado fue inferior al percentil 30 de la tabla de referencia de Schlessl según edad y sexo¹⁰. La evaluación del estado nutricional antropométrico se tomó las medidas de peso, talla, perímetro braquial, perímetro de pantorrilla, circunferencia muscular del brazo y pliegue tricipital según lineamientos para la evaluación del adulto mayor del Ministerio de salud del Perú¹¹.

Análisis de datos

Se hizo revisión de fichas de recolección y se depuraron los registros incompletos y que no cumplían los criterios de inclusión y exclusión y se operacionalizó en tablas de Microsoft Excel preformadas para dicho uso.

La fuerza de prensión manual se evaluó como Adecuada o inadecuada según sexo y edad. La evaluación del PCT, PB, CMB y PP se utilizó la adecuación con valores de referencia. Para PCT en varones 12,5mm y mujeres 16,5mm, para PB en varones 29,3cm y en mujeres 28,2cm y para CMB se obtuvo con la diferencia entre CB y corregido por n ($CMB = CB - (PCT \times n)$) y se utilizó con la referencia para varones 25,3cm y para mujeres 23,2cm; por último, PP se utilizó la referencia de 31,0cm sin distinción de sexo. Se categorizó los indicadores como "Sin desnutrición" si el valor era mayor igual a 90% y "Con desnutrición" para la adecuación <90% (12). El Índice de masa corporal (IMC) se calculó con la fórmula del Peso/Talla^2 y se categorizó como bajo peso si era <18,0, normal 18-23, sobrepeso 23-33 y obesidad >33,0.

Para la presentación de datos se usó la estadística descriptiva como prevalencia, porcentajes y desviación estándar asimismo se presentan los datos en tablas y gráficos elaborados en Ms Excel 2017. La evaluación de asociación se utilizó la estadística analítica según naturaleza. En primera instancia se analizó los datos en el programa SPSS v 22 para determinar la normalidad de los resultados de cada variable y se utilizó la prueba Chi cuadrado.

Aspectos éticos

Como consideraciones éticas se aplicó un consentimiento informado donde se explicó al objetivo, la metodología del trabajo. El participante dio autorización de uso de sus datos a través de su firma en el documento de consentimiento informado. Todos estos procedimientos siguieron los principios éticos de los principios de la Declaración de Helsinki, beneficen-

cia, Justicia y autonomía manteniendo la confidencialidad de la información recibida.

RESULTADOS

Se evaluó a 41 adultos mayores de una comunidad altoandina en Chicche, Junín-Perú que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, completando todas las mediciones. La edad de los evaluados se representa por $74,2 \pm 6,7$ años, el peso de $51,0 \pm 11,7$ kg y la talla de $1,48 \pm 0,07$ m (Tabla 1).

Tabla 1. Medias y desviación estándar de las medidas evaluadas

Medidas	Prom.	DS
Edad	74,2	6,7
Peso	51,0	11,7
Talla	1,5	0,1
IMC	22,9	4,3
CB	22,2	2,8
PCT	7,1	3,3
CMB	20,0	2,5
PP	30,4	3,4
FPM	20,5	6,6

Según el IMC, al menos la mitad de los evaluados presentó delgadez, la tercera parte estado nutricional normal y uno de cada diez sobrepeso. La desnutrición calórica (PCT) estuvo presente en casi la totalidad de adultos mayores y la desnutrición proteica (CMB) en tres de cada cuatro. El perímetro braquial evidenció desnutrición en cuatro de cada cinco de los evaluados y el perímetro de pantorrilla en la mitad de evaluados (tabla 2). En relación a la fragilidad, la tercera parte presentó fragilidad, tres de cada cinco prefragilidad y solo el 3,0% no presentó criterios de fragilidad (Tabla 2).

No se encontraron asociaciones estadísticamente significativas entre los indicadores antropométricos y la fragilidad ($p > 0,05$) (Tabla 3).

DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

El deterioro del estado nutricional afecta negativamente la calidad de vida del adulto mayor. En este estudio, se evidenció que en la población de adultos mayores evaluados de Chicche la mayoría presentó según IMC Delgadez/desnutrición en un 51,2% valores que difieren de García y colaboradores que establecieron una menor prevalencia de estado nutricional normal y una mayor prevalencia de exceso de peso (sobrepeso y obesidad) 61,84%,

Tabla 2. Estado nutricional según indicador de la población evaluada

	n	%		n	%
SEGÚN ÍNDICE DE MASA CORPORAL			SEGÚN CIRCUNFERENCIA MUSCULAR DEL BRAZO		
Delgadez	21	51,2%	Desnutrición proteica	35	77,5%
Normal	15	36,6%	Sin desnutrición proteica	6	22,5%
Sobrepeso	5	12,2%	SEGÚN PERÍMETRO DE PANTORRILLA		
SEGÚN PERÍMETRO DE BRAZO			Desnutrición	24	48,1%
Desnutrición	36	82,2%	Sin desnutrición	17	51,9%
Sin desnutrición	5	17,8%	SEGÚN CRITERIOS DE FREÍD		
SEGÚN PLIEGUE CUTÁNEO TRICIPITAL			Fragilidad	14	36,9%
Desnutrición calórica	37	93,8%	Pre-fragilidad	26	60,0%
Sin desnutrición calórica	4	6,2%	Sin fragilidad	1	3,0%

Tabla 3. Estado nutricional por indicadores según estado de fragilidad

	FRAGILIDAD	SIN FRAGILIDAD	TOTAL	p
SEGÚN IMC				
Delgadez	10	11	21	0,44
Normal	4	11	15	
Sobrepeso	0	5	5	
SEGÚN PCT				
desnutrición calórica	13	24	37	0,68
sin desnutrición calórica	1	3	4	
SEGÚN CMB				
desnutrición proteica	14	21	35	0,56
sin desnutrición proteica	0	6	6	
SEGÚN PP				
desnutrición	12	12	24	0,11
sin desnutrición	2	15	17	

Hallazgos como el de Cárdenas-Quintana y colaboradores en Arequipa, mostraron una prevalencia combinada de riesgo de desnutrición (51%) y desnutrición (2%) en adultos mayores autónomos, sumando un 53% con estado nutricional alterado¹³. De forma contrastante, otro estudio en la zona an-

dina sur de Perú reportó un IMC promedio de 28.39 ± 4.56 , ubicando a la población evaluada en el rango de sobrepeso¹⁴. Asimismo, Mucha-Samaniego y colaboradores, en la serranía central peruana, encontraron una asociación significativa entre la desnutrición y distintos grados de depresión¹⁵. Así

mismo establecieron que el factor de riesgo de malnutrición en el anciano fue la polifarmacia promoviendo la alteración de mal absorción de nutrientes y trastornos digestivos y el sedentarismo asociado a mayor limitación para realizar las actividades básicas diarias¹⁶.

De forma similar, Bravo y colaboradores en su estudio sobre relación entre el estado nutricional y el nivel de autovalencia establecieron que tener menor autovalencia está asociado a mayor exceso de peso y tener mayor dependencia funcional estableciendo una mayor prevalencia de exceso de peso en adultos mayores en su muestra evaluada con un 52,7%¹⁷. La independencia funcional se encuentra mayormente asociada a mantener un estado nutricional normal y se va complicando cuando se promueve estados nutricionales de desnutrición, sobrepeso y obesidad¹⁸.

En cuanto a los perímetros musculares se estableció una media de $20 \pm 2,5$ cm de desnutrición proteica por disminución del perímetro muscular corregido, Ortiz y colaboradores¹⁹ en su investigación establecieron que existe una relación entre la capacidad funcional y la reducción del CMB con un $21,8 \pm 2,6$ y $24,5 \pm 2,4$ siendo mayor en los adultos que no tenían disposición de fragilidad.

El perímetro braquial, junto con el perímetro pantorrilla, se utilizan para la evaluación del riesgo nutricional en adultos mayores²⁰. La circunferencia de pantorrilla (CP) se emplea como un parámetro antropométrico clave para la detección del riesgo de sarcopenia²¹, y su medición se asocia significativamente con la funcionalidad y la mortalidad en adultos mayores²². En esta línea, Cahuana-Lipa y colaboradores encontraron una masa muscular promedio baja ($25.13 \pm 4.05\%$) en mujeres adultas peruanas de los andes, sugiriendo una posible sarcopenia funcional¹⁴. Así mismo Pérez indica la importancia de la masa muscular en la capacidad funcional estableciendo que existe una relación entre los perímetros musculares, pico de fuerza máximo en extensión y la fuerza máxima en extensión e impulso máximo en extensión²³.

Respecto al pliegue cutáneo tricipital se reconoce como una medida de evaluación de las reservas energéticas por lo que su reducción podría ser indicador de la ingesta calórica reducida que podría tener el adulto mayor²⁴. Miranda y colaboradores establecieron la importancia de la evaluación del PCT en adultos mayores normo peso y la malnutrición estableciendo que existe una relación estadística significativa ($p=0.00$) además establecieron que los pliegues suprailíacos y subescapular pueden estar más relacionados al IMC y la malnutrición por exceso de peso²⁵.

Finalmente, Ortiz y colaboradores establecieron una prevalencia de Fragilidad en su muestra evaluada de un 35,2% valores similares a los obtenidos con este estudio en un 36,9% dichos autores refieren que a menor peso existe mayor probabilidad de fragilidad, con un incremento del riesgo de fragilidad en 9 % por cada kilogramo menos del peso normal¹⁹.

Se ha reconocido que un estilo de vida poco activo y la disminución funcional están estrechamente relacionados con una mayor probabilidad de cumplir con los criterios de fragilidad, Navalón y Gonzáles describen en su estudio que las personas con fragilidad obtienen puntuaciones bajas en las pruebas de fuerza de los miembros inferiores, y que esta condición presenta mayor prevalencia en mujeres²⁶. Asimismo, diversos factores se asocian con un aumento de la fragilidad a partir de los 70 en adelante, las cifras de fragilidad en adultos mayores son mayor y tienes una mayor incidencia para sexo femenino, el nivel educativo, los niveles económicos, la viudedad y un estado nutricional alterado, polifarmacia, mala calidad de vida²⁷.

Los hallazgos del presente estudio evidencian que el deterioro del estado nutricional continúa siendo un problema relevante en la población adulta mayor evaluada en Chicche, con una alta prevalencia de delgadez y desnutrición. A pesar de que no se encontró una relación estadísticamente significativa entre la fragilidad y los indicadores antropométricos utilizados, resulta fundamental visibilizar las condiciones nutricionales y funcionales de este grupo etario, especialmente por su situación de vulnerabilidad.

En este contexto, se reafirma la necesidad de fortalecer los programas sociales y de salud pública dirigidos a la población adulta mayor, incorporando estrategias de evaluación nutricional integral y acciones preventivas que promuevan un envejecimiento saludable. Considerar estos indicadores en el diseño de intervenciones permitirá una mejor focalización de recursos y una atención más oportuna en poblaciones rurales con alta vulnerabilidad.

Limitaciones del estudio

Entre las limitaciones destacan el tamaño muestral reducido, problemas muy comunes en comunidades altoandinas donde la población se encuentra muy dispersa en un espacio geográfico, el muestreo no probabilístico y la ausencia de indicadores bioquímicos y dietéticos que complementen la evaluación nutricional. Estos aspectos limitan la generalización de los resultados.

CONCLUSIONES

En la comunidad de Chicche, los adultos mayores evaluados presentan una elevada prevalencia de desnutrición calórica y proteica, así como una proporción considerable de fragilidad y prefragilidad. Si bien no se encontró una relación estadísticamente significativa entre los indicadores antropométricos y la fragilidad, los resultados evidencian un perfil de alta vulnerabilidad nutricional y funcional en esta población rural. Estos hallazgos resaltan la importancia de fortalecer las estrategias de atención primaria, incorporando la evaluación nutricional sistemática y programas de prevención que promuevan un envejecimiento saludable.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a CPAIS-SOCIMEC de la Universidad Continental Huancayo por su invaluable apoyo durante la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Censo Estadístico. PERÚ 2023. INEI. 2023. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4932612-compendio-estadistico-peru-2023>
2. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Situación de la Población Adulta Mayor. Octubre-Noviembre-Diciembre 2022. Informe Técnico N°01. Marzo 2023. 2023 Marzo. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/biblioteca-virtual/boletines/ninez-y-adulto-mayor/2023/1/#lista>
3. Menéndez M, Hernández L, Cardosa M. La nutrición en el adulto mayor: Un reto social. Congreso Virtual de Ciencias Básicas Biomédicas en Grannma MANzanillo. 2021. Disponible en: <https://cibamanz2021.sld.cu/index.php/cibamanz/cibamanz2021/paper/viewFile/483/351>
4. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN). Estado nutricional de los adolescentes de 12 a 17 años. Ministerio de Salud del Perú. 2019. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4527283/informe_estado_nutricional_adolescentes_12_17_adultos_mayores_mayores_60_anosVcfZH.pdf?v=1683566453.
5. Andrade Camila, Aquino Virginia, Duhart Yamila, Floretta Stefany, Ocampo Carolina, Paiva Victoria. Accesibilidad en la alimentación en personas mayores. Revista urug. enferm. (En línea) [Internet]. 2022 Dic; 17(2): e201. Disponible en: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-03712022000101201&lng=es. Epub 01-Dic-2022. <https://doi.org/10.33517/rue2022v17n2a1>.
6. Herrera-Perez Dennis, Soriano-Moreno Anderson Nélver, Rodrigo-Gallardo Paola Katterine, Toro-Huamanchumo Carlos Jesus. Prevalencia del síndrome de fragilidad y factores asociados en adultos mayores. Rev Cubana Med Gen Integr [Internet]. 2020 Jun; 36(2): Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252020000200008&lng=es. Epub 01-Jul-2020.
7. Hernández-Sanpieri R, Mendoza C. Metodología de la Investigación México: Mc Graw-Hill Interamericana Editores; 2018.
8. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, et al. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* [Internet]. 2001 Mar;56(3):M146–M156. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/gerona/56.3.m146>
9. Corral Tuesta C, Sobrini Morillo P, Álvarez Pinheiro CG, Lavilla Gracia V, Lippo S, Montero Errasquín B. Simpler modified Fried frailty scale: translation and validation into Spanish. *Med Clin (Barc)*. 2025;165(1):106958. doi: 10.1016/j.medcli.2025.106958.
10. Schlüssel MM, dos Anjos LA, de Vasconcellos MT, Kac G. Reference values of handgrip dynamometry of healthy adults: a population-based study. *Clin Nutr*. 2008;27(4):601–7. doi: 10.1016/j.clnu.2008.04.004.
11. Instituto Nacional de Salud. Informe Técnico: Estado Nutricional en Perú por etapas de vida 2012 –2013 1era edición. MINSA.Lima –Perú. 2015. Disponible en: [https://www.ins.gob.pe/repositorioaps/0/5/5jer/encu_vigi_cenan/ENUTRICIONAL%20EVIDA%202012-13%20\(CTM\)%20080515.pdf](https://www.ins.gob.pe/repositorioaps/0/5/5jer/encu_vigi_cenan/ENUTRICIONAL%20EVIDA%202012-13%20(CTM)%20080515.pdf)
12. Fernández A, Navarro K. El ABCD de la evaluación del estado nutricional. 1er ed. México: McGraw Hill Interamericana Editores; 2010.
13. Cárdenas-Quintana H, Machaca-Hilasaca M, Roldan-Arbieta L, Muñoz Del Carpio Toias Á, Figueroa Del Carpio V. Factores asociados al riesgo nutricional en adultos mayores autónomos de la ciudad de Arequipa, Perú. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2022;42(1):160–8. doi: 10.12873/421cardenas.
14. Cahuana Lipa R, Machaca Mamani JC, Torres Cruz E, Anchari Oblitas YF, Berduzco Torres N, Sota Cano AF. Composición corporal, índice de masa corporal y envejecimiento biológico acelerado en mujeres beneficiarias de programas sociales en los Andes del sur del Perú. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2025;45(3):313–22. doi: 10.12873/453cahuana.
15. Mucha-Samaniego L, Huaman M, Armada J, Mejía CR. Asociación entre la depresión y desnutrición en el adulto mayor de un distrito de la sierra central peruana durante la pandemia. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2023;43(4):20–31. doi: 10.12873/434mucha.
16. García López LE, Quevedo Navarro M, Martínez Pérez M, Burón Reyes PL. Estado nutricional en adultos mayores y su relación con enfermedades crónicas no transmisibles [Internet]. *Medimay*. 2021 22 nov;28(4):512–22. Disponible en: <https://revcmhba.sld.cu/index.php/rcmh/article/view/1745>
17. Bravo C, Godoy J, Sánchez Y, Riveros MJ. Asociación entre el nivel de autovalencia y el estado nutricional en adultos mayores chilenos [Internet]. *Rev Chil Nutr*. 2021;48(5):741–7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000500741> scielo.cl+6
18. Castro Cárdenas CO, Vega Garagatti AD. Capacidad funcional y estado nutricional en adultos mayores institucionalizados en la provincia de Huancayo durante el periodo 2021 [tesis profesional]. Huancayo (PE): Universidad Continental; 2022. Disponible en: https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11276/2/IV_FCS_502_TE_Lazo_Castro_Vega%20_2022.pdf
19. Ortiz PJ, Varela LF, Tello T, Mas G. Características antropométricas asociadas a fragilidad en adultos mayores sin deterioro funcional que viven en comunidad. *Rev Soc Peru Med Interna* [Internet]. 2017;30(2):69–73. Disponible en: https://medicinainterna.net.pe/images/REVISTAS/2017/numero_2/articulo_original1.pdf
20. Fonseca S, Carvalho S, Afonso C, Santos MCT. Avaliação do risco nutricional em idosos institucionalizados numa Instituição Particular de Solidariedade Social do concelho de Vila Real, Portugal. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2022;42(2):89–97. doi: 10.12873/422fonseca.
21. Souza IP, Vale MC, Sena ACB, Barboza CD. Utilização do SARC-F para triagem de sarcopenia em pacientes adultos hospitalizados. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2020;40(3):99–105. doi: 10.12873/403ismael.
22. Mella de Cuevas KM, Sepúlveda-Loyola W, Araya-Quintanilla F, Morselli JB, Molari M, Probst VS. Asociación entre medidas clíni-

- cas para el diagnóstico de osteosarcopenia con funcionalidad y mortalidad en adultos mayores: estudio longitudinal. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2022;42(3):143–51. doi: 10.12873/423sepulveda.
23. Jerez Mayorga D, Machado Payer R, Contreras Díaz G, Chiroso LJ. Índice de calidad muscular en personas mayores con osteoartritis de cadera [Internet]. *AFDH (Actividad Física y Desarrollo Humano)*. 2022;13(1):1–11. Disponible en: <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/afdh/article/view/2227>
 24. Cruces Delgadillo MA. Valoración de la composición corporal del adulto mayor [tesis de licenciatura]. Santiago (CL): Universidad Finis Terrae; 2016. Disponible en: <https://repositorio.uft.cl/server/api/core/bitstreams/fb1b8fcc-841f-4698-ac6c-c8671b021c18/content>
 25. Miranda Pérez Y, Peña González M, Ochoa Roca T, Sanz Candía M, Velázquez Garcés M. Caracterización nutricional del adulto mayor en el policlínico. *ccm [Internet]*. 2019 Mar; 23(1): 122-143. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1560-43812019000100122&lng=es.
 26. Navalón Alcañiz R, Martínez González-Moro I. Valoración del grado de deterioro funcional y fragilidad en adultos mayores activos. *Retos [Internet]*. 2020;(38):576–581. Disponible en: <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/78252>
 27. Menéndez-González L, Izaguirre-Riesgo A, Tranche-Iparraguirre S, Montero-Rodríguez Á, Orts-Cortés MI. Prevalencia y factores asociados de fragilidad en adultos mayores de 70 años en la comunidad. *Aten Primaria*. 2021 Dec;53(10):102128. doi: 10.1016/j.aprim.2021.102128. PMID: 34560377

Desigualdades en seguridad alimentaria post COVID-19: Un análisis comparativo entre Chile, Colombia y México

Inequalities in post-COVID-19 food security: A comparative analysis of Chile, Colombia, and Mexico

Nelson HUN¹, Caroline YANS¹, Carolina SARAIVIA¹, Samantha BERNAL-GÓMEZ², Ana MORA³,
Tania MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ⁴

1 Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Chile.

2 Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición, Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara, México.

3 Escuela de Nutrición y Dietética, Facultad de Salud, Universidad Industrial de Santander, Colombia.

4 Departamento de Nutrición Humana, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Recibido: 25/agosto/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: La seguridad alimentaria es un componente esencial para garantizar una vida saludable. Sin embargo, tras la pandemia de COVID-19, se ha visto afectada por el deterioro de los sistemas económicos y sanitarios en América Latina. El objetivo de este estudio fue comparar los niveles de seguridad alimentaria en personas adultas residentes en Chile, Colombia y México durante el periodo posterior a la pandemia.

Metodología: Estudio transversal descriptivo-comparativo. La muestra estuvo compuesta por 790 participantes, seleccionados mediante un muestreo por conveniencia complementado con la técnica de bola de nieve. La seguridad alimentaria se evaluó mediante la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria. Para examinar la asociación entre la inseguridad alimentaria y las variables de interés, se utilizó un modelo de regresión logística multinomial. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el software IBM SPSS, versión 24.

Resultados: Chile presentó los niveles más altos de seguridad alimentaria, seguido por México. En contraste, Colombia

registró la mayor prevalencia de inseguridad alimentaria, especialmente en su forma severa. El ingreso económico fue un predictor significativo de la inseguridad alimentaria en todos los contrastes frente a la inseguridad severa. Un mayor nivel de ingreso incrementó la probabilidad de encontrarse en seguridad alimentaria (OR = 1,779; IC95%: 1,385–2,285), inseguridad leve (OR = 1,479; IC95%: 1,151–1,900) e inseguridad moderada (OR = 1,428; IC95%: 1,104–1,847).

Discusión: Existen diferencias significativas en la seguridad alimentaria entre Chile, Colombia y México. Chile presenta mejores condiciones por la respuesta de los organismos gubernamentales ante la crisis sanitaria, mientras que Colombia y México enfrentaron mayores niveles de inseguridad alimentaria. Esta respuesta gubernamental refleja la diferencia en los niveles de seguridad alimentaria entre los países.

Conclusiones: Los hallazgos revelan desigualdades marcadas en los niveles de seguridad alimentaria entre los países analizados. Se destaca la necesidad de implementar políticas públicas eficaces que fortalezcan el acceso y la estabilidad alimentaria, particularmente en contextos de alta vulnerabilidad social.

PALABRAS CLAVES

Inseguridad alimentaria; Vulnerabilidad social; Políticas públicas; Desigualdad social; América Latina.

Correspondencia:
Caroline Yans
cyans@santotomas.cl

ABSTRACT

Introduction: Food security is an essential component for ensuring a healthy life. However, following the COVID-19 pandemic, it has been affected by the deterioration of economic and health systems in Latin America. The objective of this study was to compare food security levels among adults residing in Chile, Colombia, and Mexico during the post-pandemic period.

Methodology: Descriptive-comparative cross-sectional study. The sample consisted of 790 participants, selected through convenience sampling complemented with the snow-ball technique. Food security was assessed using the Latin American and Caribbean Food Security Scale. To examine the association between food insecurity and the variables of interest, a multinomial logistic regression model was applied. Statistical analyses were performed using IBM SPSS software, version 24.

Results: Chile reported the highest levels of food security, followed by Mexico. In contrast, Colombia recorded the highest prevalence of food insecurity, particularly in its severe form. Economic income was a significant predictor of food insecurity across all contrasts with severe insecurity. Higher income increased the likelihood of being food secure (OR = 1.779; 95% CI: 1.385–2.285), mildly insecure (OR = 1.479; 95% CI: 1.151–1.900), and moderately insecure (OR = 1.428; 95% CI: 1.104–1.847).

Discussion: Significant differences in food security exist among Chile, Colombia, and Mexico. Chile shows better conditions due to the response of government agencies to the health crisis, while Colombia and Mexico faced higher levels of food insecurity. This governmental response reflects the disparities in food security levels across the countries.

Conclusions: The findings reveal marked inequalities in food security levels among the analyzed countries. The need to implement effective public policies that strengthen food access and stability is highlighted, particularly in contexts of high social vulnerability.

KEYWORDS

Food insecurity; Social vulnerability; Public policies; Social inequality; Latin America.

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria (SA) se refiere al acceso físico, social y económico de todas las personas, en todo momento, a alimentos inocuos y nutritivos que satisfagan sus necesidades alimenticias y les permitan llevar una vida activa y saludable¹. Este concepto integra cuatro dimensiones fundamentales: la disponibilidad de alimentos, el acceso físico y económico, la utilización biológica de los alimentos, y la estabilidad de estas condiciones a lo largo del tiempo².

En contraposición, la inseguridad alimentaria (IA) se define como el acceso limitado o incierto a alimentos suficientes y adecuados para cubrir las necesidades básicas en el corto, mediano o largo plazo^{3,4}. La IA se clasifica según su gravedad en: leve, cuando existe preocupación o incertidumbre sobre la obtención de alimentos; moderada, cuando se afecta la calidad y variedad de la dieta debido a restricciones económicas; y severa, cuando las personas se ven obligadas a reducir considerablemente la cantidad de alimentos o incluso prescindir de ellos durante uno o más días^{1,2,5}.

La pandemia por COVID-19 generó un fuerte impacto en los sistemas alimentarios globales, afectando tanto la disponibilidad como el acceso a alimentos nutritivos y asequibles. Entre los principales factores se incluyen interrupciones en la cadena de suministro, dificultades en la producción, escasez de mano de obra y aumento de precios, lo que comprometió gravemente la SA a nivel mundial^{1,3,5,6}.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), antes de la pandemia, el 25,4 % de la población mundial experimentaba algún grado de IA (16,1 % moderada y 9,3 % grave). Para 2021, esta cifra aumentó al 29,3 %, con un 17,6 % de IA moderada y un 11,7 % de IA grave⁵. Además, se ha reportado una mayor prevalencia de IA en mujeres tanto en el periodo previo como posterior a la pandemia, fenómeno consistente en todas las regiones del mundo^{2,5}.

En América Latina y el Caribe, la situación no fue distinta. La prevalencia de IA acumulada pasó del 31,7 % antes de la pandemia al 40,6 % en 2021, siendo superada únicamente por África (57,9 %)⁵. Esta tendencia al deterioro de la SA ha repercutido negativamente en la nutrición de la población, con un aumento de la malnutrición y un acceso cada vez más restringido a alimentos saludables debido a la disminución de ingresos y el alza en los precios de los productos básicos⁷.

En el caso de México, los datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2020 revelaron un aumento de la IA del 32,8 % en 2018 al 38,6 % en 2020⁸. En Colombia, según la Encuesta Nacional de Calidad de Vida 2022, el 28,1 % de los hogares presentaban IA moderada o severa⁹. En Chile, el Ministerio de Desarrollo Social y Familia reportó una disminución de la IA moderada y severa del 19,4 % en 2020 al 11,9 % en 2021, aunque aún persistía como un problema relevante¹⁰.

El aumento de la IA se asocia con múltiples consecuencias negativas para la salud, entre ellas un mayor riesgo de obesidad leve o moderada¹¹. Esta situación puede explicarse por un patrón alimentario de "conveniencia", caracterizado por el consumo de alimentos altamente calóricos, de bajo costo y escaso valor nutricional, común en contextos de limitaciones económicas y escasez de alimentos¹². A ello se suman efectos adversos sobre el estado nutricional¹³, inmunológico¹⁴ y la salud general de la población¹⁵.

En este contexto, el objetivo de este estudio fue comparar los niveles de seguridad alimentaria entre personas adultas residentes en Chile, Colombia y México durante el periodo post pandemia de COVID-19. Se planteó como hipótesis que existen diferencias significativas en los niveles de SA entre países, independientemente del sexo de los participantes.

METODOLOGÍA

Se realizó un estudio transversal comparativo de enfoque cuantitativo.

Participantes

El tamaño muestral se calculó mediante el software G*Power, considerando una prueba de chi-cuadrado con cuatro grados de libertad, un tamaño de efecto medio ($w = 0,30$), un nivel de significación de 0,05 y una potencia estadística del 90%. Bajo estos supuestos, se estimó un tamaño mínimo de 192 participantes, ajustado posteriormente para considerar posibles pérdidas. La muestra total del estudio estuvo conformada por 790 personas adultas, mayores de 18 años, de ambos sexos y residentes en Chile, Colombia y México. En Chile participaron 298 personas (60,7 % mujeres y 39,3 % hombres); en Colombia se encuestaron 301 personas (75,7 % mujeres y 23,6 % hombres); y en México se recopilaban datos de 191 personas (64,9 % mujeres y 34,1 % hombres). Para una descripción más detallada de las características sociodemográficas de la muestra, ver la Tabla 1.

Instrumentos

Escala Latinoamericana de Seguridad Alimentaria (ELCSA)

La ELCSA es un instrumento diseñado para evaluar la seguridad alimentaria en el hogar, cabe mencionar que el instrumento originalmente fue validado en Chile, México y Colombia¹. Está compuesta por quince preguntas organizadas en dos dimensiones: la primera incluye ocho ítems que abordan situaciones de inseguridad alimentaria en adultos, y la segunda contempla siete preguntas relacionadas con condiciones que afectan a menores de 18 años. En esta investigación se utilizó únicamente la sección correspondiente a adultos, la cual permite clasificar los hogares en cuatro categorías según el puntaje obtenido: un puntaje de cero indica seguridad alimentaria; de uno a tres puntos corresponde a inseguridad alimentaria leve; de cuatro a seis puntos, a inseguridad alimentaria moderada; y de siete a ocho puntos, a inseguridad alimentaria severa. El Alfa de Cronbach fue de 0,833.

Procedimiento

Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética Científica de la Universidad Santo Tomás, mediante la resolución N.º 46-22. Los cuestionarios se difundieron a través de redes sociales y correos institucionales de universidades par-

ticipantes en Chile, Colombia y México, mediante un enlace que dirigía a una encuesta alojada en la plataforma Google Forms. La participación fue voluntaria, anónima y precedida por la firma del consentimiento informado. El proceso de recolección de datos se llevó a cabo de manera simultánea en los tres países, entre marzo y junio de 2022. La selección de participantes se realizó mediante un muestreo no probabilístico, intencionado por conveniencia, complementado con la técnica de bola de nieve¹⁶.

Análisis estadísticos

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software IBM SPSS, versión 24. Se aplicaron estadísticas descriptivas para identificar la prevalencia de SA y clasificar los niveles de IA según su gravedad. Para analizar la asociación entre la inseguridad alimentaria y las variables de interés, se aplicó un modelo de regresión logística multinomial. La variable dependiente fue la inseguridad alimentaria, categorizada en cuatro niveles (seguridad alimentaria, inseguridad leve, moderada y severa). La nacionalidad (Chile, Colombia y México) se incluyó como factor principal, mientras que el ingreso económico y el nivel educacional fueron incorporados como covariables. El modelo utilizó la categoría de inseguridad severa como referencia, permitiendo estimar las razones de probabilidad (odds ratio) y sus intervalos de confianza del 95% para cada categoría en comparación con la referencia.

RESULTADOS

La Tabla 1 muestra las características sociodemográficas de la muestra según el país de residencia. Entre los antecedentes más relevantes, se observa un menor promedio de edad en los participantes de Colombia y México, un mayor nivel de ingresos en Chile y un predominio de mujeres en los tres países.

La Tabla 2 muestra la distribución de los niveles de SA según nacionalidad y sexo. Chile presentó la mayor proporción de personas en situación de SA, seguido por México, mientras que Colombia evidenció los niveles más altos de IA, especialmente en su forma severa. Al analizar los datos por sexo, tanto hombres como mujeres en Chile registraron los porcentajes más elevados de SA, en contraste con la población colombiana, donde predominaron los niveles más graves de inseguridad. Las diferencias observadas entre países fueron estadísticamente significativas ($\chi^2 = 50,815$; $p < 0,001$).

El análisis de regresión logística multinomial indicó que el ingreso económico fue un predictor significativo de la inseguridad alimentaria en todos los contrastes frente a la inseguridad severa. Un mayor nivel de ingreso incrementó la probabilidad de encontrarse en SA (OR = 1,779; IC95%: 1,385–2,285), inseguridad leve (OR = 1,479; IC95%: 1,151–1,900) e inseguridad moderada (OR = 1,428; IC95%: 1,104–1,847). En contraste, el nivel educacional no se asoció significativamente con

Tabla 1. Características sociodemográficas de los participantes según país de residencia (n=790)

	Chile	Colombia	México	Total
Nacionalidad n (%)	298 (37,7)	301 (38,1)	191 (24,2)	790 (100,0)
Edad M (DE)	30,1 (11,4)	22,0 (6,0)	22,2 (4,4)	25,1 (9,1)
Rango de edad	18 – 75	18 - 58	18 - 50	18 - 75
Sexo n (%)				
Hombre	117 (39,3)	71 (23,6)	67 (34,1)	257 (32,5)
Mujer	181 (60,7)	228 (75,7)	124 (64,9)	533 (67,5)
Ingreso económico n (%)				
Menos de M\$377	12 (4,0)	66 (21,9)	52 (27,2)	130 (16,5)
Entre 377 y 539	12 (4,0)	90 (29,9)	53 (27,7)	155 (19,6)
Entre 539 y 755	24 (8,1)	48 (15,9)	29 (15,2)	101 (12,8)
Entre 755 y 971	34 (11,4)	34 (11,3)	16 (8,4)	84 (10,6)
Entre 971 y 1079	28 (9,4)	23 (7,6)	14 (7,3)	65 (8,2)
Entre 1079 y 1618	50 (16,8)	16 (5,3)	12 (6,3)	78 (9,9)
Entre 1618 y 2158	39 (13,1)	9 (3,0)	9 (4,7)	57 (7,2)
Más de 2158	99 (33,2)	15 (5,0)	6 (3,1)	120 (15,2)
Nivel de estudios n (%)				
Básica o primaria	1 (0,3)	-	-	1 (0,1)
Media o secundaria	29 (9,7)	76 (25,2)	2 (1,0)	107 (13,5)
Técnica	40 (13,4)	45 (15,0)	14 (7,3)	99 (12,5)
Superior / universitaria	228 (76,5)	180 (59,8)	175 (91,6)	583 (73,8)
Hijos n (%)				
Sin hijo (a)	213 (71,5)	276 (91,7)	184 (96,3)	673 (85,2)
1 hijo (a)	43 (14,4)	11 (3,7)	6 (3,1)	60 (7,6)
2 hijos (as)	31 (10,4)	8 (2,7)	1 (0,5)	40 (5,1)
3 hijos (as)	9 (3,0)	5 (1,7)	-	14 (1,8)
4 hijos (as)	1 (0,3)	1 (0,3)	-	2 (0,3)
5 o más hijos (as)	1 (0,3)	-	-	1 (0,1)
Personas hogar n (%)				
Vivo solo/a	30 (10,1)	21 (7,0)	14 (7,3)	65 (8,2)
2 personas	57 (19,1)	46 (15,3)	30 (15,7)	133 (16,8)
3 personas	78 (26,2)	74 (24,6)	30 (15,7)	182 (23,0)
4 personas	80 (26,8)	88 (29,2)	57 (29,8)	225 (28,5)
5 personas	29 (9,7)	46 (15,3)	37 (19,4)	112 (14,2)
6 personas	15 (5,0)	19 (6,3)	11 (5,8)	45 (5,7)
7 personas	9 (3,0)	7 (2,3)	12 (6,3)	28 (3,5)

* M\$350 equivale aproximadamente a 435 USD; M = media; DE = Desviación estándar.

Tabla 2. Distribución de la seguridad alimentaria según país y sexo (n=790)

	Chile		Colombia		México		Total
	H n (%)	M n (%)	H n (%)	M n (%)	H n (%)	M n (%)	n (%)
SA	63 (53,8)	97 (53,6)	23 (32,4)	69 (30,3)	29 (44,6)	59 (47,6)	340 (43,3)
IA leve	39 (33,3)	60 (33,1)	25 (35,2)	86 (37,7)	20 (30,8)	38 (30,6)	268 (34,1)
IA moderada	14 (12,0)	23 (12,7)	14 (19,7)	54 (23,7)	10 (15,4)	20 (16,1)	135 (17,2)
IA severa	1 (0,9)	1 (0,6)	9 (12,7)	19 (8,3)	6 (9,2)	7 (5,6)	43 (5,5)

SA = Seguridad alimentaria; IA leve = Inseguridad alimentaria leve; IA moderada = Inseguridad alimentaria moderada; IA severa = Inseguridad alimentaria severa.

las categorías de inseguridad alimentaria ($p > 0,220$). Respecto a la nacionalidad, al considerar a México como categoría de referencia, se observó que la población colombiana presentó una menor probabilidad de encontrarse en seguridad alimentaria frente a inseguridad severa (OR = 0,360; IC95%: 0,165–0,786; $p = 0,010$), mientras que en el caso de Chile no se encontraron asociaciones significativas.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo comparar los niveles de seguridad alimentaria en personas adultas residentes en Chile, Colombia y México durante el periodo post pandemia de COVID-19. Los resultados sustentan la hipótesis planteada, evidenciando diferencias estadísticamente significativas entre los países, incluso al controlar por nivel educativo e ingreso económico.

Los hallazgos indican que Chile presenta la mayor proporción de hogares en situación de SA, seguido por México, mientras que Colombia muestra los niveles más altos de IA, especialmente en su forma severa. Este patrón podría explicarse, en parte, por la capacidad diferenciada de los sistemas de protección social y respuesta gubernamental durante la emergencia sanitaria^{17,18}. En el caso de Chile, la implementación de medidas como la entrega de canastas básicas de alimentos y transferencias económicas directas a las familias vulnerables contribuyó a mitigar los efectos de la pandemia sobre el acceso alimentario¹⁹. Por el contrario, en Colombia y México, si bien también se desplegaron políticas de apoyo, estas podrían haber sido menos efectivas o con menor cobertura en sectores críticos de la población²⁰.

En línea con estudios previos, los datos confirman que la pandemia intensificó las desigualdades estructurales en el acceso a alimentos nutritivos, afectando en mayor medida a los hogares con menores ingresos y a poblaciones históricamente vulnerables^{5,12,21}. Asimismo, la mayor prevalencia de IA moderada y severa en Colombia concuerda con reportes previos que ya evidenciaban altos niveles de inseguridad antes del

COVID-19²². Esto sugiere que, más allá del impacto puntual de la pandemia, existen condiciones estructurales que dificultan la recuperación de la SA en ciertos contextos nacionales²³.

Otro hallazgo relevante es la asociación entre IA y consecuencias adversas para la salud y nutrición. Tal como ha sido documentado en investigaciones previas, los hogares con IA tienden a adoptar patrones alimentarios poco saludables, caracterizados por el consumo de alimentos ultraprocesados, de bajo costo y alta densidad energética, lo que incrementa el riesgo de malnutrición por exceso, particularmente en mujeres y niños^{18,23,24}. Este fenómeno, conocido como la paradoja de la IA, resulta especialmente preocupante en un contexto de crisis económica prolongada.

Desde una perspectiva de salud pública y nutrición, estos resultados destacan la importancia de fortalecer políticas integrales que aborden no solo el acceso a alimentos, sino también la calidad de la dieta y la sostenibilidad de los sistemas alimentarios²⁵. La inversión en programas de protección social sensibles a la nutrición, la regulación del precio de alimentos básicos y el fomento de sistemas alimentarios locales podrían ser estrategias clave para mejorar la SA en la región²⁶⁻²⁸.

Entre las principales limitaciones de este estudio se encuentra el uso de un muestreo por conveniencia y la técnica de bola de nieve, lo que restringe la posibilidad de generalizar los resultados a toda la población de los países analizados. Asimismo, la recolección de datos a través de encuestas en línea pudo haber sesgado la muestra hacia personas con mayor nivel educativo, mejor acceso a internet y mayor familiaridad con plataformas digitales, lo que podría haber generado una subrepresentación de los sectores más vulnerables y una sobrerrepresentación de la población universitaria. Otra limitación relevante es el diseño transversal del estudio, que impide establecer relaciones causales entre las variables analizadas.

Finalmente, cabe señalar que las diferencias observadas entre países no pueden ser explicadas únicamente por varia-

bles individuales como sexo, ingreso o nivel educativo, lo que refuerza la necesidad de incorporar un enfoque contextual, territorial y estructural en el análisis y abordaje de la seguridad alimentaria post COVID-19 en América Latina.

CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio evidencian diferencias significativas en los niveles de SA entre adultos residentes en Chile, México y Colombia durante el periodo post pandemia de COVID-19. Chile presentó la mayor proporción de hogares en situación de SA, así como los niveles más bajos de IA moderada y severa. En contraste, Colombia mostró la mayor prevalencia de IA en general, especialmente en su forma más grave. México, por su parte, se ubicó en una posición intermedia, destacando por presentar un menor porcentaje de IA leve. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar estrategias diferenciadas y contextualizadas que fortalezcan el acceso y la estabilidad alimentaria en la región, especialmente en poblaciones más vulnerables.

REFERENCIAS

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA): manual de uso y aplicación [Internet]. Roma: FAO; 2012 [citado 2025 oct 13]. Disponible en: <https://www.fao.org/4/i3065s/i3065s.pdf>
- Food and Agriculture Organization (FAO). The state of food security and nutrition in the world 2019: safeguarding against economic slowdowns and downturns. 1st ed. Bloomfield: United Nations Publications; 2019. (The State of Food Security and Nutrition in the World Series). Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/items/f73edb75-4017-497b-8ca3-e66ea2109560>
- Albala C, Sandobal M, Moya M, Marquez C. Estudio de seguridad alimentaria y nutricional y factores asociados en personas mayores [Internet]. Santiago de Chile: Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA); 2024 [citado 2025 oct 13]. Disponible en: <https://inta.uchile.cl/dam/jcr:c80b7a79-5fe9-48c8-89e8-303e59be6841/Informe%20Final%20-%20Resultados%20ESSALCAVI%202024.pdf>
- FAO. An introduction to the basic concepts of food security [Internet]. Roma: FAO; [citado 2025 oct 13]. Disponible en: <https://www.fao.org/4/al936e/al936e00.pdf>
- FAO. The state of food security and nutrition in the world 2022 [Internet]. Roma: FAO; 2022 [citado 2025 oct 13]. Disponible en: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cc0639en>
- Djekic I, Nikolić A, Uzunović M, Aung M, Liu A, Han J, et al. Covid-19 pandemic effects on food safety: multi-country survey study. *Food Control*. 2021;122:107800. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107800>
- Rizou M, Galanakis IM, Aldawoud TMS, Galanakis CM. Safety of foods, food supply chain and environment within the COVID-19 pandemic. *Trends Food Sci Technol*. 2020;102:293-9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.008>
- Instituto Nacional de Salud Pública. Seguridad alimentaria en hogares mexicanos [Internet]. [citado 2025 oct 13]. Disponible en: https://insp.mx/assets/documents/webinars/2021/CIEE_Seguridad_alimentaria.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). Inseguridad alimentaria en Colombia [Internet]. [citado 2025 oct 13]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/notas-estadisticas/NotaEstadistica-FIES-DANE-FAO.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Social. Resultados inseguridad alimentaria COVID IV [Internet]. [citado 2025 oct 13]. Disponible en: https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/covid19/Resultados_InseguridadAlimentaria_COVID_IV.pdf
- Carvajal-Aldaz D, Cucalon G, Ordóñez C. Food insecurity as a risk factor for obesity: a review. *Front Nutr*. 2022;9:1012734. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1012734>
- Hernández ME, Pérez SD, Ortiz-Hernández L. Consecuencias alimentarias y nutricionales de la inseguridad alimentaria: la perspectiva de madres solteras. *Rev Chil Nutr*. 2013;40(4):351-6. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182013000400004>
- Hidru HD, Gebremedhine H, Gebretsadik A, Teame H, Negash H, Mengesha MB. Prevalence of food insecurity and its associated factors among adult people with HIV in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. *Int J Food Sci*. 2021;2021:7816872. <https://doi.org/10.1155/2021/7816872>
- Aljahdali AA, Ludwig-Borycz E, Leung CW. Food insecurity, inflammation, and immune function among older US adults: findings from the Health and Retirement Study. *Brain Behav Immun*. 2024;119:28-35. <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2024.03.034>
- Chai L. Food insecurity and health: marital status and gender variations. *Fam Community Health*. 2023;46(4):242-9. <https://doi.org/10.1097/FCH.0000000000000377>
- Johnson TP. Snowball sampling: introduction. En: Wiley StatsRef: Statistics Reference Online [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 2014 [citado 2025 oct 13]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118445112.stat05720>
- Abramo L, Cecchini S, Ullmann H. Addressing health inequalities in Latin America: the role of social protection. *Cien Saude Colet*. 2020;25(5):1587-98. <https://doi.org/10.1590/1413-8123202025532802019>
- Viana AL, Fonseca AMM, Silva HP. Protección social en América Latina y Caribe: cambios, contradicciones y límites. *Cad Saude Publica*. 2017;33:e00216516. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00216516>
- Caro P, Toro Huerta C. Medidas implementadas en Chile para garantizar el acceso a los alimentos durante pandemia COVID-19. *Rev Chil Nutr*. 2021;48(6):917-23. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000600917>
- Lustig N, Pabon VM, Sanz F, Younger SD. The impact of COVID-19 lockdowns and expanded social assistance on inequality, poverty and mobility in Argentina, Brazil, Colombia and Mexico [Internet]. Working Papers; 2020 ago [citado 2025 oct 13]. Disponible en: <https://ideas.repec.org/p/inq/inqwps/ecineq2020-558.html>

21. Hun N, Urzúa A, Palma N, Chocobar J, Leiva-Gutiérrez J, Hun N, et al. Seguridad alimentaria en escolares chilenos y migrantes durante la pandemia por COVID-19 en Antofagasta, Chile. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 2023;27(4):256–63. <https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.27.4.1900>
22. Ministerio de Salud y Protección Social. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional ENSIN 2015 [Internet]. Colombia: MSPS; 2015 [citado 2025 oct 13]. Disponible en: <https://www.minsa.gob.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/ensin-colombia-2018.pdf>
23. Hun Gamboa N, Salazar M, Aliste S, Aguilera C, Cárdenas ME. Calidad de la alimentación en preescolares y escolares en Chile durante la pandemia de COVID-19. *Nutr Hosp*. 2023;40(5):934–41. <https://doi.org/10.20960/nh.04383>
24. Rodríguez-Ramírez S, Gaona-Pineda EB, Martínez-Tapia B, Romero-Martínez M, Mundo-Rosas V, Shamah-Levy T. Inseguridad alimentaria y percepción de cambios en la alimentación en hogares mexicanos durante el confinamiento por la pandemia de COVID-19. *Salud Publica Mex*. 2021;63(6):763–72. <https://doi.org/10.21149/12790>
25. Lawrence MA, Baker PI, Pulker CE, Pollard CM. Sustainable, resilient food systems for healthy diets: the transformation agenda. *Public Health Nutr*. 2019;22(16):2916–20. <https://doi.org/10.1017/S1368980019003112>
26. Workie E, Mackolil J, Nyika J, Ramadas S. Deciphering the impact of COVID-19 pandemic on food security, agriculture, and livelihoods: a review of the evidence from developing countries. *Curr Res Environ Sustain*. 2020;2:100014. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2020.100014>
27. Soldevilla-Huanca E, Cardenas-Quintana H, Roldan-Arbieto L, Melgar-Quíñonez H. Inseguridad alimentaria nutricional y riesgo metabólico en mujeres adultas de distritos de Lima, Perú. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2024;44(1):113–20. <https://doi.org/10.12873/441soldevilla>
28. Gómez-Campusano RI, García-Tamez C. Accesibilidad alimentaria en Centroamérica y República Dominicana. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2021;41(1):107–13. <https://doi.org/10.12873/411gomez>

Healthy eating and physical activity in older Peruvians post-pandemic

Aldo MEDINA GAMERO

Universidad Privada del Norte, Lima, Perú. Facultad de Humanidades.

Recibido: 25/agosto/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

SUMMARY

Introduction: The COVID-19 pandemic has accentuated health risks for older adults, where sedentary lifestyles and comorbidities such as obesity and hypertension have increased. In this scenario, it is important to analyze how healthy eating and physical activity are related in this vulnerable population.

Objective: To determine the relationship between healthy eating and physical activity in older adults at a senior citizens' club in Lima.

Materials and Methods: A descriptive and correlational study was conducted with 58 participants (67% women) between the ages of 60 and 75, who were overweight or obese and engaged in some form of physical activity. A validated questionnaire was used to assess diet (Likert scale 1–5, Cronbach's alpha = 0.85) and physical activity (KR-20 = 0.87). The data were analyzed using descriptive and inferential statistics, including correlation and nonparametric tests.

Results: Ninety-nine percent of older adults had healthy eating habits, but only 49% achieved adequate levels of physical activity, revealing a gap. Physically active adults had significantly higher percentages of favorable levels of nutritional knowledge (85% vs. 50%), emotional access (71% vs. 38%), and dietary autonomy (82% vs. 42%). The correlations between these dimensions and physical activity were positive and significant; in particular, autonomy showed a moderate correlation ($r = 0.41$; $p = 0.001$).

Discussion: The findings of this study show a positive and statistically significant relationship between healthy eating and physical activity in older adults, which is in line with international studies that highlight the coexistence of healthy behaviors in this population.

Conclusion: There is an association between healthy eating, especially when accompanied by autonomy and emotional well-being, and physical activity in older adults.

KEYWORDS

Lifestyle, nutritional knowledge, emotional well-being, dietary autonomy, public health.

INTRODUCTION

The COVID-19 pandemic, caused by the SARS-CoV-2 virus, increased the global mortality rate due to the worsening of heart, arterial, and lung diseases, among others, which were related to obesity, reduced physical activity, and sedentary lifestyles caused by social isolation measures, such as quarantine in older adults. In this regard, the World Health Organization (WHO) maintains that a sedentary lifestyle has negative effects on people's physical and mental health^{1,2}.

During the COVID-19 pandemic, governments implemented mandatory measures such as social isolation, the use of masks, and vaccination campaigns, all under strict biosafety standards. These actions, while necessary to contain the spread of the virus, transformed the lifestyle of the population, especially that of older adults. This group, highly vulnerable to complications from the virus, was forced into prolonged confinement, which led to a progressive deterioration in their overall health³.

The context of isolation significantly affected their physical and mental well-being, with an increase in symptoms of anx-

Correspondencia:

Aldo Medina Gamero
medrafa222@gmail.com

iety, distress, boredom, and sedentary lifestyles. The drastic reduction in physical activity, coupled with the disruption of daily routines and limited social contact, had a negative impact on their autonomy and quality of life. In response to this situation, adopting new healthy habits, such as a balanced diet and regular physical activity, became a key strategy to counteract the adverse effects of confinement⁴.

A balanced diet should include macronutrients such as proteins, carbohydrates, and fats, as well as micronutrients such as vitamins and minerals, in proportions appropriate to each individual's age, sex, and level of physical activity. Food not only meets physiological needs, but also influences a person's emotional and cognitive well-being. From a preventive and health promotion perspective, a healthy diet helps reduce the risk of chronic diseases such as obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular disease^{5,6}.

According to a study conducted by the Uldarico Rocca Fernández Hospital in Villa El Salvador, 61.97% of patients in Lima who underwent several weeks of home confinement had at least one comorbidity, such as obesity (35.21%) and high blood pressure (32.39%)⁷. At the same time, specialists highlight that 80% of geriatric patients who contracted the coronavirus required mechanical ventilation, and many of them died⁷.

In the research by Ventura & Zevallos⁸, the results showed that 82% of older adults had healthy lifestyles in general, with 99% having favorable eating habits, characterized by a diet low in fat, sugar, and salt, although with low intake of dairy products and meat. In terms of sleep, 71% reported healthy patterns, with regular schedules and good quality rest. However, only 49% had adequate levels of physical activity, while 63% did not exercise at all and 77% spent their free time on sedentary activities such as watching television, which shows a high degree of sedentary behavior in this population.

Another study conducted in Trujillo by Cruzado et al.⁹ found that COVID-19 quarantine in older adults had significant effects on their physical activity and mental health, but not on their eating behavior. In terms of diet, no changes were found in the number of daily meals or the frequency of diets or fasting, although there was a decrease in the consumption of alcoholic beverages and fast food. Physical activity decreased significantly, with an increase in low levels of physical activity from 63.4% to 75.1% during quarantine.

Also, the research by Ricardo et al.¹⁰ focused on 130 older adults in Manta, Ecuador, and revealed that 83.07% of participants were at nutritional risk due to being overweight or obese, with a notable prevalence of class 1 obesity, especially in women. Dietary habits showed that men consumed more cereals, roots, tubers, and dairy products, while women preferred more fruits and vegetables. Meat consumption was widespread, eggs were very popular, and legumes were rarely consumed.

In the study by Jeruszka et al.¹¹, they found that greater adherence to the 'pro-healthy and more active' pattern was associated with better self-perceived health (OR = 1.86) and a good/very good appetite (OR = 2.56). Conversely, this pattern was less common in older adults at risk of malnutrition (OR = 0.37) or a decrease in food intake (OR = 0.46). Decreased food intake, often due to loss of appetite or difficulty chewing or swallowing, was inversely associated with the pro-healthy pattern.

Finally, da Silva et al.¹² examined 10,789 older adults with hypertension in Brazil. This study sought to correlate nutritional status, health risk behaviors, eating habits, and the presence of diabetes with levels of physical activity and exercise. The results indicated that a higher body mass index (BMI), advanced age, screen time (only for physical activity), alcohol and tobacco consumption, and a higher score for ultra-processed food consumption reduced the likelihood of being sufficiently active or exercising. On the other hand, being male, having more years of education, and consuming more minimally processed foods increased these probabilities.

Healthy eating is defined as the balanced intake of essential nutrients that allow the body to maintain optimal health and prevent disease. Healthy eating in older adults is currently supported by the Integrated Model of Nutritional Behavior in Aging, a recent framework that combines biological, psychological, and social factors to explain dietary decisions in old age. Functional perception, referring to how older adults interpret the link between what they eat and their physical capacity; emotional access to food, which includes attachment to cultural habits, grief over the loss of flavors, or appetite disorders linked to loneliness; and contextualized nutritional literacy, that is, understanding recommendations adapted to chronic conditions such as diabetes or hypertension. These dimensions highlight that eating well is not just a matter of availability, but of meaning, mental health, and realistic understanding^{13,14}.

Physical activity is defined as any bodily movement produced by skeletal muscles that results in energy expenditure above resting levels. The Community-Based Active Aging Model represents an advance over traditional models by focusing not on the isolated individual, but on their interaction with their immediate environment. Its key dimensions are: perceived safety in public spaces, a determining factor in going out for a walk or exercising outdoors; social cohesion in exercise programs, where participating in groups improves adherence more than individual interventions; and negotiated functional autonomy, which recognizes that many older adults adjust their activity according to family support or fear of falling^{15,16}.

This modern approach allows us to understand that promoting healthy lifestyles in old age does not depend solely on information campaigns, but on transforming environments,

strengthening social networks, and recognizing life experiences as part of the healthy process.

Eating habits are influenced by economic, cultural, and environmental factors, so promoting healthy eating requires comprehensive strategies that consider nutrition education, access to fresh food, and awareness of responsible consumption. In terms of education and behavior, adopting healthy eating habits is related to learning, motivation, and self-management of health. Therefore, healthy eating is not only understood as a set of nutritional recommendations, but as a dynamic process that involves knowledge, attitudes, and skills to make informed decisions that promote overall health^{17,18}.

In addition, physical activity is recognized as having a positive impact on mental health, reducing levels of stress, anxiety, and depressive symptoms, which highlights its integral role in physical and emotional well-being. Regular exercise depends on individual, social, and environmental factors, so promoting it requires strategies that include education, access to safe spaces, and personal motivation. This dimension underscores the importance of considering physical activity as an essential component of public health policies^{19,20}.

Overall, there is a complex interaction between diet, nutritional status, physical activity, and various health and socioeconomic factors in the older adult population. All highlight the importance of healthy lifestyle habits for proper aging, while identifying challenges such as overweight, low physical activity, and unhealthy food consumption. In addition, the risk of malnutrition and decreased appetite are recurring concerns, especially in relation to adherence to healthier eating patterns and participation in physical activity.

The objective of this research was to determine the relationship between healthy eating and physical activity in older adults at a senior citizens' club in Lima. It also measured their nutritional knowledge, emotional access, and food autonomy.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted using a quantitative research approach, which involves collecting numerical data to evaluate hypotheses and patterns of behavior. A cross-sectional correlational study design was adopted, allowing the researcher to explore the connections between events and phenomena. This facilitated the practical evaluation of correlations between variables at a specific point in time²¹.

To this end, 58 participants (39 women = 67%; 19 men = 33%) aged between 60 and 75 were selected. The inclusion criteria were older adults with overweight or obesity, as well as those who reported daily physical activity. Exclusion criteria included the presence of physical or cognitive limitations. Convenience sampling was used at the Lima senior citizens' club, selecting those who met the study criteria. To collect the information, an expert-validated instrument with

content reliability (Cronbach's $\alpha = 0.85$) was applied, using a Likert scale from 1 to 5 (1 = strongly disagree, 2 = disagree, 3 = not sure, 4 = agree, 5 = strongly agree) to measure diet, and an adapted questionnaire (GPAQ) to measure physical activity with a reliability of (KR20 = 0.87).

The data were analyzed using IBM SPSS Statistics v29 software. Initially, the database was coded to ensure the integrity of the records. Categorical variables were expressed in frequencies and percentages, while the ordinal variable was presented as means and standard deviations or medians, depending on the distribution. The Kolmogorov-Smirnov test was applied to assess normality. Since the feeding dimensions did not present a normal distribution, inferential analyses were performed using non-parametric tests, specifically Spearman's rho correlation to examine the association between eating dimensions (Likert) and physical activity (dichotomized). All analyses were performed with a significance level of $p < 0.05$ ²².

The study did not require formal approval from an institutional ethics committee; however, it adhered to the ethical principles set out in the Declaration of Helsinki. Participants were informed of the research objectives before completing the questionnaire and, through informed consent, agreed to participate voluntarily, without any risk.

RESULTS

Table 1 shows that, with advancing age, levels of healthy eating and physical activity decline, especially among men. In men, emotional access to food drops dramatically (to 0% in those over 70), suggesting greater loneliness and risk of malnutrition. Although physical activity decreases in both sexes, the gender gap is smaller.

Figure 1 shows a multidimensional comparison between women and men in six key health indicators. Women have significantly higher levels in dimensions related to healthy eating, especially in nutritional knowledge (77% vs. 47%) and food autonomy (77% vs. 42%). Emotional access to food is also higher in women (59% vs. 16%). In physical activity, both groups are similar (59% vs. 58%), although men participate less in group programs and receive less family support.

In Table 2, food autonomy showed a moderate correlation ($r = 0.41$, $p = 0.001$), indicating that those who have greater control over their food choices are also more likely to be physically active. Similarly, nutritional knowledge showed a correlation ($r = 0.38$, $p = 0.003$), reflecting that people who are more informed about health tend to adopt more active lifestyles. Finally, emotional access to food showed a weak association ($r = 0.29$, $p = 0.028$), suggesting a link with emotional well-being and social relationships.

In Table 3, the percentage of people with favorable nutritional knowledge was 85% among active individuals, compared to

Table 1. Relationship between healthy eating and physical activity

Age group	Gender	n	Nutritional knowledge (%)	Emotional access (%)	Food autonomy (%)	Physical activity (%)	Group program (%)	Family support (%)
60-64	M	14	93	71	93	79	64	71
60-64	H	6	67	17	67	83	50	67
65-69	M	13	77	62	77	62	54	62
65-69	H	6	50	33	50	67	33	50
70-75	M	12	58	42	58	42	42	50
70-75	H	7	29	0	14	43	29	43
Total	M	39	77	59	77	59	51	56
Total	H	19	47	16	42	58	42	47

F (female), M (male).

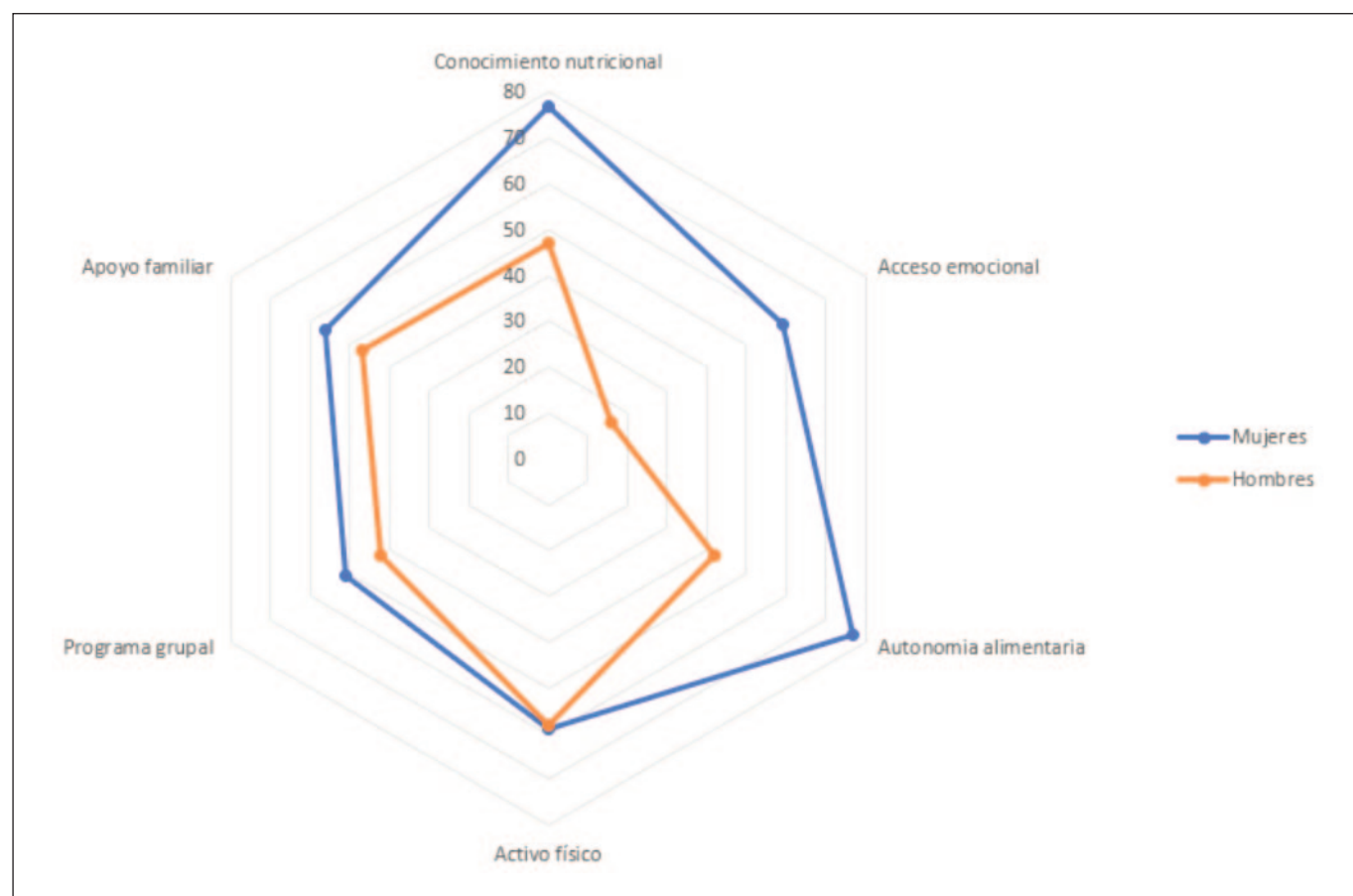
**Figure 1.** Comparison of healthy eating and physical activity dimensions between men and women

Table 2. Correlations between dimensions of healthy eating and physical activity in older adults

Eating dimension	Eating dimension Coefficient r	P value
Nutritional knowledge	0.38	0.003
Emotional access to food	0.29	0.028
Food autonomy	0.41	0.001

activity levels. These data coincide with our sample, where overweight or obese participants predominated, and underscore the need for specific interventions that address exercise as a non-negotiable pillar of healthy aging^{9,10}.

Likewise, physically active adults have significantly higher percentages of favorable levels in the three dimensions of eating: nutritional knowledge (85% vs. 50%), emotional access (71% vs. 38%), and, especially, food autonomy (82% vs. 42%). The latter showed the largest absolute difference (+40%) and a highly significant p-value ($p = 0.002$), which

Table 3. Differences in healthy eating dimensions between active and inactive older adults

Dimension	Not active = 24	Active = 34	Absolute difference	P value
Nutritional knowledge	50%	85%	+35%	0.004
Emotional access to food	38%	71%	+33%	0.018
Food autonomy	42%	82%	+40%	0.002

50% among non-active individuals, with a difference of 35% ($p = 0.004$). In terms of emotional access, 71% of active individuals reported a positive relationship with food, compared to 38% of non-active individuals (+33%, $p = 0.018$). The most marked gap was observed in food autonomy, where 82% of active individuals showed control over their food choices, compared to only 42% of inactive individuals (+40%, $p = 0.002$).

DISCUSSION

The findings of this study show a positive and statistically significant relationship between healthy eating and physical activity in older adults, which is in line with international studies that highlight the coexistence of healthy behaviors in this population. Although some reports indicate that eating behavior was not modified during the COVID-19 pandemic, as in Trujillo, where the number of meals and frequency of diets remained unchanged, the results reveal that those who adopt favorable eating habits also tend to be physically active, suggesting that these are not isolated behaviors, but rather a comprehensive self-care profile. In this regard, our finding that only 49% of older adults engage in healthy physical activity contrasts with the 99% who have healthy eating habits⁸. This difference could be explained by the geographical context, the design of the instrument, or self-reporting bias, but it reinforces global evidence: sedentary lifestyles are one of the biggest barriers to health in older adults, even when other habits are adequate. This pattern is repeated in other contexts: in Trujillo, quarantine increased the low level of physical activity from 63.4% to 75.1%, and in Manta (Ecuador), most older adults are at nutritional risk and have low physical

reinforces findings such as those of the Polish study¹¹, where greater adherence to a pro-healthy and active pattern was associated with better perceived health (OR = 1.86) and good appetite (OR = 2.56). In this context, autonomy emerges as a key factor: those who freely decide what to eat are also more likely to exercise, i.e., personal control drives the sustainable adoption of healthy habits.

Furthermore, the moderate correlation between food autonomy and physical activity ($r = 0.41$) reflects that empowerment in decision-making transcends food. Likewise, nutritional knowledge ($r = 0.38$) and emotional access ($r = 0.29$) also showed significant associations, which is consistent with the Brazilian study¹² that found that consumption of ultra-processed foods reduces the likelihood of being active, while consumption of minimally processed foods increases it. This suggests that diet quality and lifestyle are deeply interconnected^{23,24}.

From a theoretical standpoint, this study provides empirical evidence that reinforces models by demonstrating that autonomy, knowledge, and emotional well-being are not isolated dimensions but act as common facilitators of multiple healthy behaviors. Furthermore, physical activity is the most vulnerable dimension, indicating that the factors influencing each behavior may vary depending on the cultural environment and confinement conditions²⁵. From a practical perspective, these findings indicate that public health interventions should go beyond the isolated promotion of exercise or diet. Programs that integrate nutrition education, autonomy building, and emotional support, combined with accessible group physical activities, could have a multiplier effect. In addition, geriatric health services should incorporate joint as-

assessments of diet and physical activity as part of routine monitoring to detect risk patterns early.

Limitations of the study

The limitations of the study were that the cross-sectional design did not allow for establishing causality between healthy eating and physical activity; only a relationship could be established. In addition, the sample was selected for convenience and came from a single geographical context, which limits the generalizability of the results to other regions of the country with different sociocultural and economic realities.

CONCLUSIONS

The present study shows that healthy eating and physical activity are not isolated behaviors in older adults, but tend to occur together as part of a comprehensive lifestyle. Those who eat better, especially in terms of nutritional knowledge, emotional access, and, above all, autonomy, are also more likely to be physically active. This relationship reinforces the importance of designing interventions that do not work on each habit separately, but rather strengthen the education, emotional well-being, and decision-making capacity of older adults at the same time. Although some contexts showed stability in eating habits during the pandemic, sedentary lifestyles persist as a serious problem, with less than half of the participants complying with physical activity recommendations. Therefore, it is urgent to implement accessible and sustainable community programs that promote movement and quality nutrition, especially in a post-pandemic scenario where the risk of comorbidities remains high.

ACKNOWLEDGMENTS

To the members of a senior citizens' club in Lima who collaborated with this research.

FUNDING

This research has not received specific funding from public sector agencies, commercial entities, or non-profit organizations.

BIBLIOGRAPHY

- Alvarez J, Lallena S, Bernal M. Nutrition and the COVID-19 pandemic. *Medicine*. 2020; 13(23):1311-1321. <https://doi.org/10.1016/j.med.2020.12.013>
- Arriola F, Palomino K, Quintana L. Sleep quality and sugar cravings in resident doctors during the COVID-19 pandemic in Peru. *Neurol Arg*. 2021; 13(1):7-13. <https://doi.org/10.1016/j.neuarg.2021.01.004>
- Govindaraju, T, Owen, A, McCaffrey T. (2022). Past, present, and future influences of diet in older adults: an exploratory review. *Ageing Research Reviews*. 2022; 77: 101600. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101600>
- Xi P, Ding J, Wan, S., Zheng, Z., Xiao, X. Yu, C. A Meta-Analysis to Detect Efficacy of Physical Activity Interventions to Enhance Effects Related to the Fragility among Older Adults. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, 2022; (1): 3424972. <https://doi.org/10.1155/2022/3424972>
- Dominguez LJ, Veronese N, Baiaomonte E, Guarrera M, Parisi A, Ruffolo C, Tagliaferri F, Barbagallo M. Healthy Aging and Dietary Patterns. *Nutrients*. 2022; 14(4):889. <https://doi.org/10.3390/nu14040889>
- Krzyżnińska-Siemaszko R, Deskur-Śmielecka E, Kaluźniak-Szymanowska A, Kaczmarek B, Kujawska-Danecka H, Klich-Rączka A, Mossakowska M, Małgorzewicz S, Dworak LB, Kostka T, Chudek J, Wieczorowska-Tobis K. Socioeconomic Risk Factors of Poor Nutritional Status in Polish Elderly Population: The Results of PolSenior2 Study. *Nutrients*. 2021; 13(12):4388. <https://doi.org/10.3390/nu13124388>
- Valenzuela K, Espinoza A, Quispe JC. Mortality and prognostic factors in patients hospitalized for COVID-19 in the Intermediate Care Unit of a public hospital in Lima, Peru. *Horiz Med (Lima)*. 2021; 21(1):e1370. <https://www.horizontemedico.usmp.edu.pe/index.php/horizontemed/article/view/1370>
- Ventura A del P, Zevallos ADR. Lifestyles: diet, physical activity, rest, and sleep among older adults treated at primary care facilities, Lambayeque, 2017. *Acc dietna*. 2019;6(1):60-7. <https://doi.org/10.35383/dietna.v6i1.218>
- Cruzado-Joaquín A, Esparza-Varas AL, Gamboa-Olivares D, Quispe-Lavado O, Huamán-Saavedra JJ. Eating behavior, physical activity, and mental health due to COVID-19 quarantine in older adults in Trujillo. *Rev Cuerpo Med HNAAA*. 2023;15(4): e1513. <https://doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2022.154.1513>
- Ricardo AM, Damaris HG, Daniel LG, Marta LM. Nutritional Status, Dietary Habits, and Physical Activity in Older Adults from Manta, Manabí. *Foods*. 2022; 11(23):3901. <https://doi.org/10.3390/foods11233901>
- Jeruska-Bielak M, Hamulka J, Czarniecka-Skubina E, Hoffmann M, Kostyra E, Stasiewicz B, Jeszka J, Wadolowska L. Dietary-Physical Activity Patterns in the Health Context of Older Polish Adults: The 'ABC of Healthy Eating' Project. *Nutrients*. 2022; 14(18):3757. <https://doi.org/10.3390/nu14183757>
- da Silva LSL, de Freitas Batalhão D, dos Santos Carvalho A, Bohn L, Ramos NC, Pugliesi P. Nutritional status, health risk behaviors, and eating habits are correlated with physical activity and exercise of Brazilian older hypertensive adults: a cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2022; 22(2382). <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14873-4>
- Wei K, Yang J, Lin S, Mei Y, An N, Cao X, Jiang L., Liu C, Li C. (2022). Dietary Habits Modify the Association of Physical Exercise with Cognitive Impairment in Community-Dwelling Older Adults. *J. Clin. Med*. 2022; 11(17): 5122. <https://doi.org/10.3390/jcm11175122>
- Pettigrew S, Jongenelis M, Talati Z, Myers G, Sapountsis N. Dimensions of the diet-exercise relationship in later life: A qu-

- alitative study. *Australian and New Zealand journal of public health*. 2023; 47(5): 100090. <https://doi.org/10.1016/j.anzjph.2023.100090>
15. Mahanna A, Howell B, Worthington A, Redmond L, Hiratsuka V. Fruit and vegetable intake, physical activity, and functional fitness among older adults in urban Alaska. *International Journal of Circumpolar Health*. 2024; 83(1). <https://doi.org/10.1080/22423982.2024.2359164>
 16. Dericioglu D, Methven L, Clegg M. (2023). Does Physical Activity Level Relate to Food Intake, Appetite, and Body Composition in Older Adults? *The 14th European Nutrition Conference FENS*. 2023; 91(1):74. <https://doi.org/10.3390/proceedings2023091074>
 17. Zhao H, Andreyeva T. Diet Quality and Health in Older Americans. *Nutrients*. 2022; 14(6), 1198. <https://doi.org/10.3390/nu14061198>
 18. Medina AR, Regalado ME. Aspartame and tartrazine: silent enemies to health? *Aten Prim Pract*. 2021; 3(3):100094. <https://doi.org/10.1016/j.appr.2021.100094>
 19. Kovács N, Bíró É, Pikó P, Ungvári Z, Ádány R. (2025). Attitudes towards healthy eating and its determinants among older adults in a deprived region of Hungary: implications for the National Healthy Aging Program. *GeroScience*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s11357-025-01533-9>
 20. Walker-Clarke A, Walasek L, Meyer C. Psychosoziale Faktoren, die das Essverhalten älterer Erwachsener beeinflussen: Eine systematische Übersicht. *Ageing Research Reviews*. 2022; 77: 101597. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101597>
 21. Griffith D. Selbstkorrelierte räumliche Zufallsvariablen: Von einer Auto- zu einer Sui-Modell-Neuspezifizierung. *Spatial Statistics*. 2024; 63:100855. <https://doi.org/10.1016/j.spasta.2024.100855>
 22. Vandever C. Einführung in die statistische Analyse von Forschungsdaten: Ein Überblick über die Grundlagen. *HCA Healthc J Med*. 2020; 1(2);71-75. <https://doi.org/10.36518/2689-0216.1062>
 23. Villagran M, Martínez MA, Díaz F, Petermann-Rocha F, Celis-Morales C. Nährstoffe, Ernährung und körperliche Aktivität als Stärkung des Immunsystems in Zeiten von COVID-19. *ARS med*. 2020; 45(4):48-60. <https://arsmedica.cl/index.php/MED/article/view/1732>
 24. Poveda C, Peré GM, Jouvin JLA, Celi M, Yaguachi R. Food practices and lifestyle in the population of Guayaquil during the Covid-19 pandemic. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2021;41(3). <https://doi.org/10.12873/413poveda>
 25. Sotelo A, García DF, Norabuena E, Naupay M, Sumarriva L, Álvarez H, Anchayhua J, Zarate E, Van Heurck M. Nutritional profile, biological value and general acceptability of breads: comparative evaluation of traditional, whole-grain and gluten-free formulations. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2025;45(2):260-268. <https://doi.org/10.12873/>

Development of a chocolate bar from CCN-51 cocoa (*Theobroma cacao* L.) through the incorporation of its testa and *Theobroma bicolor* seeds at the Technical University of Babahoyo

Desarrollo de una barra de chocolate a partir del cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) mediante la incorporación de su testa y semillas de *Theobroma bicolor* en la Universidad Técnica de Babahoyo

Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ^{1,4}, Juan Andrés VILLAMARÍN BARREIRO¹, Álvaro Martín PAZMIÑO PÉREZ¹, Benítez Velasco DANNY VIDOR¹, Miguel Sebastian URRUTIA ALVAREZ², Guillermo Enrique GARCÍA VÁSQUEZ¹, Jose Luis MONCAYO PAZ¹, Sanyi Lorena RODRÍGUEZ CEVALLOS², Jhoan Alfredo PLUA MONTIEL³

1 Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Los Ríos, Ecuador.

2 Investigador Independiente.

3 Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Universidad de Córdoba. Campus Internacional de Excelencia en el Sector Agroalimentario. Córdoba, España.

4 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, M5600APG, Argentina.

Recibido: 4/septiembre/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

ABSTRACT

Introduction: The CCN-51 cacao clone (*Theobroma cacao* L.) is highly productive and resistant but presents sensory limitations in specialized markets. The incorporation of by-products such as testa and related species like *Theobroma bicolor* (mocambo) can improve the organoleptic profile, enhance bioactive compounds, and strengthen production sustainability.

Objectives: To develop a chocolate bar from CCN-51 cacao incorporating testa and mocambo seeds; to evaluate physicochemical and proximal properties; to analyze sensory quality; and to quantify antioxidant capacity using the ABTS method.

Materials and Methods: A completely randomized trifactorial design (2×2×3) was applied, consisting of 12 treatments and 2 replications. Proportions of CCN-51 cacao paste

(30–35%), mocambo paste (30–35%), and testa (0–10%) were varied. pH, titratable acidity, °Brix, moisture, ash, and sensory attributes (aroma, texture, color, flavor, and acceptability) were determined using a semi-trained panel (9-point hedonic scale), along with antioxidant capacity (ABTS). Data were analyzed using ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$).

Results: The addition of testa (5–10%) increased acidity, moisture, and ash content while reducing °Brix without altering pH. Mocambo increased moisture and reduced soluble solids and minerals. Formulations with 35% cacao, 30% mocambo, and 5% testa achieved higher sensory scores ($> 4.0/5$), in contrast to those containing 10% testa ($< 2.5/5$). Treatments with higher proportions of testa and mocambo exhibited greater antioxidant capacity.

Discussion: The integration of by-products and native species improved proximal composition, sensory attributes, and antioxidant functionality. Acceptability was influenced by the balance between phenolic compounds, fiber, and fat matrix.

Conclusions: The optimal formulation combined 30–35% CCN-51 cacao, 30% mocambo, and 5% testa, achieving balance between sensory acceptability, mineral contribution, and antioxidant capacity. The study confirms the potential of val-

Correspondencia:

Luis Humberto Vásquez Cortez
lvazquezc@utb.edu.ec

orizing cacao by-products and native species to develop functional and sustainable chocolates.

KEYWORDS

Cacao CCN51, *Saccharomyces cerevisiae*, fermentation, physicochemical.

RESUMEN

Introducción: El clon de cacao CCN-51 (*Theobroma cacao* L.) es altamente productivo y resistente, pero presenta limitaciones sensoriales en mercados especializados. La incorporación de subproductos como la testa y especies afines como *Theobroma bicolor* (mocambo) permite mejorar el perfil organoléptico, potenciar compuestos bioactivos y fortalecer la sostenibilidad productiva.

Objetivos: Desarrollar una barra de chocolate a partir de cacao CCN-51 incorporando testa y semillas de mocambo; evaluar propiedades fisicoquímicas y proximales; analizar la calidad sensorial; y cuantificar la capacidad antioxidante mediante ABTS.

Material y Métodos: Se utilizó un diseño completamente al azar trifactorial ($2 \times 2 \times 3$), con 12 tratamientos y 2 repeticiones. Se variaron las proporciones de pasta de cacao CCN-51 (30–35%), mocambo (30–35%) y testa (0–10%). Se determinaron pH, acidez titulable, °Brix, humedad, cenizas, atributos sensoriales (aroma, textura, color, sabor y aceptabilidad) con panel semientrenado (escala hedónica 1–5) y capacidad antioxidante (ABTS). Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados: La adición de testa (5–10%) incrementó acidez, humedad y cenizas, y redujo los °Brix sin modificar el pH. El mocambo aumentó la humedad y disminuyó sólidos solubles y minerales. Las formulaciones con 35% de cacao, 30% de mocambo y 5% de testa obtuvieron mejores puntuaciones sensoriales ($>4,0/5$), frente a las que incluyeron 10% de testa ($<2,5/5$). Los tratamientos con mayor proporción de testa y mocambo mostraron más capacidad antioxidante.

Discusión: La integración de subproductos y especies nativas mejoró la composición proximal, los atributos sensoriales y la funcionalidad antioxidante. La aceptabilidad dependió del equilibrio entre compuestos fenólicos, fibra y matriz grasa.

Conclusiones: La formulación óptima combinó 30–35% de cacao, 30% de mocambo y 5% de testa, equilibrando aceptabilidad, aporte mineral y capacidad antioxidante. El estudio confirma el potencial de valorizar subproductos y especies locales para elaborar chocolates funcionales y sostenibles.

PALABRAS CLAVE

Cacao CCN51, *Saccharomyces cerevisiae*, fermentación, fisicoquímico.

INTRODUCCIÓN

La industria mundial del cacao enfrenta actualmente el desafío de responder a una creciente demanda de productos con alto valor agregado, que integren atributos sensoriales diferenciados, beneficios funcionales para la salud y criterios de sostenibilidad Vásquez 2024¹. El cultivo y procesamiento de cacao genera una gran cantidad de subproductos poco aprovechados, entre los cuales la testa o cascarilla del grano representa entre el 12% y el 20% de su peso total Vásquez 2023². Tradicionalmente este residuo se destina al compostaje o a la alimentación animal, aunque su elevado contenido en fibra dietética, compuestos fenólicos y flavonoides con actividad antioxidante lo posicionan como un recurso emergente para su valorización en modelos de bioeconomía circular orientados al sector alimentario Vera 2025³.

En Ecuador, reconocido internacionalmente como productor de cacao fino y de aroma, se cultiva extensivamente el clon CCN-51 (*Theobroma cacao* L.), caracterizado por su elevada productividad, plasticidad agronómica y resistencia a enfermedades⁴. No obstante, el clon CCN-51 presenta un perfil sensorial particular, caracterizado por notas astringentes y una menor complejidad aromática en comparación con los cacaos finos de aroma Vera 2022⁵. Estas características, lejos de constituir una limitación, ofrecen un punto de partida para el diseño de formulaciones innovadoras que potencien su perfil organoléptico mediante la incorporación de ingredientes funcionales y especies afines. En este sentido, la optimización de sus atributos sensoriales, acompañada de un incremento en su valor funcional, se proyecta como una estrategia prioritaria para fortalecer su posicionamiento en mercados especializados y ampliar la competitividad del sector cacaotero ecuatoriano Vásquez 2023⁶.

El *Theobroma bicolor* (mocambo), especie nativa de la Amazonía y subutilizada en la industria alimentaria, posee semillas con alto contenido de proteínas, lípidos y compuestos bioactivos con capacidad antioxidante Vera 2024⁷. Su incorporación en matrices chocolateras no solo diversifica la oferta de productos con identidad territorial, sino que también promueve la valorización de cultivos ancestrales y el uso sostenible de la biodiversidad Vásquez 2025⁸.

La combinación de cacao CCN-51 con testa y semillas de *T. bicolor* plantea, por tanto, una alternativa prometedora para desarrollar chocolates funcionales que integren propiedades fisicoquímicas mejoradas, mayor capacidad antioxidante y atributos sensoriales optimizados. En este sentido, la presente investigación evalúa el efecto de estas incorporaciones sobre parámetros químicos, proximales y organolépticos, así como sobre la actividad antioxidante medida por ABTS, con el propósito de identificar formulaciones óptimas que aporten valor agregado y fortalezcan la sostenibilidad de la cadena de cacao en Ecuador.

MÉTODOS

Localización

El estudio se desarrolló en la Ciudad de Babahoyo, ubicada en la región litoral del Ecuador, tanto la recepción de las materias primas de las mazorcas de cacao y las fases analíticas de laboratorio se efectuaron en la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FACIAG) de la Universidad Técnica de Babahoyo, situada en el kilómetro 7,5 de la vía Babahoyo – Montalvo, cantón Babahoyo, provincia de Los Ríos, región litoral del Ecuador. Su localización geográfica corresponde a una latitud de -1.81667 y una longitud de -79.53333 (01° 49' 00" S; 79° 32' 00" O), con una altitud promedio de 8 m s.n.m

Diseño Experimental

En el presente estudio se empleó un diseño completamente al azar con arreglo trifactorial ($2 \times 2 \times 3$), conformado por 12 tratamientos y 2 repeticiones, lo que generó un total de 24 unidades experimentales. Cada tratamiento correspondió a tabletas de chocolate de 50 g. El factor A estuvo representado por la proporción de pasta de cacao CCN-51 (30% y 35%); el factor B, por la incorporación de almendras de *Theobroma bicolor* (30% y 35%); y el factor C, por la inclusión de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres niveles (0%, 5% y 10%). Los datos experimentales se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5% ($p < 0,05$), y para la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey, a fin de identificar diferencias estadísticas y establecer grupos homogéneos entre tratamientos. El procesamiento estadístico se realizó mediante el software InfoStat de acceso libre, garantizando confiabilidad y precisión en la interpretación de los resultados.

Esquema de ANDEVA

Se visualiza en la Tabla 1 la estructura de Andeva de los tratamientos y factores de estudio, para la realización de este trabajo de investigación.

Procedimiento de producto

El desarrollo experimental se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica de Babahoyo, siguiendo protocolos estandarizados de buenas prácticas de manufactura (BPM) para asegurar la inocuidad del producto. El procedimiento comprendió las siguientes etapas:

Selección y acondicionamiento de la materia prima:

Se seleccionaron granos de cacao CCN-51 y semillas de *Theobroma bicolor* (mocambo), descartando aquellos defectuosos o con signos de contaminación. Las muestras se sometieron a fermentación controlada por 144 h en cajones de madera, cubiertos con mantas de yute para mantener la temperatura y permitir el desarrollo de precursores de aroma y sabor. Posteriormente, los granos fueron secados mecánicamente hasta alcanzar humedad <8% Intriago 2024⁹.

Tabla 1. Estructura de Andeva

Fuente de variación(FV)		Grados de libertad
Tratamiento	T – 1	11
Factor pasta cacao ccn-51	(Ca – 1)	1
Factor pasta T. bicolor	(Tb – 1)	1
Factor % de cascarilla	(Cs-1)	2
Int. Ca * Tb	(Ca-1) (Tb-1)	1
Int. Ca * Cs	(Ca-1) (Cs-1)	2
Int. Tb * Ca	(Me-1) (Ca-1)	2
Int. Ca * Tb *Cs	(Ca-1) (Tb-1) (Cs-1)	2
Cacao experimental	(Ca * Tb * Cs) (R-1)	12
Total	(Ca * Tb * Cs * R - 1)	23

Tostado y descascarillado: Los granos secos fueron tostados en horno de convección a 120–135 °C durante 20–30 min para realzar las notas aromáticas y facilitar el desprendimiento de la testa. Seguidamente, se realizó el descascarillado manual, separando la cascarilla de los nibs, que constituyeron la base para las formulaciones experimentales Alvarado 2023¹⁰.

Molienda y obtención de pastas: Los nibs de cacao y las semillas de mocambo fueron sometidos a molienda hasta obtener pasta de cacao CCN-51 y pasta de *T. bicolor*. Paralelamente, la cascarilla previamente separada fue molida hasta obtener partículas finas para su inclusión en los tratamientos Vera 2024¹¹.

Formulación y mezclado: Se elaboraron 12 tratamientos experimentales de tabletas de 50 g cada una, variando las proporciones de pasta de cacao CCN-51 (30% y 35%), pasta de mocambo (30% y 35%) y cascarilla (0%, 5% y 10%). La formulación incluyó manteca de cacao, azúcar y lecitina como emulsionante. Los ingredientes fueron mezclados y sometidos a conchado para lograr homogeneidad, reducción de tamaño de partícula y desarrollo del perfil sensorial.

Moldeado, enfriado y envasado: La masa conchada se vertió en moldes de policarbonato y se sometió a enfriamiento controlado (15–18 °C) para favorecer la cristalización estable de la manteca de cacao. Una vez solidificadas, las tabletas fueron desmoldadas y envasadas en fundas de polipropileno selladas, etiquetadas y almacenadas en condiciones controladas de temperatura y humedad Erazo 2025¹².

Evaluaciones experimentales: Cada tratamiento fue sometido a análisis fisicoquímicos (pH, acidez titulable, °Brix), proximales (humedad y cenizas), sensoriales (aroma, color, textura, sabor y aceptabilidad general con panel semientrenado) y capacidad antioxidante mediante el método ABTS Vázquez 2025⁴.

Procesamiento de datos: Los resultados obtenidos se registraron en matrices experimentales y fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey ($p < 0,05$) utilizando el software InfoStat. Este análisis permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos y establecer la formulación óptima.

Instrumento de Investigación

Para garantizar la validez, confiabilidad y reproducibilidad de los resultados, en el presente estudio se emplearon diversos instrumentos de investigación orientados a la evaluación fisicoquímica, proximal, sensorial y funcional de las barras de chocolate elaboradas con cacao CCN-51, semillas de *Theobroma bicolor* y cascarilla de cacao. La selección de los instrumentos se realizó conforme a normativas internacionales reconocidas (AOAC, ISO e INEN), lo que asegura la calidad metodológica y la comparabilidad de los datos obtenidos Vázquez 2024¹³.

En el análisis fisicoquímico se determinó el pH utilizando un potenciómetro digital previamente calibrado con soluciones buffer a pH 4, 7 y 10, siguiendo la norma NTE INEN-ISO 1842. La acidez titulable se cuantificó mediante titulación ácido-base con NaOH 0,1 N y fenolftaleína como indicador, de acuerdo con la metodología AOAC 970.21, empleando como instrumentos principales una bureta graduada y un agitador magnético para asegurar la homogeneidad de la mezcla. Adicionalmente, el contenido de sólidos solubles se estableció con un refractómetro digital calibrado, siguiendo la norma NTE INEN-ISO 2173 Vázquez 2024¹³.

En cuanto a la composición proximal, el contenido de humedad se evaluó mediante el método gravimétrico en estufa a 105 °C, utilizando cápsulas de aluminio y una balanza analítica de precisión de 0,001 g, conforme a AOAC 925.10. El contenido de cenizas se determinó mediante incineración en mufla a 550 °C, siguiendo AOAC 923.03, empleando crisoles refractarios y desecador para garantizar la estabilidad de los residuos minerales Vázquez 2023⁶.

La capacidad antioxidante se midió aplicando el método ABTS bajo la norma UNE-EN 15792:2010, utilizando un espectrofotómetro UV-Vis a 734 nm. Los resultados se expresaron en equivalentes de Trolox por gramo de muestra ($\mu\text{mol TE/g}$). Para esta determinación se utilizaron micropipetas automáticas, cubetas de cuarzo y un baño María que permitió controlar la temperatura de las reacciones Vázquez 2025⁴.

En la evaluación sensorial se contó con la participación de un panel semientrenado conformado por 20 catadores, quienes valoraron los atributos de aroma, color, textura, sabor y aceptabilidad general. Las pruebas se realizaron bajo la metodología ISO 4121:2003, en cabinas individuales con iluminación controlada, empleando hojas de evaluación estructuradas en una escala hedónica de 1 a 5, junto con vasos y espátulas desechables para la degustación de las muestras.

Finalmente, los resultados experimentales fueron organizados en matrices de datos y procesados mediante el software estadístico InfoStat en su versión libre. El análisis de los datos incluyó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $p < 0,05$, complementado con la prueba de Tukey para la comparación de medias y la identificación de grupos homogéneos entre los tratamientos.

RESULTADOS

Variables físicas-químicas

Los coeficientes de variación fueron bajos en todos los parámetros evaluados (acidez 5,56%; humedad 0,59%; cenizas 0,49%; pH 0,39; sólidos solubles 2,06%), lo que confirma la solidez estadística de los efectos. En cuanto a la acidez titulable, los factores cacao y cascarilla resultaron altamente significativos, mientras que el mocambo no mostró efecto aislado ($p=0,1804$). La acidez aumentó con la adición de cascarilla (5–10%), intensificándose al combinarse con mocambo ($p=0,0004$) y en interacciones cacao–mocambo ($p < 0,0001$). Los valores oscilaron entre 0,60% y 0,91%, con mínimos en formulaciones sin cascarilla y máximos con mayor nivel de inclusión.

La humedad mostró efectos significativos en la interacción triple ($p < 0,0001$), destacándose la cascarilla como principal factor de retención, con máximos de 1,51% y mínimos de 0,70%. Aunque la interacción cacao–cascarilla no fue relevante ($p=0,85$), la cascarilla elevó consistentemente la humedad, especialmente con 35% de mocambo.

En el contenido de cenizas, la cascarilla incrementó los valores de forma sostenida (1,21–1,99%), con aportes adicionales de cacao y mocambo ($p < 0,0001$) y significancia en todas las interacciones, incluidas las triples ($p=0,0009$). El pH se mantuvo estable en un rango estrecho (5,44–5,80), aunque con diferencias significativas para cacao, mocambo y sus interacciones.

Los sólidos solubles fueron los más sensibles, disminuyendo conforme aumentaron mocambo y cascarilla, desde 6,96 en el control (30–30–0) hasta 1,00 en la formulación con 35% cacao, 35% mocambo y 10% cascarilla.

Los valores específicos por tratamiento pueden consultarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Efecto del cacao CCN-51, mocambo y cascarilla en las propiedades fisicoquímicas del chocolate experimental

Factor			Variable									
CCN-51	Mocambo	Cascarilla	%Acidez Titulable		%Humedad		%Ceniza		pH		°Brix	
30	30	0	0,60		0,70		1,21		5,69		6,96	
		5	0,86		1,01		1,51		5,59		6,08	
		10	0,79		1,10		1,70		5,59		4,02	
	35	0	0,40		0,91		1,30		5,55		6,00	
		5	0,70		1,19		1,61		5,71		3,02	
		10	0,81		1,31		0,80		5,80		3,04	
35	30	0	0,31		1,00		1,29		5,80		4,04	
		5	0,75		1,40		1,71		5,69		2,90	
		10	0,65		1,41		0,81		5,62		2,06	
	35	0	0,41		1,40		1,40		5,51		3,95	
		5	0,7		1,40		1,91		5,48		1,03	
		10	0,81		1,51		1,99		5,44		1,00	
		CV	5,56		0,59		0,49		0,59		2,06	
		EEM ±	0,03		0,01		0,01		0,02		0,05	
		DMS	0,14246		0,02807		0,03139		0,13067		0,29985	
Prob.	%Cacao		<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	0,0005	*	<0,0001	**
	%Mocambo		0,1804	ns	<0,0001	**	<0,0001	**	0,0001	*	<0,0001	**
	%Cascarilla		<0,0001	***	<0,0001	**	<0,0001	**	0,3338	ns	<0,0001	**
	Cacao*Mocambo		<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**
	Cacao*Cascarilla		0,0771	ns	<0,0001	**	<0,0001	**	0,0002	*	<0,0001	**
	Mocambo *Cascarilla		0,0004	*	<0,0001	**	0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**
	Cacao*Mocambo *Cascarilla		0,0533	ns	<0,0001	**	0,0009	*	0,0106	*	<0,0001	

Efecto de la interacción del cacao CCN-51, mocambo y cascarilla sobre las propiedades fisicoquímicas del chocolate

El análisis sensorial evidenció diferencias significativas entre las formulaciones elaboradas con cacao CCN-51, Theobroma bicolor (mocambo) y cascarilla de cacao. La representación tipo radar permitió visualizar de forma integrada el

comportamiento de los atributos evaluados: aroma, color, textura, sabor y aceptabilidad.

Los tratamientos con mayor proporción de cacao (35%) y mocambo (30%), junto con una adición moderada de cascarilla (5%), alcanzaron las calificaciones más altas en aroma y aceptabilidad, superando los 4,0 puntos en la escala hedónica. Esta respuesta indica que una combinación equilibrada

con mocambo favorece el desarrollo de notas aromáticas complejas y mejora la percepción global del producto.

En contraste, las formulaciones con niveles elevados de cascarilla (10%) registraron disminuciones en sabor y textura, con valores inferiores a 3,0, lo que sugiere un efecto negativo cuando este subproducto se incorpora en exceso. Las preparaciones con 30% de cacao y ausencia de mocambo mostraron puntuaciones intermedias, con menor complejidad aromática y aceptación moderada.

El atributo color se mantuvo estable en la mayoría de los tratamientos, con valores superiores a 3,5, independientemente de las proporciones de mocambo o cascarilla. La textura fue más favorable en las formulaciones con 35% de cacao y 5% de cascarilla, con calificaciones superiores a 3,5, lo que refleja una sensación más uniforme y agradable al paladar.

Estos resultados confirman que la combinación de cacao CCN-51, mocambo y cascarilla puede optimizar las características sensoriales, destacándose la formulación con 35% de cacao, 30% de mocambo y 5% de cascarilla como la de mayor potencial para el desarrollo de chocolates funcionales con buena aceptación. Los valores específicos pueden consultarse en la Figura 1.

Capacidad antioxidante de las formulaciones (ABTS)

La capacidad antioxidante determinada mediante el método ABTS mostró diferencias significativas entre las formulaciones, con valores que variaron entre 18,5 y 31,0 $\mu\text{mol Trolox/g}$, lo que confirma la influencia combinada de la cascarilla y el nivel de cacao en la actividad bioactiva. El tratamiento T1 (50% cacao, 50% mocambo y 0% cascarilla) registró la menor actividad (18,5 $\pm$ 0,4 $\mu\text{mol Trolox/g}$), lo que refleja un efecto limitado asociado únicamente a los compuestos fenólicos presentes en cacao y mocambo.

En contraste, el tratamiento T12 (58,3% cacao, 58,3% mocambo y 16,7% cascarilla) alcanzó el valor más alto (31,0 $\pm$ 0,9 $\mu\text{mol Trolox/g}$), equivalente a un incremento del 67% respecto al control sin cascarilla. Las formulaciones con 5% de cascarilla (T2, T5, T8 y T11) mostraron aumentos consistentes, con valores entre 23,8 y 26,2 $\mu\text{mol Trolox/g}$, lo que indica que niveles moderados favorecen el enriquecimiento antioxidante sin comprometer otros atributos del producto.

Las formulaciones con 10% de cascarilla (T3, T6, T9 y T12) registraron las actividades más elevadas (28,6–31,0 $\mu\text{mol Trolox/g}$), evidenciando un efecto dependiente de la dosis. Asimismo, el incremento en la proporción de cacao CCN-51

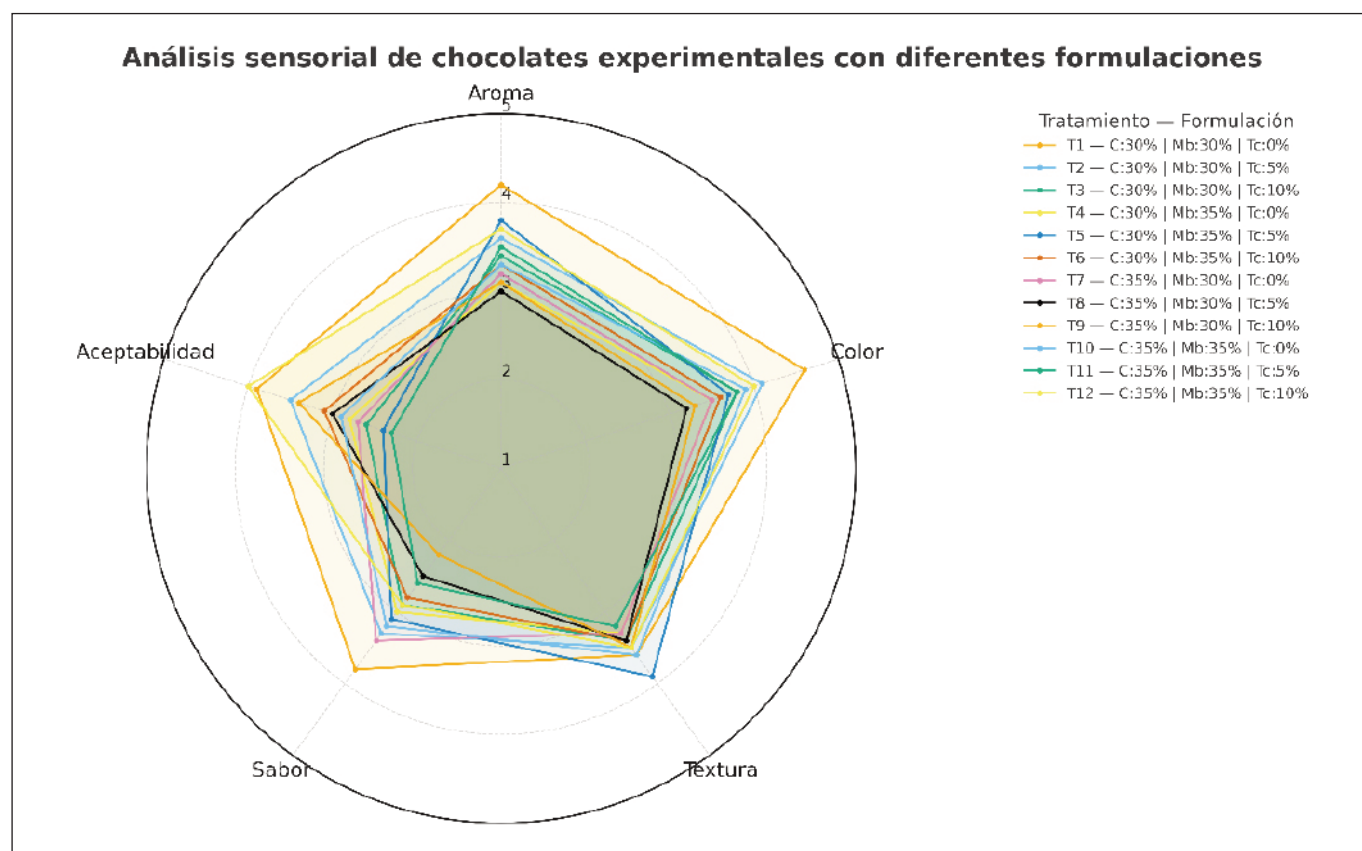


Figura 1. Interacción entre porcentajes de pasta de cacao, porcentaje de pasta de *Theobroma bicolor* y porcentaje de cascarilla de cacao

(58,3 g frente a 50 g) contribuyó positivamente al aumento de la capacidad antioxidante, aunque con menor impacto que la cascarilla. Esto se refleja en los tratamientos T7 ($20,0 \pm 0,5 \mu\text{mol Trolox/g}$) y T10 ($21,0 \pm 0,5 \mu\text{mol Trolox/g}$), que superaron ligeramente a sus equivalentes sin ajuste de cacao.

Los valores detallados pueden consultarse en la Figura 2 para una visualización comparativa.

DISCUSIÓN

En los estudios realizados la acidez titulable aumentó de forma sostenida con la adición de cascarilla (5-10%) alcanzados valores máximos cuando esta se combinó con mayores niveles de mocambo. Este comportamiento puede mencionarse por el contenido de ácidos orgánicos residuales (acético, láctico y cítrico) generados en la fermentación del cacao y retenidos en la cascarilla, los cuales incrementan la fracción titulable sin necesariamente modificar de manera marcada el pH del producto final. Además, las fibras y polifenoles de la cascarilla pueden liberar grupos carboxilo durante la hidrólisis, lo que también contribuye a la percepción ácido en matrices sólidas.

Estudios previos han reportado hallazgos similares Vera 2024¹⁴ mostraron que la dinámica de fermentación en cacao modula directamente la acumulación de ácidos orgánicos y

reduce el pH, con efectos diferenciales según la microflora y el tiempo de fermentación: Sin embargo Alvarado 2023¹⁰ confirmaron que el tostado modula el equilibrio ácido, reduciendo ácido acético pero conservando notas ácidas residuales, por otro lado Hernández 2024¹⁵ demostraron que las infusiones de cascarilla liberan ácidos y minerales que intensifican en la acidez libre; la cascarilla actúa como un modulador ácido, cuyo impacto se amplifica en sinergia con mocambo; el cacao por sí solo muestra un comportamiento amortiguado debido a su capacidad amortiguadora, pero la interacción con fibras y metabolitos del mocambo refuerza la acidez percibida.

En el presente trabajo osciló valores entre 0,60 y 0,91% valores que se incrementaron al aumentar la cascarilla y su interacción con mocambo, estos resultados son consistentes con reportes de chocolates oscuros donde la acidez varía entre 0,50 y 1,20% en función de la fermentación y del grado de tostado Calvo 2021¹⁶.

Los incrementos significativos en humedad observados con cascarilla y mocambo hasta 1,51%, responden de alta capacidad de retención de agua (WHC) y absorción (WAC) de la fibra dietética presente en ambos ingredientes. La cascarilla contiene pectinas, hemicelulosa y lignina, componentes higroscópicos que atrapan agua a través de interacciones con grupos hidroxilo y carboxilo. El mocambo, por su parte, aporta

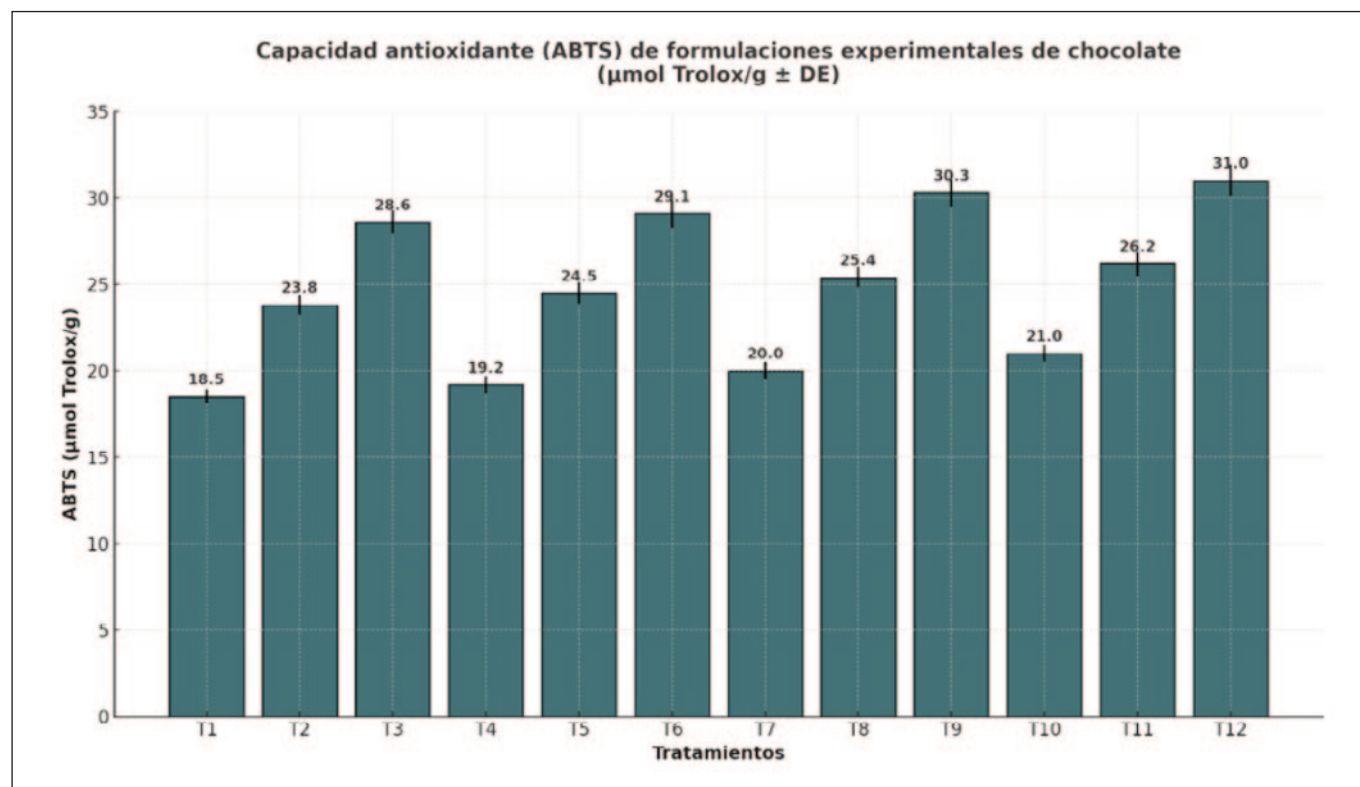


Figura 2. Capacidad antioxidante (ABTS) de las formulaciones experimentales de chocolate elaboradas con cacao CCN-51, mocambo y cascarilla

fibras solubles e insolubles que incrementan la viscosidad y favorecen la retención de agua en el producto final.

La humedad fluctuó entre 0,70 y 1,51%, dependiendo de la interacción entre los factores de estudios. Estos datos son coherentes con lo establecido en la elaboración de chocolate amargo, que recomienda una humedad máximo de <2,0 para garantizar estabilidad microbiológica y vida útil Delgado 2021¹⁷ reportaron humedades de 1,2 -1,8% en chocolates con fibra de cascarilla, mientras que Vásquez 2023⁶ hallaron valores similares tras extrusión, con aumento de humedad hasta 1,6% por mayor retención de agua; los hallazgos se ubican dentro del rango recomendado, lo que indica que el incremento de cascarilla no compromete la estabilidad, aunque humedad >1,5% pueden acelerar recristalización de azúcares.

El aumento sostenido en contenido de cenizas (1,21-1,99%) con niveles crecientes de cascarilla se explica por la alta concentración de minerales en este subproducto (K, Mg, Ca, P, Fe) que se transfiere directamente a la formulación. A esto se suma la contribución de mocambo, también reportado como fuente rica en macro y micronutrientes.

Los valores encontrados de ceniza, lo cual es superior al rango típico de chocolates convencionales (0,8 – 1,5%) reportado por Soares 2022¹⁸. En la investigación de Monedero 2024¹⁹ encontraron que la incorporación de cascarilla incrementa cenizas hasta 1,8-2,0. Por su lado Sánchez 2023²⁰ observaron resultados similares en extractos funcionales, con niveles minerales altos. En los datos encontrados el rango superior correspondió a 1,99% es más alto que el convencional, pero aceptable en chocolates enriquecidos, lo que abre posibilidades de posicionarlo como fuente de minerales funcionales.

El rango estrecho de pH (5,44-5,80) confirma que el sistema mantiene un equilibrio de retención propio del producto final, en el que los cambios en acidez titulable no siempre se reflejan directamente en pH. Este comportamiento es esperado: el cacao posee una alta capacidad amortiguadora debido a su contenido mineral y de proteínas en el caso de mocambo aporta ácidos y polifenoles que modulan, pero no alteran de forma drástica el pH; Vásquez 2022²¹ demostraron que el pH del cacao tras fermentación y tostado se mantiene en rangos similares (4,8-5,8), con modificaciones leves según el grado de tostado. Calvo 2021¹⁶ reportaron que la fermentación reduce progresivamente el pH pero con estabilización tras la fase acética.

Los °Brix fue una variable más sensible a las interacciones, mostrando descensos drásticos al aumentar mocambo y cascarilla (mínimo de 1,00 frente a 6,96 en el control). Este efecto responde a dos mecanismos: la dilución de azúcares al sustituir parte de la formulación con ingredientes ricos en fibras y bajos en azúcares simples, y la retención de agua no asociada a solutos solubles, que reducen la concentración efectiva de sólidos.

En la investigación como se menciona que el °Brix disminuye de 6,96 siendo este el control a valores más bajos a 1,00 en las formulaciones con mayor cascarilla y mocambo. En chocolates comerciales, los sólidos solubles suelen oscilar entre 5,0 y 8,0 ° Brix. Dependiendo del contenido de azúcar y edulcorante añadidos.

Los resultados mostraron de 3,0 a 4,2 en el análisis sensorial con respecto a la nota aroma, con mayor aceptación en T1 y T5 (>4,0). Esto confirma que las formulaciones con cacao CCN-51 y mocambo en equilibrio, junto con 5% de cascarilla, potencian el desarrollo de un perfil aromático más apreciado. La explicación reside en la liberación de compuestos volátiles derivados de la fermentación y tostado, como aldehídos, alcoholes y pirazinas que definen notas agradables a cacao. Estudios recientes reportan valores similares Vásquez 2023²² encontraron que chocolates oscuros con mayor contenido de sólidos de cacao alcanzaron puntajes de aroma entre 3,8 – 4,5; asociados a mayor concentración de volátiles aromáticos. Le 2023²³ destacaron que la adición de matrices ricas en polifenoles por ejemplo en la cascarilla puede modificar la liberación aromática, modulando la percepción sensorial. Vásquez 2023⁶ reportaron que fermentaciones controladas aumentan significativamente la aceptabilidad aromáticas con puntajes >4,0 en chocolates premium. Los valores de aroma tienen un máximo de 4,2 lo cual son consistentes con el rango reportado en chocolates artesanales y funcionales (3,5-4,5).

El atributo color obtuvo valores de 3,6-4,8 con mayor aceptación en T1 (4,8) y T2 (4,5). La reducción observada en T8 y T9 (3,6-3,8) se explica por el efecto de la cascarilla al 10% que aporta fibras y compuestos fenólicos, reduciendo la luminosidad. Estudios recientes confirman estos hallazgos por Vásquez 2023²⁴ reportaron que la incorporación de cascarilla genera un color más oscuro y opaco, reduciendo la puntuación visual. En su efecto Vera 2024¹⁴ evidenció que chocolates con frutas deshidratadas o cascarilla presentaron valores de color sensorial entre 3,5-4,2 coherente a los encontrados en la presente investigación, los cuales son aceptables y se alinean con el rango típico en chocolates enriquecidos, donde valores >4 indican buena aceptabilidad visual.

El sabor mostró la mayor dispersión (2,2-3,8) con mejores valores en T1 – T2 (3,8) y los sabores más bajos en T9, T11 y T12 (<2,5). Esto evidencia que el exceso de cascarilla (10%) y mocambo (35%) aportó compuestos fenólicos y alcaloides (teobromina, cafeína) que intensificaron la astringencia y amargor. Resultados semejantes fueron reportados por Intriago 2024⁹ quienes observaron que el exceso de polifenoles en chocolates amargos disminuyó la aceptabilidad gustativa (<3,0). El rango obtenido (2,2-3,8) se sitúa en el límite inferior de la aceptabilidad sensorial (>3,0) para la mayoría de consumidores, evidenciando que el sabor es el atributo más crítico al reformular.

Los valores de aceptabilidad global oscilaron entre 2,0 y 4,2; con mayor aceptación en T1, T2 y T12 (4,0 – 4,2). En contraste, T0-T11 disminuyeron por debajo de 2,5 reflejando que altos niveles de cascarilla (10%) y mocambo (35%) reducen la preferencia general. Esto concuerda con Sánchez 2023²⁰ quienes demostraron que chocolates funcionales con inclusión de fibras tuvieron aceptabilidad global de 3,0-4,5, dependiendo de la intensidad del amargor.

La evaluación de la capacidad antioxidante mediante ABTS evidenció que la inclusión de cascarilla de cacao fue el principal factor determinante en el incremento de las actividades bioactivas de las formulaciones, alcanzando valores de hasta 31,0 $\mu\text{mol Trolox/g}$ en T12. Estos hallazgos son consistentes con estudios que destacan a la cascarilla como una fuente concentrada de polifenoles (catequinas, epicatequina, procianidinas) y alcaloides metilxantinas que ejercen un marcado efecto captador de radicales libres. El comportamiento dosis dependientes observados, donde las formulaciones con 10% de cascarilla (T3, T6, T9 y T12) alcanzaron los valores más altos (28,6-3,10 31,0 $\mu\text{mol Trolox/g}$), refuerza la evidencia de este subproducto puede fortalecer el perfil funcional de chocolate. Monedero 2024¹⁹ confirmaron que la harina de cascarilla eleva significativamente la concentración de compuestos fenólicos y flavonoides.

Asimismo, la proporción de cacao CCN-51 también contribuyó al aumento de la capacidad antioxidante, aunque en menor magnitud. Esto concuerda con Calvo 2021 Calvo et al., (2021) quienes reportaron que chocolates oscuros con mayor contenido de cacao (>60%) presentan actividades antioxidantes en el rango de 20-35 31,0 $\mu\text{mol Trolox/g}$. Comparables a los valores obtenidos en este estudio.

CONCLUSIONES

La interacción entre cacao CCN-51, *Theobroma bicolor* y cascarilla de cacao modificó de manera significativa las propiedades fisicoquímicas, funcionales y sensoriales del chocolate experimental. La cascarilla evidenció el mayor efecto modulador, incrementando la acidez, el contenido de cenizas y la humedad, además de potenciar la capacidad antioxidante en un patrón dosis-dependiente, alcanzando valores de hasta 31,0 $\mu\text{mol Trolox/g}$.

En términos sensoriales, las formulaciones con 35% de cacao, 30% de mocambo y 5% de cascarilla obtuvieron las puntuaciones más altas en aroma, apariencia y aceptabilidad (>4,0), mientras que niveles superiores de cascarilla (10%) redujeron la preferencia por intensificación de notas astringentes.

Los resultados no solo validan la factibilidad tecnológica del uso de estos ingredientes, sino que respaldan su potencial nutraceutico. La elevada actividad antioxidante observada, atribuible a los polifenoles del cacao, los metabolitos bioactivos del mocambo y los compuestos fenólicos de la cascarilla,

sugiere beneficios vinculados a la reducción del estrés oxidativo, la protección celular y la prevención de patologías crónicas de origen inflamatorio y metabólico.

Estos hallazgos posicionan a la formulación optimizada como una matriz alimentaria funcional con aplicaciones en salud preventiva, al tiempo que promueven la valorización sostenible de subproductos agroindustriales en la cadena cacaotera. Además, la incorporación de *Theobroma bicolor* contribuye a su aprovechamiento sostenible y promueve su conservación mediante el desarrollo de productos alimentarios saludables y funcionales, lo cual esta especie esta en riesgo siendo vulnerable en amenaza.

AGRADECIMIENTO

El presente proyecto forma parte de la 13.^a Convocatoria de Proyectos de Investigación, Desarrollo e Innovación (gestión 2025), a través del Instituto de Investigación y Desarrollo de la Universidad Técnica de Babahoyo (UTB), en la provincia de Los Ríos, Ecuador. El proyecto lleva por título: "Caracterización fisiológica y fisicoquímica de especies nativas de Malváceas en riesgo, mediante biotecnología aplicada a su germinación, adaptación y conservación". Este trabajo fue aprobado mediante la Resolución del Órgano Colegiado Superior N.º OCS-SO-08-RES-73-UTB-2025, emitida en agosto de 2025, tras la presentación institucional realizada por el Instituto de Investigación y Desarrollo, bajo el oficio IID-UTB-193-25.

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento al equipo técnico y a los miembros del proyecto, cuyo compromiso, responsabilidad y aporte científico hicieron posible el desarrollo de cada una de las etapas planteadas. Asimismo, extendemos un reconocimiento especial al señor Rector de la Universidad Técnica de Babahoyo, Ing. Marcos David Oviedo Rodríguez, Ph.D., por su liderazgo visionario, su firme compromiso con la investigación universitaria y su respaldo decidido a la generación de conocimiento científico. Su apoyo institucional ha sido determinante para impulsar iniciativas que fortalecen la innovación, la sostenibilidad y el desarrollo académico de nuestra universidad y a su vez la Vicerrectorado de Investigación y Posgrado a la Ph.D., Daysi Soto Calderon y al Lcdo. Daniel Arias Toro Ph.D.; a la Lcda. Karina De Mora Litardo, MSc. Directora del Instituto de Investigación y Desarrollo, a su vez la Facultad de Ciencias Agropecuarias al Decano. Ing. Alvaro Martín Pazmiño Perez, MSc; por el apoyo a este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vázquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju N, Prasad R. Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discov Food [Internet]*. 2024;4(163):1–13. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s44187-024-00205-5#citeas>

2. Vázquez L, Pulgar N, Ponce G, Palma J. Valorización del mucílago de cacao, estrategias para mitigar el desperdicio y fomentar la sostenibilidad. *InvestiGo* [Internet]. 2023;4(8):47–56. Available from: <https://www.revistainvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/58>
3. Vera R, Vera J, Vázquez L, Cobos F, Rodríguez S, Pazmiño Á, et al. Efecto del mucílago de cacao adicionando con tres niveles de vinagre y melaza como herbicida en el cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Rev Soc Científica del Paraguay* [Internet]. 2025;30(1):1–13. Available from: <https://sociedadcientifica.org.py/ojs/index.php/rscopy/article/view/425>
4. Vázquez L, Montoya E, Cadena L, Plua J, Camacho C, Cobos F, et al. Evaluación físico química y sensoriales del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (Mango manila) en diferentes grados de madurez. *Nutr Clínica y Dietética Hosp* [Internet]. 2025;45(3):117–28. Available from: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/1030>
5. Vera J, Intriago F, Alvarado K, Vasquez L. Inducción anaeróbica de *bradyrhizobium japonicum* en la postcosecha de híbridos experimentales de cacao y su mejoramiento en la calidad fermentativa. *J Sci Res*. 2022;7(2):50–69.
6. Vázquez L, Rivadeneira S, Intriago F, Durazno L, Vera J, Arboleda L. Utilización de extracto de jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) como estrategia para mejorar la calidad del grano de cacao. *InvestiGo* [Internet]. 2023;4(8):95–117. Available from: <https://www.revistainvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/67>
7. Vera J, Vázquez L, Valdiviezo D, Durazno L, Erazo C, Tuarez D, et al. Evaluación de la cascarilla de *Theobroma bicolor* para la obtención de una infusión. *Rev Cienc UNEMI*. 2024;17(45):96–109.
8. Vázquez L, Rodríguez S, Villamarín J, Vera J. Pigmentos de (*Justicia Spicigera*) en chocolate con dos variedades de *Theobroma bicolor*: *Theobroma bicolor* y *Theobroma cacao* de la variedad Trinitario. *Rev Científica Multidiscip InvestiGo* [Internet]. 2025;5(9):12–31. Available from: <https://www.revistainvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/159>
9. Intriago F, Cedeño J, Parraga C, Alvarado K, Vázquez L, Revilla K, et al. Induction of effective microorganisms (EM) in the fermenting mass of cacao (*Theobroma cacao* L.) and their impact on physicochemical and antioxidant characteristics. *Biotecnica* [Internet]. 2024;26(2422):1–8. Available from: <https://biotecnica.unison.mx/index.php/biotecnica/article/view/2422>
10. Alvarado K, Vera J, Vázquez L, Intriago G, Barzola J. Tiempos y temperaturas de torrefacción en almendras de tres variedades de cacao nacional, trinitario, forastero para la obtención de nibs. *Supl CICA Multidiscip* [Internet]. 2023;7(015):100–35. Available from: <https://uleam.suplementocica.org/index.php/SuplementoCICA/article/view/94>
11. Vera J, Radice M, Vázquez L, Intriago F. Perfil químico de 12 clones tipo nacional de pasta de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Univ y Soc*. 2024;16(1):126–36.
12. Erazo C, Vázquez L, Tuárez D, Avellaneda J, Alvarado K, Vera J, et al. Inducción de *Rhizobium japonicum* en la masa fermentativa de dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) como estrategia para la disminución de cadmio. *Alternativas*. 2023;24(3):17–29.
13. Vasquez L, Alvarado K, Intriago F, Vera J, Raju N, Prasad R. Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discov Food*. 2024;4(1):1–13.
14. Vera J, Vázquez L, Valverde E, Rodríguez S, Uvidia M, Palacios J, et al. Elaboración de barras de chocolate a partir de almendras de cacao de montaña (*Theobroma bicolor* Hump & Bonpl L.) con adición de pasta de frutas deshidratadas de naranja (*Citrus x sinensis*) y mango (*Mangifera indica*). *Rev Agrosicicultura y Medioambiente* [Internet]. 2024;2(1):71–90. Available from: <https://revistas.unesum.edu.ec/agricultura/index.php/ojs/article/view/38>
15. Hernández E, Espinosa V, Hernandez R, García R, Suárez C, Gallardo P, et al. Valorization of cocoa bean shell agro-industrial residues for producing functional hot water infusions. *Processes*. 2024;12(2905):1–17.
16. Calvo A, Botina B, García M, Montenegro A, Criollo J. Dynamics of cocoa fermentation and its effect on quality. *Sci Rep* [Internet]. 2021;(16746):1–15. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-95703-2>
17. Delgado J, Esposito L, Molina J, Pérez J, Martuscelli M, Chaves C. Ghanaian cocoa (*Theobroma cacao* L.) bean shells coproducts : Effect of particle size on chemical composition, bioactive compound content and antioxidant activity. *Agronomy*. 2021; 11(401):1–15.
18. Soares T, Oliveira B. Cocoa by-products : characterization of bioactive compounds and beneficial health effects. *Molecules* [Internet]. 2022;27(5):1–23. Available from: <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/5/1625>
19. Monedero I, Rebollo M, Rodríguez P, Benítez V. Uncovering cocoa shell as a safe bioactive food ingredient : Nutritional and toxicological breakthroughs. *Futur Foods*. 2024;10:1–15.
20. Sánchez M, Laca A, Laca A, Díaz M. Cocoa bean shell : A by-product with high potential for nutritional and biotechnological applications. *Antioxidants*. 2023;12(1028):1–21.
21. Vázquez L, Vera J, Erazo C, Intriago F. Induction of rhizobium japonicum in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao* L.) as a strategy for the decrease of cadmium. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2022;3(April):11354–71.
22. Vázquez L, Vera J, Alvarado K, Ochoa K, Intriago F, Naga-Raju M, et al. Calidad sensorial de cuatro cruces experimentales de cacao adicionando pasta de frutas deshidratadas. *Rev Multidisciplinaria Desarro Agropecu Tecnológico, Empres y Humanista*. 2023;5(1):1–9.
23. Le X, Zhang W, Sun G. Research on the differences in phenotypic traits and nutrition composition of acer truncatum bunge seeds from various regions. *Foods*. 2023;12(2444):1–16.
24. Vázquez L, Vera J, Alvarado K, Ochoa K, Intriago F, Naga M, et al. Calidad sensorial de cuatro cruces experimentales de cacao adicionando pasta de frutas deshidratadas. *Rev Multidisciplinaria Desarro Agropecu Tecnológico, Empres y Humanista* [Internet]. 2023;5(1):1–9. Available from: <https://dateh.es/index.php/main/article/view/112>

Asociación entre sarcopenia, ingesta proteica y actividad física en adultos mayores del Hospital María Auxiliadora, Perú

Association between Sarcopenia, Protein Intake, and Physical Activity in Older Adults at Hospital María Auxiliadora, Perú

Jenny GARRIDO GALLARDO¹, Kimberly GALLARDO BARDALEZ¹, Carolina GARCÍA DE LAMA¹, Alexander Javier IMAN TORRES², Jose Jairo NARREA VARGAS¹

1 Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad Científica del Sur. Perú.

2 Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias - Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Perú.

Recibido: 14/agosto/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: La sarcopenia es un problema prevalente en adultos mayores, especialmente en entornos hospitalarios, y su prevención requiere abordar factores como la ingesta de proteínas y la actividad física.

Objetivo: Determinar la asociación entre riesgo de sarcopenia, ingesta proteica y actividad en adultos mayores del Hospital María Auxiliadora en Lima, Perú.

Metodología: Estudio observacional, analítico y transversal realizado en 76 adultos mayores de un hospital, donde el riesgo de sarcopenia se evaluó mediante el cuestionario SARC-F, la ingesta proteica mediante el cuestionario de frecuencia de consumo alimentario adaptado por Cortez para pacientes adultos mayores y nivel de actividad física mediante el cuestionario IPAQ y IPAQ-E.

Resultados: La edad media fue $71,0 \pm 6,37$ años; 71,43 % mujeres. El 30,35 % presentó riesgo de sarcopenia. La ingesta proteica no recomendada se asoció significativamente con un mayor riesgo de sarcopenia (OR ajustado = 3,23; IC95%: 1,06-9,85; $p = 0,03$). En contraste, el nivel de actividad física, el sexo, el IMC y la edad no mostraron asociaciones estadísticamente significativas.

Correspondencia:

Jose Jairo Narrea Vargas
jnarrea@cientifica.edu.pe

Conclusiones: La ingesta proteica no recomendada se asoció con mayor riesgo de sarcopenia en adultos mayores. Estos hallazgos resaltan la importancia de promover una adecuada ingesta proteica como estrategia clave en la prevención y manejo de la sarcopenia.

PALABRAS CLAVE

Actividad Física, Envejecimiento, Ingesta Proteica, Sarcopenia

ABSTRACT

Background: Sarcopenia is a prevalent issue among older adults, especially in hospital settings, and its prevention requires addressing factors such as protein intake and physical activity.

Objective: To determine the association between risk of sarcopenia, protein intake, and physical activity in older adults at Hospital María Auxiliadora in Lima, Peru.

Methods: An observational, analytical, cross-sectional study conducted in 76 older adults from a hospital, where sarcopenia risk was assessed using the SARC-F questionnaire, protein intake was measured by a food frequency questionnaire adapted by Cortez for older adult patients, and physical activity level was evaluated with the IPAQ and IPAQ-E questionnaires.

Results: The mean age was $71,0 \pm 6,37$ years; 71,43% were women. A total of 30,35% presented risk of sarcopenia. Inadequate protein intake was significantly associated with a higher risk of sarcopenia (adjusted OR = 3,23; 95%

CI: 1,06–9,85; $p = 0,03$). In contrast, physical activity level, sex, BMI, and age were not significantly associated.

Conclusions: Inadequate protein intake was associated with an increased risk of sarcopenia in older adults. These findings highlight the importance of promoting adequate protein intake as a key strategy for the prevention and management of sarcopenia.

KEYWORDS

Physical Activity, Aging, Protein Intake, Sarcopenia

INTRODUCCIÓN

La sarcopenia, caracterizada por la pérdida progresiva y generalizada de masa y fuerza muscular, se ha consolidado como un problema de salud pública de relevancia mundial, particularmente en el contexto del envejecimiento poblacional. Según la *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP2), esta condición no solo afecta la capacidad funcional de los adultos mayores, sino que incrementa el riesgo de caídas, discapacidad, hospitalización y mortalidad prematura¹. Su etiología es multifactorial, con un componente fisiológico inherente al envejecimiento, pero influenciada por factores modificables como la ingesta proteica y el nivel de actividad física^{2,3}.

A nivel global, la prevalencia estimada de sarcopenia varía entre 5 y 13% en adultos mayores que viven en la comunidad, alcanzando cifras de hasta 50% en entornos hospitalarios⁴. Estudios recientes sugieren que esta prevalencia podría incrementarse debido al aumento de enfermedades crónicas que aceleran la pérdida de masa muscular⁵. En América Latina, investigaciones han mostrado prevalencias de 12 a 19% en población comunitaria y superiores al 25% en hospitales, lo que refleja una carga significativa para los sistemas de salud^{6,7}. En el Perú, aunque la evidencia aún es limitada, estudios realizados en Lima han reportado prevalencias de sarcopenia de entre 5,7 y 18,1% según diferentes criterios diagnósticos, y de probable sarcopenia de hasta 22,7 %⁸. En poblaciones andinas se ha estimado una prevalencia similar del 17,6 %⁹.

La ingesta proteica desempeña un papel determinante en la preservación de la masa muscular. Las recomendaciones actuales para adultos mayores sanos sugieren un consumo diario de al menos 1,2 g/kg de peso corporal, y valores de hasta 1,5 g/kg/día en casos de enfermedad crónica o riesgo de sarcopenia^{10,11}. No obstante, investigaciones en Latinoamérica evidencian que gran parte de esta población no alcanza estos niveles, en parte debido a limitaciones económicas, culturales y de acceso a fuentes proteicas de calidad^{12,13}. La insuficiente ingesta de proteínas se traduce en un balance nitrogenado negativo, resistencia anabólica y pérdida acelerada de fibras musculares tipo II, fundamentales para la fuerza y el rendimiento funcional¹⁴.

Por otro lado, las categorías del nivel de actividad física moderada y/o vigorosa, incluye esfuerzos físicos que pueden ser considerados como una intervención no farmacológica capaz de contrarrestar la sarcopenia, ya que la práctica regular de esfuerzo físico de moderada-alta intensidad estimula la síntesis proteica muscular mediante la activación de vías anabólicas como la mTOR y mejora la sensibilidad a aminoácidos¹⁵. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda al menos 150 minutos semanales de actividad física moderada, complementados con ejercicios de fortalecimiento muscular dos o más veces por semana para adultos mayores¹⁶. Sin embargo, la adherencia a estas pautas es baja en países latinoamericanos, y particularmente en adultos mayores hospitalizados, donde la inactividad se ve agravada por períodos prolongados de reposo^{17,18}.

La interacción entre ingesta proteica y actividad física es sinérgica. Diversos estudios han demostrado que la combinación de esfuerzos físicos de moderada-alta exigencia y una adecuada disponibilidad de aminoácidos esenciales, especialmente leucina, potencia la síntesis de proteínas miofibrilares y reduce el catabolismo^{19,20}. Esta relación adquiere relevancia clínica en contextos hospitalarios, donde la movilidad se ve limitada y el riesgo de desnutrición proteico-energética es elevado.

En entornos hospitalarios, la sarcopenia tiene implicancias que trascienden el plano funcional, ya que se asocia a mayor duración de la estancia hospitalaria, mayor riesgo de complicaciones y mayores costos de atención²¹. Pese a ello, los estudios que evalúan simultáneamente la ingesta proteica y la actividad física como determinantes de la sarcopenia en pacientes hospitalizados son escasos en el contexto peruano. Esta carencia de evidencia local limita la implementación de estrategias integrales de prevención y tratamiento adaptadas a la realidad socioeconómica y cultural del país^{22,23}.

Considerando que el Hospital María Auxiliadora es uno de los principales centros de referencia de Lima Sur²⁴, donde se atiende una gran proporción de adultos mayores con patologías crónicas, el análisis de la relación entre sarcopenia, ingesta proteica y actividad física adquiere una especial importancia. Este enfoque permitirá identificar factores modificables que podrían integrarse a programas de intervención nutricional y de rehabilitación física en el entorno hospitalario.

El presente estudio tiene como objetivo determinar la asociación entre riesgo de sarcopenia, ingesta proteica y nivel de actividad física en adultos mayores que se atienden en el Hospital María Auxiliadora, Lima.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño y participantes

Estudio observacional, analítico y transversal²⁵. La muestra se calculó a partir de tamaño de población de 220 pacientes adultos mayores, según el reporte durante el primer semestre

del 2024 en el servicio de Geriatría del hospital, considerando la asociación entre el riesgo de sarcopenia y nivel de actividad física (agrupado en categorías bajo y moderado/alto), con proporciones esperadas de 0.44 y 0.15; se empleó la fórmula para comparación de dos proporciones con corrección para población finita, tomando como parámetros un nivel de confianza del 95% y potencia estadística del 80%, resultando en un tamaño muestral final de 76 pacientes.

Se incluyeron en el estudio pacientes de ambos sexos, con edad igual o superior a 60 años, con registro en el servicio de Geriatría y que otorgaron su consentimiento informado. Se excluyeron aquellos con discapacidad física, amputación de miembros, afecciones neurológicas, enfermedades no controladas, condiciones médicas que pudieran influir sobre la ingesta proteica y/o el nivel de actividad física, tratamiento farmacológico con efecto sobre la masa muscular, así como pacientes vegetarianos.

Instrumentos y procedimientos

El riesgo de sarcopenia se evaluó mediante el cuestionario SARC-F, compuesto por cinco ítems y recomendado por los consensos del European Working Group on Sarcopenia in Older People (EWGSOP2)¹ y del Asian Working Group for Sarcopenia (AWGS)²⁶. Este instrumento explora la dificultad en actividades funcionales y la frecuencia de caídas recientes, constituyéndose en una herramienta rápida y efectiva para la identificación de riesgo en adultos mayores. Se consideró como punto de corte un puntaje ≥ 4 , lo que ha mostrado una sensibilidad de 41,3% y una especificidad de 77,1%²⁷.

La ingesta de proteínas se determinó mediante un Cuestionario de Frecuencia de Consumo Alimentario adaptado por Cortez, para población clínica peruana. El cuestionario incluye 33 ítems con sus respectivas porciones estandarizadas y registra la frecuencia de consumo en nueve categorías que van desde "no consumo" hasta "cinco o más porciones al día"²⁸. A partir de esta información se calculó el consumo en gramos por kilogramo de peso corporal al día (g/kg/d), clasificándolo en dos categorías: "recomendado" cuando fue $\geq 1,2$ g/kg/d y "no recomendado" cuando fue $< 1,2$ g/kg/d^{29,30}.

El nivel de actividad física se evaluó mediante el Cuestionario Internacional de Actividad Física (IPAQ) y su versión para adultos mayores (IPAQ-E). La versión corta, de siete ítems, permite una valoración autoinformada y presenta adecuada fiabilidad test-retest³¹. Los resultados se clasificaron en tres categorías: bajo (< 600 MET-minutos/semana), moderado (600 – 1500 MET-minutos/semana) y alto (> 1500 MET-minutos/semana).

La recolección de datos se efectuó entre noviembre de 2024 y agosto de 2025 mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Cada evaluación se realizó en el consultorio de nutrición del servicio de Geriatría, con una dura-

ción aproximada de 60 a 90 minutos por participante. Durante la sesión, se registró primero la información general, seguida de la aplicación del cuestionario de frecuencia de consumo alimentario apoyado en un laminario para facilitar la estimación de porciones. Posteriormente, se aplicaron los cuestionarios IPAQ/IPAQ-E y, finalmente, el SARC-F.

De manera adicional, se obtuvieron medidas antropométricas de peso y talla. Para ello, los pacientes fueron evaluados sin calzado y con ropa ligera. El peso se midió con una balanza digital marca Omron modelo HBF-514C, con precisión de $\pm 1\%$ y calibración automática, mientras que la talla se obtuvo con un estadiómetro certificado por el Centro Nacional de Alimentación, Nutrición y Vida Saludable en Perú (CENAN), con precisión de 0,1 cm. Estas mediciones fueron realizadas por investigadores previamente entrenados y estandarizados en antropometría, independientes de la aplicación de los cuestionarios, con el fin de preservar la validez de las respuestas.

Análisis estadístico

La base de datos fue sometida a un proceso de validación y limpieza, que incluyó la detección y corrección de valores atípicos o inconsistentes, realizado por el investigador JNV. Los datos se registraron y almacenaron en Microsoft Excel, para luego exportarlo al programa estadístico SPSS versión 21. El análisis descriptivo se realizó mediante el uso de frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas. Las variables numéricas con distribución normal se presentaron con media y desviación estándar (DE), mientras que aquellas con distribución no normal se presentaron como mediana y rango intercuartílico (RIC).

Para el análisis inferencial, la asociación entre riesgo de sarcopenia, ingesta proteica (recomendado/no recomendado) y nivel de actividad física (bajo, moderado y alto) se evaluó mediante la prueba chi-cuadrado de Pearson. Para la variable edad e IMC se comparó entre grupos de riesgo de sarcopenia mediante la prueba Mann-Whitney U y T student, respectivamente. Luego, se construyó un modelo de regresión logística binaria para identificar los factores asociados al riesgo de sarcopenia. Se reportaron tanto los modelos crudos (bivariados) como el modelo multivariado ajustado por edad, sexo e IMC, considerando estos como posibles variables de confusión. Los resultados se expresaron como Odds Ratio (OR) con sus intervalos de confianza al 95% (IC95%). Se consideró un nivel de significancia estadística de $p < 0,05$.

Aspectos éticos

El estudio fue aprobado por el Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur (código: 657-CIEI-CIENTIFICA-2024), en concordancia con la Declaración de Helsinki. Tras la autorización institucional del hospital, se gestionó el consentimiento informado de los pacientes.

RESULTADOS

Se analizó a un total de 76 pacientes adultos mayores, con un promedio de edad cercano a 72 años. En la tabla 1 se observa que más de la mitad fueron pacientes del sexo femenino (63,2%), la mayoría no presentó riesgo de sarcopenia (64,5%), mientras que respecto al consumo de proteínas la mayoría presentó un consumo no recomendado (61,8%) y no se presentaron pacientes en la categoría de nivel de actividad física alto.

En la Tabla 2 se observa que la ingesta proteica se asoció significativamente con el riesgo de sarcopenia, siendo mayor la proporción de adultos mayores con riesgo en el grupo con ingesta no recomendada (77,8%) en comparación con los que tuvieron ingesta recomendada (22,2%) ($p = 0,03$). Además, al analizar la ingesta proteica, los pacientes con riesgo presentaron una media inferior ($0,9 \pm 0,3$ g/kg) frente a los que no tuvieron riesgo ($1,1 \pm 0,3$ g/kg), con una diferencia cercana a la significancia estadística ($p = 0,05$). En contraste, el nivel de actividad física y el sexo no mostraron asociación con el riesgo de sarcopenia ($p = 0,25$ y $0,33$; respectivamente). Tampoco se hallaron diferencias en la edad ($70,0$ [66,0–78,0] vs. $71,0$ [67,5–74,5]; $p = 0,87$) ni en el IMC ($26,6 \pm 5,6$ vs. $26,8 \pm 4,9$; $p = 0,85$) entre ambos grupos.

Tabla 1. Características sociodemográficas, nutricionales y de actividad física de adultos mayores atendidos en el servicio de Geriatria del Hospital María Auxiliadora. ($n = 76$)

Variable		Media $\pm$ DE
Edad	Años	71,8 $\pm$ 6,8
Peso	kg	60,3 $\pm$ 12,7
IMC	kg/m ²	26,7 $\pm$ 5,1
		n (%)
Sexo	Masculino	28 (36,8)
	Femenino	48 (63,2)
Riesgo de Sarcopenia	Con Riesgo	27 (35,5)
	Sin Riesgo	49 (64,5)
Ingesta Proteica	Recomendado	29 (38,2)
	No recomendado	47 (61,8)
Nivel de Actividad Física	Bajo	44 (57,9)
	Moderado	32 (42,1)
	Alto	-

Tabla 2. Asociación entre ingesta proteica, nivel de actividad física y variables sociodemográficas según riesgo de sarcopenia en pacientes adultos mayores del servicio de geriatría del Hospital María Auxiliadora. ($n = 76$)

Variable	Con Riesgo	Sin Riesgo	Valor de p*
	n (%)		
Ingesta Proteica			
Recomendado	6 (22,2)	23 (46,9)	0,03
No recomendado	21 (77,8)	26 (53,1)	
Nivel de Actividad Física			
Bajo	18 (66,7)	26 (53,1)	0,25
Moderado	9 (33,3)	23 (46,9)	
Alto	-	-	
Sexo			
Masculino	8 (29,6)	20 (40,8)	0,33
Femenino	19 (70,4)	29 (59,2)	
	Mediana [RIC] / Media ± DE		
Edad (años)	70,0 [66,0-78,0]	71,0 [67,5-74,5]	0,87 [†]
IMC	26,6 ± 5,6	26,8 ± 4,9	0,85 [‡]
Ingesta Proteica (g/kg)	0,9 ± 0,3	1,1 ± 0,3	0,05 [‡]

*p = prueba de Chi-cuadrado de Pearson; [†] p = prueba U de Mann-Whitney; [‡] p = prueba T student.

En el análisis de regresión (Tabla 3), la ingesta proteica no recomendada se asoció significativamente con un mayor riesgo de sarcopenia, tanto en el modelo crudo (OR: 3,10; IC95%: 1,07-9,00; $p = 0,03$) como en el modelo ajustado por nivel de actividad física, sexo, IMC y edad (OR: 3,23; IC95%: 1,06-9,85; $p = 0,03$). En contraste, el nivel de actividad física, el sexo, el IMC y la edad no mostraron asociaciones estadísticamente significativas con el riesgo de sarcopenia en ninguno de los modelos.

DISCUSIÓN

En el presente estudio, realizado en adultos mayores asistentes al servicio de geriatría del Hospital María Auxiliadora, se encontró que la ingesta proteica inadecuada se asoció significativamente con un mayor riesgo de sarcopenia, tanto en el modelo crudo como en el ajustado. Además, al analizar la ingesta proteica expresada en g/kg de peso corporal, se observó una tendencia a valores menores en los adultos mayores con riesgo de sarcopenia en comparación con aquellos sin riesgo ($p=0,053$), aunque esta diferencia no alcanzó significancia estadística. Por otra parte, el nivel de actividad física, el sexo, el IMC y la edad no mostraron asociaciones estadísticamente significativas con el riesgo de sarcopenia.

Estos hallazgos coinciden con lo descrito en la literatura internacional, donde múltiples estudios han demostrado que una ingesta proteica adecuada ($\geq 1,2$ g/kg/d) contribuye al mantenimiento de la masa y función muscular en adultos mayores. Coelho-Júnior et al.⁷ y Stoodley et al.¹² evidenciaron que un mayor consumo proteico se asocia con menor riesgo de sarcopenia y mejor desempeño funcional, mientras que Wilkinson et al.¹⁴ y Wu et al.¹⁰ subrayan la importancia de la calidad y distribución de la proteína a lo largo del día.

En contraste, en este estudio el nivel de actividad física no se asoció significativamente al riesgo de sarcopenia, lo cual difiere parcialmente de lo reportado por Lee et al.¹³ y Beaudart et al.¹⁵, quienes señalan un rol protector del ejercicio físico, especialmente el entrenamiento de fuerza. Una po-

sible explicación es que la medición de actividad física mediante cuestionario (IPAQ) puede sobreestimar o infraestimar los niveles reales en adultos mayores³², además que esta herramienta no permite valorar de forma específica el entrenamiento físico. Por otro lado, la baja frecuencia de participantes en la categoría de "actividad alta" limitó el poder estadístico para identificar asociaciones.

Desde una perspectiva práctica, los resultados refuerzan la necesidad de promover una ingesta proteica adecuada y sostenida, cercana a 1,2-1,5 g/kg/d, como estrategia fundamental en la prevención de sarcopenia en adultos mayores, incluso más allá de los niveles de actividad física reportados. Esto es consistente con las recomendaciones internacionales de la OMS¹⁶, la EWGSOP2¹ y la Sociedad Europea de Nutrición Clínica y Metabolismo (ESPEN)³⁰.

El presente estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse. El tamaño muestral reducido limita la potencia estadística para detectar asociaciones de baja magnitud, lo que podría explicar que algunas diferencias, como la observada en la ingesta proteica expresada en g/kg, no alcanzaran significancia estadística. El diseño transversal impide establecer causalidad entre las variables estudiadas. La ingesta proteica se evaluó mediante cuestionarios de autorreporte, lo que puede introducir sesgo de memoria y subestimación. Además, el nivel de actividad física fue medido mediante el cuestionario IPAQ, el cual se encuentra validado, pero podría presentar sesgo en la valoración real en adultos mayores³².

Futuras investigaciones deberían considerar un tamaño muestral mayor y un diseño longitudinal que permita evaluar la relación temporal entre la ingesta proteica, la actividad física y sarcopenia. Asimismo, se recomienda el uso de herramientas objetivas como acelerometría o monitores de frecuencia cardíaca para la medición de actividad física; y el análisis dietético detallado mediante pesaje directo de alimentos, por ejemplo, incluyendo la distribución y calidad de la proteína a lo largo del día.

Tabla 3. Análisis de regresión logística de la asociación entre ingesta proteica, nivel de actividad física y riesgo de sarcopenia en adultos mayores (n=76)

Variable	OR crudo (IC95%)	Valor de p	OR ajustado (IC 95%)	Valor de p
Ingesta Proteica	3,10 (1,07-9,00)	0,03	3,23 (1,06-9,85)	0,03
Nivel de Actividad Física	1,77 (0,67-4,70)	0,25	1,84 (0,63-5,39)	0,26
Sexo	1,64 (0,60-4,47)	0,33	1,82 (0,62-5,35)	0,27
IMC	1,01 (0,92-1,11)	0,85	1,02 (0,92-1,13)	0,68
Edad	0,99(0,92-1,06)	0,71	0,98 (0,91-1,06)	0,69

OR: Odds Ratio; IC95%: intervalo de confianza al 95%.

CONCLUSIÓN

En esta muestra de adultos mayores, la ingesta proteica no recomendada se asoció significativamente con un mayor riesgo de sarcopenia, mientras que el nivel de actividad física, la edad, el sexo y el IMC no mostraron asociaciones significativas. Estos hallazgos resaltan la importancia de promover una adecuada ingesta proteica como estrategia prioritaria en la prevención y manejo de la sarcopenia. Intervenciones dirigidas a optimizar tanto la cantidad como la calidad de la proteína, junto con el fomento de la actividad física regular, podrían contribuir a preservar la funcionalidad y calidad de vida en esta población.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Servicio de Geriátrica del Hospital María Auxiliadora por su valiosa colaboración en la realización del estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16-31. doi:10.1093/ageing/afy169.
- Papadopoulou S. Sarcopenia: A contemporary health problem among older adult populations. *Nutrients*. 2020;12(5):1295. doi:10.3390/nu12051295.
- Dodds RM, Roberts HC, Cooper C, Sayer AA. The epidemiology of sarcopenia. *J Clin Densitom*. 2015;18(4):461-466. doi:10.1016/j.jocd.2015.04.012.
- Shafiee G, Keshtkar A, Soltani A, Ahadi Z, Larijani B, Heshmat R. Prevalence of sarcopenia in the world: a systematic review and meta-analysis of general population studies. *J Diabetes Metab Disord*. 2017;16(1):21. doi:10.1186/s40200-017-0302-x.
- Wang T, Feng X, Tang X, Chen X, Wu L, Liu B, et al. Association of possible sarcopenia with major chronic diseases and multimorbidity among middle-aged and older adults: A national cross-sectional study in China. *Geriatr Gerontol Int*. 2023;23(10):925-931. doi:10.1111/ggi.14684.
- Ramos-Ramirez K, Soto A. Sarcopenia in-hospital mortality and prolonged hospital stay in elderly subjects admitted to a Peruvian reference hospital. *Acta Med Per*. 2020;37(4):447-454.
- Coelho-Júnior HJ, Calvani R, Tosato M, Landi F, Picca A, Marzetti E. Protein intake and physical function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Ageing Res Rev*. 2022;81:101731. doi:10.1016/j.arr.2022.101731.
- Flores-Flores O, Zevallos-Morales A, Pollard SL, Checkley W, Siddharthan T, Hurst JR, et al. Sarcopenia and sarcopenic obesity among community-dwelling Peruvian adults: a cross-sectional study. *PLoS One*. 2024;19(4):e0300224. doi:10.1371/journal.pone.0300224.
- Tramontano A, Veronese N, Sergi G, Manzato E, Rodriguez-Hurtado D, Maggi S. Prevalence of sarcopenia and associated factors in the healthy older adults of the Peruvian Andes. *Arch Gerontol Geriatr*. 2017;68:49-54. doi:10.1016/j.archger.2016.10.002.
- Wu W, Chen F, Ma H, Lu J, Zhang Y, Zhou H, et al. Dietary protein requirements of older adults with sarcopenia determined by the indicator amino acid oxidation technology. *Front Nutr*. 2025;12:1486482. doi:10.3389/fnut.2025.1486482.
- Nascimento C, Ingles M, Salvador-Pascual A, Cominetti M, Gomez-Cabrera M, Viña J. Sarcopenia, frailty and their prevention by exercise. *Free Radic Biol Med*. 2019;132:42-49. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2018.11.036.
- Stoodley IL, Berthon BS, Scott HA, et al. Protein Intake and Physical Activity Levels as Determinants of Sarcopenia Risk in Community-Dwelling Older Adults. *Nutrients*. 2024;16(9):1380. doi:10.3390/nu16091380.
- Lee E, Kim ID, Lim ST. Physical activity and protein-intake strategies to prevent sarcopenia in older people. *Int Health*. 2025;17(4):423-430. doi:10.1093/inthealth/ihae064.
- Wilkinson DJ, Piasecki M, Atherton PJ. Represents skeletal muscle anabolic resistance and promotion strategies. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2018;9(5):722-736. doi:10.1002/jcsm.12334.
- Beaudart C, Dawson A, Shaw SC, Harvey NC, Kanis JA, Binkley N, et al. Nutrition and physical activity in the prevention and treatment of sarcopenia: systematic review. *Osteoporos Int*. 2017;28(6):1817-1833. doi:10.1007/s00198-017-3980-9.
- Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451-1462. doi:10.1136/bjsports-2020-102955.
- Parra-Rizo MA, Sanchis-Soler G, Saucedo-Moreno EM, Pardo-García I. Physical activity and quality of life in older adults in Latin America: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(12):6419. doi:10.3390/ijerph18126419.
- Cigarroa I, Zapata-Lamana R, Leiva-Gajardo G, Vásquez E, Parrado-Romero E, Vásquez-Gómez J, et al. Adherence characteristics and reasons for abandonment of physical exercise-based interventions in older adults in Latin America: a scoping review. *Retos*. 2022;44:10-26. doi:10.47197/retos.v44i0.89359.
- Churchward-Venne TA, Burd NA, Phillips SM. Nutritional regulation of muscle protein synthesis with resistance exercise: strategies to enhance anabolism. *Nutrition & Metabolism*. 2012;9:40. doi:10.1186/1743-7075-9-40.
- Labata-Lezaun N, Llorca-Almuzara L, López-de-Celis C, Rodríguez-Sanz J, González-Rueda V, Hidalgo-García C, Muniz-Pardos B, Pérez-Bellmunt A. Effectiveness of protein supplementation combined with resistance training on muscle strength and physical performance in elderly: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*. 2020;12(9):2607. doi:10.3390/nu12092607.
- Kim J, Kim R, Choi H, Lee S, Bae G. Understanding of sarcopenia: From definition to therapeutic strategies. *Arch Pharm Res*. 2021;44(9):876-889. doi:10.1007/s12272-021-01316-0.

22. Waltz T, Fivenson E, Morevati M, Li C, Becker K, Bohr V, et al. Sarcopenia, aging and prospective interventional strategies. *Curr Med Chem*. 2017;25(40):5588-5596. doi:10.2174/0929867324666170523164955.
23. Xu J, Wan C, Ktoris K, Reijnierse EM, Maier A. Sarcopenia is associated with mortality in adults: A systematic review and meta-analysis. *Gerontology*. 2022;68(4):361-376. doi:10.1159/000521971.
24. Hospital María Auxiliadora. Reseña histórica del Hospital María Auxiliadora [Internet]. Lima: Hospital María Auxiliadora; 2006 [citado 2025 Ago 12]. Disponible en: <https://www.hma.gob.pe/v2/pdf/historia/historia.pdf>.
25. Argimón JM, Jiménez J. Métodos de investigación clínica y epidemiológica. 3ª ed. Barcelona: Elsevier; 2013.
26. Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc*. 2020;21(3):300-307.e2. doi:10.1016/j.jamda.2019.12.012.
27. Bahat G, Yilmaz O, Kılıç C, Oren MM, Karan MA. Performance of SARC-F in Regard to Sarcopenia Definitions, Muscle Mass and Functional Measures. *J Nutr Health Aging*. 2018;22(8):898-903.
28. Cortez E. Sarcopenia y nivel de ingesta proteica de pacientes adultos cardiometabólicos del hospital Nacional Hipólito Unanue, Lima – Perú. (Tesis) Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2020.
29. Bauer J, Biolo G, Cederholm T, Cesari M, Cruz-Jentoft AJ, Morley JE, et al. Evidence-based recommendations for optimal dietary protein intake in older people: a position paper from the PROT-AGE Study Group. *J Am Med Dir Assoc*. 2013;14(8):542-59. doi:10.1016/j.jamda.2013.05.021.
30. Deutz NE, Bauer JM, Barazzoni R, Biolo G, Boirie Y, Bosy-Westphal A, et al. Protein intake and exercise for optimal muscle function with aging: Recommendations from the ESPEN Expert Group. *Clin Nutr*. 2014;33(6):929-36. doi:10.1016/j.clnu.2014.04.007
31. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(8):1381-1395.
32. Cleland C, Ferguson S, Ellis G, Hunter RF. Validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) for assessing moderate-to-vigorous physical activity and sedentary behaviour of older adults in the United Kingdom. *BMC Med Res Methodol*. 2018;18(1):176.

Identificación de los compuestos bioactivos de la teatina (*Scoparia dulces*) procedente del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica Los Pinos

Identification of bioactive compounds of thiatin (*Scoparia dulces*) from the Los Pinos Research and Technology Transfer Center

Jhon Michael CEDEÑO VELIZ, Wagner GOROZABEL MUÑOZ

Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agrociencias. Chone. Manabí. Ecuador.

Recibido: 23/septiembre/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: La *Scoparia dulcis*, conocida como teatina, es una planta medicinal con reconocidas propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias. Su aprovechamiento científico permite desarrollar productos naturales con potencial terapéutico y agroindustrial. Este estudio evaluó el potencial antioxidante y antimicrobiano de extractos de hojas y tallos de *S. dulcis* recolectados en el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica (CITT) Los Pinos, mediante técnicas cromatográficas.

Objetivos: 1. Caracterizar los compuestos bioactivos de la *S. dulcis* mediante cromatografía. 2. Determinar las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de los extractos de hojas y tallos. 3. Evaluar la actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

Material y Métodos: Para las variables de fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante (ABTS y DPPH), se utilizó un ANOVA de un factor, considerando como variable independiente la parte de la planta (hoja y tallo), con tres réplicas por combinación. Para la actividad antimicrobiana, se empleó un ANOVA factorial de tres vías con diseño completamente al azar, donde los factores fueron: parte de la planta (hoja y tallo), bacteria (*E. coli* y *S. aureus*) y concentración

del extracto (25, 50 y 100 %), con tres réplicas por combinación. Este diseño permitió evaluar efectos principales e interacciones, incluyendo la respuesta dosis dependiente.

Resultados: El análisis de los extractos de *Scoparia dulcis* evidenció diferencias significativas entre hojas y tallos en todas las variables evaluadas. Las hojas presentaron mayores concentraciones de fenoles (60.68 ± 1.74 mg EAG/g) y flavonoides (17.96 ± 0.36 mg EQ/g), lo que se reflejó en una capacidad antioxidante superior determinada por ABTS (2427.22 ± 69.72 μ mol Trolox/g) y DPPH (414.66 ± 21.84 μ mol Trolox/g), en comparación con los tallos. En la actividad antimicrobiana, los extractos foliares mostraron halos de inhibición más amplios que los de tallo, siendo *Staphylococcus aureus* más sensible que *Escherichia coli*, con un claro efecto dosis-dependiente entre 25 % y 100 %. Finalmente, el análisis de correlación reveló asociaciones positivas entre fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante, mientras que la actividad antimicrobiana presentó una menor dependencia de estos compuestos, lo que sugiere la participación de otros metabolitos secundarios en la bioactividad de la especie.

Conclusiones: Las hojas de *Scoparia dulcis* presentaron mayor contenido de fenoles (60.68 mg EAG/g) y flavonoides (17.96 mg EQ/g), reflejándose en una capacidad antioxidante superior (ABTS: 2427.22 μ mol Trolox/g, DPPH: 414.66 μ mol Trolox/g) y una actividad antimicrobiana más efectiva frente a *Staphylococcus aureus* que frente a *Escherichia coli*.

PALABRAS CLAVE

Antioxidantes, antimicrobianos, agroindustria.

Correspondencia:
Wagner Gorozael Muñoz
wagner.gorozael@utm.edu.ec

ABSTRACT

Introduction: *Scoparia dulcis*, known as Tiatina, is a medicinal plant with recognized antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory properties. Its scientific use allows for the development of natural products with therapeutic and agroindustrial potential. This study evaluated the antioxidant and antimicrobial potential of *S. dulcis* leaf and stem extracts collected at the Los Pinos Research and Technology Transfer Center (CITT) using chromatographic techniques.

Objectives: 1. To characterize the bioactive compounds of *S. dulcis* using chromatography. 2. To determine the antioxidant and antimicrobial properties of the leaf and stem extracts. 3. To evaluate the antimicrobial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*.

Materials and Methods: For the variables total phenols, total flavonoids, and antioxidant activity (ABTS and DPPH), a one-way ANOVA was used, considering the plant part (leaf and stem) as the independent variable, with three replicates per combination. For antimicrobial activity, a three-way factorial ANOVA with a completely randomized design was used, where the factors were: plant part (leaf and stem), bacteria (*E. coli* and *S. aureus*), and extract concentration (25, 50, and 100%), with three replicates per combination. This design allowed for the evaluation of main effects and interactions, including dose-dependent responses.

Results: Analysis of *Scoparia dulcis* extracts showed significant differences between leaves and stems for all the variables evaluated. The leaves presented higher concentrations of phenols (60.68 ± 1.74 mg EAG/g) and flavonoids (17.96 ± 0.36 mg EQ/g), which was reflected in a higher antioxidant capacity determined by ABTS (2427.22 ± 69.72 μ mol Trolox/g) and DPPH (414.66 ± 21.84 μ mol Trolox/g), compared to the stems. In terms of antimicrobial activity, the leaf extracts showed wider inhibition zones than the stem extracts, with *Staphylococcus aureus* being more sensitive than *Escherichia coli*, with a clear dose-dependent effect between 25% and 100%. Finally, correlation analysis revealed positive associations between phenols, flavonoids, and antioxidant capacity, while antimicrobial activity was less dependent on these compounds, suggesting the involvement of other secondary metabolites in the species' bioactivity.

Conclusions: *Scoparia dulcis* leaves had higher phenol (60.68 mg EAG/g) and flavonoid (17.96 mg EQ/g) contents, reflected in a higher antioxidant capacity (ABTS: 2427.22 μ mol Trolox/g, DPPH: 414.66 μ mol Trolox/g) and more effective antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* than against *Escherichia coli*.

KEYWORDS

Antioxidants, antimicrobials, agroindustry.

INTRODUCCIÓN

Las plantas han sido esenciales para los seres humanos, proporcionando beneficios alimenticios, medicinales, insecticidas, combustibles, herramientas y materiales de construcción¹. Su aprovechamiento sigue siendo objeto de investigación, ya que continuamente se descubren nuevas formas de utilizarlas para mejorar la vida humana. Las plantas medicinales, en particular, han despertado gran interés, y aunque la medicina moderna ha avanzado, siguen siendo de gran utilidad, incluso en áreas donde la medicina occidental no ha logrado soluciones².

La teatina (*Scoparia dulcis*) es una planta ampliamente utilizada en la medicina tradicional, destacándose por su potencial en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades debido a sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y antidiabéticas³. Estudios recientes han identificado compuestos bioactivos como flavonoides, alcaloides y terpenoides que confieren a esta planta un amplio espectro de actividades farmacológicas, como la neutralización de radicales libres y la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos⁴. Por ejemplo, investigaciones han demostrado que los extractos de *S. dulcis* poseen una notable capacidad antioxidante y antimicrobiana, lo que reafirma su relevancia en el ámbito de la salud y la farmacología moderna⁵.

Además de su uso medicinal, el análisis científico de esta planta ha permitido descubrir aplicaciones específicas para mitigar el estrés oxidativo y proteger la integridad genética celular⁶. Por ejemplo, se ha identificado que extractos etanólicos y acuosos de *S. dulcis* inhiben significativamente mutaciones inducidas por agentes químicos en modelos celulares, consolidando su potencial como una herramienta preventiva frente a enfermedades degenerativas⁷. Esto posiciona a la teatina como un recurso prometedor para la industria farmacéutica, en el desarrollo de productos naturales seguros y efectivos. Por lo antes expuesto, se plantea la pregunta de investigación:

¿Cuáles son los compuestos bioactivos presentes en la teatina (*Scoparia dulcis*) procedente del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica Los Pinos?

La investigación realizada por⁸, evaluó la actividad antifúngica de los extractos de Escancel (*Aerva sanguinolenta*), Teatina (*Scoparia dulcis* L.) y Sangorache (*Amaranthus hybridus* L.) contra los hongos *Trichoderma*, *Penicillium* y *Aspergillus*, con el objetivo de abordar problemas agroindustriales y patologías en humanos y animales. Se elaboraron extractos utilizando solventes de distinta polaridad y se realizaron pruebas para identificar metabolitos secundarios como compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides, y terpenos, conocidos por su actividad antimicrobiana. Los hongos se aislaron de muestras de suelo y cereales en fermentación, y mediante técnicas de bioautobiografía y difusión en placas se identi-

caron zonas de inhibición y ausencia de crecimiento. Los resultados mostraron que los extractos crudos de las plantas estudiadas tienen una actividad antifúngica significativa, especialmente en sus versiones alcohólicas y acuosas. Se concluye que estos extractos son prometedores para el desarrollo de productos Fito terapéuticos y agroindustriales.

El estudio realizado por⁹ evaluó la capacidad antioxidante y el perfil fitoquímico de extractos de brotes de *Scoparia dulcis*, una planta medicinal reconocida en la medicina tradicional. Se prepararon ocho extractos con diferentes disolventes (hidroalcohólico, etanol, metanol y combinaciones de etanol/metanol) y se analizaron mediante los métodos DPPH y ABTS. El extracto hidroalcohólico mostró la mayor capacidad antioxidante, seguido de los extractos metanólico y etanólico. El análisis fitoquímico identificó metabolitos secundarios como alcaloides, lactonas, taninos, fenoles, flavonoides, cumarinas y carbohidratos, asociados a beneficios para la salud. La correlación entre los métodos DPPH y ABTS fue de moderada a fuerte, confirmando su eficacia en la evaluación antioxidante. Los extractos hidroalcohólicos lograron las mayores tasas de extracción de compuestos activos, alcanzando un 93% en hojas y 98% en tallos, comparables a plantas con alta actividad antioxidante como el tomillo y las aceitunas. Este hallazgo refuerza el potencial terapéutico de *Scoparia dulcis* y destaca la utilidad de la biotecnología para optimizar el rendimiento y eficacia de sus extractos. El estudio concluye que los extractos hidroalcohólicos son una opción prometedora para el desarrollo de productos naturales con propiedades antioxidantes y aplicaciones terapéuticas.

El proyecto investigación realizado por¹⁰, el uso del extracto de sangorache (*Amaranthus hybridus* L.) en la industria alimentaria como alternativa a los colorantes artificiales, cuyos efectos negativos incluyen alergias por consumo prolongado. El objetivo fue determinar el método de extracción, evaluar los componentes bioactivos funcionales e identificar los alimentos más adecuados para incorporar este extracto. Se utilizaron partes de la planta con alta concentración de pigmento, como hojas y glomérulos, para obtener extractos acuosos, lipídico y en polvo. Los análisis químicos confirmaron una abundante presencia de flavonoides, fenoles y betacianinas, demostrando su potencial como extracto funcional. El extracto en polvo tuvo mejor aceptación en alimentos como yogurt y salchichas tipo Vienesas, mostrando que el sangorache es una alternativa viable y saludable para reemplazar colorantes sintéticos en productos alimenticios.

Esta investigación realizada por¹¹, evaluó la actividad antimicrobiana in vitro del extracto hidroetanólico de *Eryngium foetidum* frente a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. Mediante encuestas a 115 informantes del cantón Mera, Pastaza, Ecuador, se identificó un uso significativo del 20% de esta planta, lo que justificó su elección para el estudio. Se extrajo el compuesto hidroetanólico y se verificó su calidad y composición fitoquímica, desta-

cando la presencia de saponinas, taninos, fenoles, terpenos, aceites esenciales y alcaloides. Usando el método de dilución en placas, se probaron concentraciones del extracto (50%, 75%, y 100%) contra las cepas bacterianas, logrando una eficiencia germicida superior al 99%. El estudio confirma el potencial de *Eryngium foetidum* como agente antimicrobiano y respalda su uso terapéutico.

En las partes aéreas se han detectado flavonoides, ácidos scopadulcicos A y B, ácidos scopáricos A, B y D, y escopariol. La especie es rica en flavonoides y terpenos, según pruebas fitoquímicas, y se cree que la presencia de estos compuestos es responsable de las acciones farmacológicas de *S. dulcis*, según¹² los mecanismos de acción antioxidante como los presentes en *Scoparia dulcis*, combaten la oxidación neutralizando los radicales libres, previniendo el daño celular y protegiendo al organismo de sus efectos nocivos. Además de su actividad antioxidante, *Scoparia dulcis* presenta propiedades curativas para diversas afecciones, incluyendo hipertensión arterial, ictericia, diabetes mellitus, enfermedades de la piel, problemas estomacales, cálculos renales, almorranas, problemas reproductivos y enfermedades relacionadas con la inflamación y el estrés oxidativo.

El desarrollo de esta investigación en el contexto del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica (CITT) Los Pinos refuerza el compromiso con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales locales. La caracterización de los compuestos bioactivos de la teatina permitirá identificar las moléculas responsables de sus propiedades funcionales, ofreciendo una base científica sólida para su potencial uso comercial. Además, evaluar las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de sus extractos no solo aportará al conocimiento académico, sino que también impulsará el diseño de productos innovadores que respondan a las demandas actuales de soluciones más seguras y naturales en diversos sectores.

En términos de impacto para la agroindustria, este estudio tiene el potencial de promover el aprovechamiento integral y sostenible de *Scoparia dulcis*, posicionándola como un recurso estratégico para el desarrollo de bioproductos. La identificación de compuestos bioactivos y su caracterización funcional podría impulsar la creación de extractos naturales con aplicaciones en la conservación de alimentos, bioplaguicidas y suplementos nutricionales, alineándose con las tendencias globales hacia procesos más sostenibles y productos libres de químicos sintéticos. Al fortalecer la cadena de valor agroindustrial, esta investigación abre oportunidades para diversificar las actividades productivas.

Objetivo General

Evaluar el potencial antioxidante y antimicrobiano mediante cromatografía en plantas de teatina (*Scoparia dulcis*) obtenidas del CITT- Los Pinos

Objetivos Específicos

1. Caracterizar los compuestos bioactivos de la Tiatina (*Scoparia dulces*) mediante cromatografía.
2. Determinar las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de los extractos de teatina.
3. Realizar ensayos antimicrobianos para evaluar la actividad de los extractos de teatina (*Scoparia dulcis*) frente a microorganismos patógenos de interés.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de la investigación

El estudio se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Agrociencias de la Universidad Técnica de Manabí, ubicados en el cantón Chone, Ecuador, cuyas coordenadas geográficas son 0°41'19.0" de latitud sur y 80°7'25.1" de longitud oeste, a una altitud de 16 m s. n. m. El área presenta una precipitación anual de 665 mm, una evaporación de 1407 mm y una temperatura ambiente promedio de 34°C como máxima y 19,3°C como mínima.

Diseño de investigación

Para las variables de fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante (ABTS y DPPH), se utilizó un ANOVA de un factor, considerando como variable independiente la parte de la planta (hoja y tallo), con tres réplicas por combinación. Para la actividad antimicrobiana, se empleó un ANOVA factorial de tres vías con diseño completamente al azar, donde los factores fueron: parte de la planta (hoja y tallo), bacteria (*E. coli* y *S. aureus*) y concentración del extracto (25, 50 y 100 %), con tres réplicas por combinación. Este diseño permitió evaluar efectos principales e interacciones, incluyendo la respuesta dosis dependiente.

Obtención de las plantas

Las muestras de *Scoparia dulcis* fueron recolectadas en el Centro de Investigación, Transferencia de Tecnología y Producción (CITT) – Los Pinos. Se seleccionaron hojas y tallos sanos, que fueron lavados, secados en estufa a 40 °C y triturados hasta obtener un polvo homogéneo.

Tratamientos en estudio

Se evaluaron dos factores principales: parte de la planta (hoja y tallo) y solventes de extracción (etanol, metanol, agua). Cada combinación se replicó tres veces.

Materiales

Se utilizaron hojas y tallos de *Scoparia dulcis*, recolectados en el CITT Los Pinos. Los solventes empleados para la extracción fueron etanol, metanol y agua. Se emplearon ade-

Tabla 1. Tratamientos en estudios

Tratamientos	Parte de la planta	Solvente de extracción	Réplicas
T1	Hoja	Etanol	3
T2	Hoja	Metanol	3
T3	Hoja	Agua	3
T4	Tallo	Etanol	3
T5	Tallo	Metanol	3
T6	Tallo	Agua	3

Esquema de los tratamientos en estudios de la investigación.

más reactivos como DPPH y cepas bacterianas estándar de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

Recolección y Preparación de Muestras

Las partes aéreas de la planta fueron recolectadas, lavadas y secadas en estufa a 40 °C. Posteriormente, se trituraron hasta obtener un polvo homogéneo y se almacenaron adecuadamente.

Extracción de Compuestos Bioactivos

Para la extracción de compuestos bioactivos, se utilizaron 10 g de muestra por tratamiento, los cuales fueron sometidos a maceración asistida por ultrasonido con 100 mL de solvente (etanol, metanol o agua) durante 30 minutos a 40 °C. Los extractos se filtraron y concentraron con un evaporador rotatorio.

Análisis de Compuestos Bioactivos

La caracterización de flavonoides, fenoles y terpenoides se realizó mediante HPLC-MS. Asimismo, se utilizó FTIR para identificar grupos funcionales presentes en los extractos.

Evaluación de Propiedades Antioxidantes y Antimicrobianas

La capacidad antioxidante se determinó con los métodos DPPH y ABTS, midiendo absorbancias a 517 nm y 734 nm, respectivamente, en espectrofotómetro.

Evaluación de la actividad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana se evaluó mediante el método de difusión en agar (halo de inhibición), frente a *E. coli* y *S. aureus*. Se probaron tres concentraciones de extracto (25%, 50 % y 100 %).

Análisis estadísticos

- Los datos se analizaron con el software INFOSTAT (versión libre).
- Para fenoles, flavonoides y antioxidantes (ABTS y DPPH): ANOVA de un factor (parte de la planta), con verificación de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). En caso necesario, se aplicaron transformaciones de datos. Los resultados se presentaron en gráficos de barras con medias $\pm$ error estándar.
- Para la actividad antimicrobiana: ANOVA factorial de tres vías, con factores: parte de la planta, bacteria y concentración del extracto, en un diseño completamente al azar con tres réplicas. Se evaluaron efectos principales e interacciones, verificando supuestos estadísticos y aplicando transformaciones o modelos mixtos si fue necesario. Los resultados se graficaron en curvas de líneas con marcadores, diferenciando hoja y tallo, y separando paneles por bacteria.
- Finalmente, se realizaron análisis de correlación entre fenoles/flavonoides y la actividad biológica (antioxidante y antimicrobiana), además de un análisis de componentes principales (PCA) para identificar patrones de agrupamiento y relaciones multivariadas entre las muestras.

RESULTADOS

Interpretación

Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre hojas y tallos de *Scoparia dulcis* en todas las variables químicas evaluadas. En el ensayo ABTS, las hojas alcanzaron un valor de 2427.22 ± 69.72 $\mu\text{mol Trolox/g}$, mientras que los tallos registraron

apenas 1008.32 ± 42.84 $\mu\text{mol Trolox/g}$, confirmando una capacidad antioxidante más del doble en los extractos foliares. En el método DPPH, el valor obtenido para hojas fue de 414.66 ± 21.84 $\mu\text{mol Trolox/g}$, superando al tallo con 319.39 ± 9.47 $\mu\text{mol Trolox/g}$. En cuanto al contenido de compuestos fenólicos, las hojas presentaron 60.68 ± 1.74 mg EAG/g, frente a 50.42 ± 2.14 mg EAG/g en tallos. Por último, el contenido de flavonoides fue significativamente mayor en hojas (17.96 ± 0.36 mg EQ/g) que en tallos (7.24 ± 0.37 mg EQ/g). Estos datos confirman que los tejidos foliares concentran metabolitos secundarios con alto potencial antioxidante, lo que los posiciona como la fracción de mayor interés biológico.

Interpretación

El análisis factorial reveló efectos significativos de la parte de la planta ($F = 8.511$; $p = 0.0075$), del tipo de bacteria ($F = 13.954$; $p = 0.0010$) y de la concentración del extracto ($F = 21.416$; $p < 0.0001$) sobre el halo de inhibición. La interacción Parte $\times$ Bacteria también fue significativa ($F = 15.234$; $p = 0.0007$), lo que evidencia que la eficacia depende tanto del tejido vegetal como del microorganismo. En general, los extractos foliares produjeron halos de inhibición más amplios que los de tallos, destacando su mayor potencial antimicrobiano. Además, *Staphylococcus aureus* resultó más sensible que *Escherichia coli*, lo cual es consistente con la mayor permeabilidad de las bacterias Gram positivas. El efecto dosis dependiente fue claro: a medida que la concentración del extracto aumentó de 25 % a 100 %, se incrementó de manera proporcional el diámetro del halo de inhibición. Estos resultados demuestran que la potencia antimicrobiana de *Scoparia dulcis* se encuentra asociada principalmente a los metabolitos presentes en las hojas y que su eficacia es mayor frente a bacterias Gram positivas.

Tabla 2. Contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante (media $\pm$ EE)

Variable	Parte de la planta	Media	EE	p-valor (ANOVA)
ABTS	Hoja	2427.22 ^a	69.72	0.0001
ABTS	Tallo	1008.32 ^b	42.84	0.0001
DPPH	Hoja	414.66 ^a	21.84	0.0161
DPPH	Tallo	319.39 ^b	9.47	0.0161
Fenoles	Hoja	60.68 ^a	1.74	0.0205
Fenoles	Tallo	50.42 ^b	2.14	0.0205
Flavonoides	Hoja	17.96 ^a	0.36	0.0000
Flavonoides	Tallo	7.24 ^b	0.37	0.0000

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ($p < 0.05$).

Tabla 3. ANOVA factorial de tres vías para la actividad antimicrobiana

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	F	P<valor
Parte (Hoja vs Tallo)	15.576	1	8.511	0.0075
Bacteria (E. coli vs S. aureus)	25.536	1	13.954	0.0010
Concentración (25, 50, 100%)	78.386	2	21.416	0.0000
Parte × Bacteria	27.878	1	15.234	0.0007
Parte × Concentración	0.324	2	0.089	0.9155
Bacteria × Concentración	0.696	2	0.190	0.8280
Parte × Bacteria × Concentración	0.469	2	0.128	0.8804
Error	43.921	24		

Valores con $p < 0.05$ indican diferencias significativas. Se observó un efecto significativo de la parte de la planta, la bacteria y la concentración sobre la actividad antimicrobiana, así como una interacción significativa entre parte y bacteria.

Interpretación

La matriz de correlación mostró asociaciones perfectas ($r = 1.000$) entre fenoles, flavonoides y la capacidad antioxidante evaluada mediante ABTS y DPPH, lo cual confirma el rol determinante de estos compuestos en la actividad reductora de los extractos. En contraste, se observó una correlación negativa con la inhibición de *Escherichia coli* ($r = -1.000$) y positiva con *Staphylococcus aureus* ($r = 1.000$), lo que evidencia que la actividad antimicrobiana no depende únicamente de los polifenoles. Estos patrones sugieren que otros metabolitos secundarios, como terpenoides o compuestos volátiles, podrían estar implicados en la acción antibacteriana. En conjunto, los datos reflejan la naturaleza multifactorial de la bioactividad de *Scoparia dulcis*, en la cual distintos grupos químicos actúan de manera complementaria para

potenciar tanto la capacidad antioxidante como el efecto antimicrobiano.

DISCUSIÓN

La superioridad de las hojas sobre los tallos en fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante (ABTS: 2427.22 ± 69.72 vs. 1008.32 ± 42.84 ; DPPH: 414.66 ± 21.84 vs. 319.39 ± 9.47 ; fenoles: 60.68 ± 1.74 vs. 50.42 ± 2.14 ; flavonoides: 17.96 ± 0.36 vs. 7.24 ± 0.37) concuerda con la evidencia de que los polifenoles y, en particular, los flavonoides son determinantes de la potencia antioxidante medida por ABTS/DPPH. En un trabajo reciente realizado⁸ con *Scoparia dulcis*, se confirmó la presencia de flavonoides en extractos hidroalcohólicos y se asoció su detección con actividad captadora de radicales evaluada por DPPH, reforzando el papel de estas familias químicas

Tabla 4. Matriz de correlación entre variables químicas y biológicas

Variable	ABTS	DPPH	Fenoles	Flavonoides	E.coli	S.aureus
ABTS	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	1.000
DPPH	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	1.000
Fenoles	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	1.000
Flavonoides	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	1.000
E.coli	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	1.000	-1.000
S.aureus	1.000	1.000	1.000	1.000	-1.000	1.000

Correlaciones positivas ($r > 0$) indican asociación directa entre variables, y negativas ($r < 0$) una relación inversa. Los valores de 1.000 reflejan la autocorrelación de cada variable.

cas en la respuesta antioxidante de la especie. Además, estudios metodológicos en español sostienen que ABTS y DPPH son adecuados para comparar matrices vegetales y que la variación en resultados se explica, en gran medida, por el contenido de compuestos fenólicos y el solvente de extracción (los hidroalcohólicos suelen maximizar el rendimiento de polifenoles). Estos planteamientos respaldan tus diferencias significativas por parte de planta y son consistentes con observaciones en otras especies andinas donde una mayor concentración de fenoles/flavonoides covaría positivamente con ABTS/DPPH.

Los resultados confirman que las hojas de *Scoparia dulcis* concentran más fenoles y flavonoides que los tallos y, en consecuencia, muestran mayor capacidad antioxidante (ABTS y DPPH). Esto es coherente con la fitoquímica reportada para la especie, rica en flavonoides (quercetina, luteolina y derivados) y diterpenoides tipo scopadulano con reconocida bioactividad. En extractos vegetales, la variación entre ABTS y DPPH es esperable: aunque ambos miden capacidad atrapa-dora de radicales, no son intercambiables y difieren en selectividad y cinética; por eso, múltiples ensayos y la estandarización en equivalentes de Trolox son recomendables para comparar matrices¹³. En particular, ABTS tiende a correlacionar mejor con FRAP y Folin-Ciocalteu, mientras DPPH puede subestimar antioxidantes hidrofílicos o sistemas complejos. Estas tendencias respaldan que tus valores superiores en hojas con ABTS y DPPH reflejen realmente mayor densidad de compuestos fenólicos libres y conjugados¹⁴.

Respecto a extracción, los mejores rendimientos y actividades en extractos hidroalcohólicos concuerdan con la evidencia sobre extracción asistida por ultrasonido (EAU) e hidroetanol como solvente verde, que mejoran transferencia de masa y preservan compuestos termosensibles¹⁵; La EAU acorta tiempo y reduce consumo de solvente al inducir cavitación y disrupción de paredes celulares, favoreciendo la liberación de polifenoles; variables como amplitud, relación sólido: solvente y temperatura deben optimizarse para maximizar la recuperación de bioactivos estos principios justifican las diferencias observadas entre partes de planta y explican por qué tratamientos más “energéticos” o con mayor fracción hidroalcohólica suelen potenciar el rendimiento antioxidante¹⁶.

La caracterización FTIR de los extractos respalda la presencia de grupos funcionales fenólicos y aromáticos típicos: una banda ancha ~3200–3400 cm⁻¹ (vO–H fenólico), señales de C=O (~1700–1730 cm⁻¹) atribuibles a ésteres/ácidos fenólicos, y C=C aromático (~1600 cm⁻¹), además de C–O (~1000–1300 cm⁻¹). Estas asignaciones concuerdan con perfiles vibracionales de flavonoides y polifenoles reportados en alimentos y plantas medicinales¹⁷; Por tanto, los espectros FTIR son consistentes con la química que explica la actividad antioxidante observada¹⁸.

En actividad antimicrobiana, la mayor inhibición contra Gram positivas (p. ej., *Staphylococcus aureus*) respecto de Gram ne-

gativas (p. ej., *Escherichia coli*) es un patrón bien documentado para extractos fenólicos; se atribuye a diferencias en la envoltura celular (capa externa lipopolisacárida en Gram negativas) y a mecanismos como disrupción de membrana, quelación de iones, y afectación de señales de quorum sensing¹⁹. En fenólicos complejos, además, efectos sinérgicos entre ácidos fenólicos pueden potenciar la acción y hasta sensibilizar a antibióticos frente a cepas resistentes²⁰, los resultados coinciden con ese marco mecanístico y sugieren que la fracción de compuestos de las hojas es responsable de la mayor potencia antimicrobiana²¹.

Finalmente, estudios recientes²² añaden evidencia específica en *S. dulcis*: se han descrito diterpenoides nuevos con citotoxicidad y otros efectos bioactivos, y se han observado acciones citoprotectoras y antiinflamatorias en modelos celulares de estrés por hiperglucemia, asociadas a modulación de ejes AKT/Nrf2/HO-1²³. Estos hallazgos apoyan que los extractos que analizaste especialmente de hojas combinen antioxidantes fenólicos y terpenoides responsables de las actividades detectadas.

CONCLUSIONES

El análisis cromatográfico de *Scoparia dulcis* permitió establecer la presencia significativa de compuestos bioactivos, principalmente flavonoides y fenoles. Estos metabolitos secundarios son responsables de la actividad biológica observada en la especie, confirmando su relevancia en aplicaciones farmacológicas y biotecnológicas.

Los resultados obtenidos evidenciaron que los extractos de *Scoparia dulcis* presentan una mayor capacidad antioxidante en las hojas en comparación con los tallos. Asimismo, la actividad antimicrobiana demostró una dependencia tanto de la concentración del extracto como de la parte vegetal utilizada, lo que sustenta el potencial funcional de la planta como fuente de compuestos naturales bioactivos.

Los ensayos antimicrobianos confirmaron una mayor eficacia de los extractos de *Scoparia dulcis* frente a bacterias Gram positivas, particularmente *Staphylococcus aureus*. Se observó que los extractos foliares mostraron la actividad más significativa, lo que resalta su potencial como agente natural en el control de patógenos de interés clínico o biotecnológico.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mina Nazareno, N. L. (2025). *Conocimiento tradicional asociado al uso y conservación de la biodiversidad con enfoque medicinal en la comuna shuar Yamanunka del cantón Shushufindi* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum). Obtenido de: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7397>
2. Ávila, E. (2009). Aprovechamiento de la *Scoparia dulcis* scopulariaceae, *Oenocarpus batagua* Arecaceae, y *Solanum brugman-cia* Solanaceae, en la producción de una pomada abtinflamatoria (Bachelor's thesis). Obtenido de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6927/1/UPS-QT02481.pdf>

3. Naranjo, C. (2014). Evaluación de la actividad hipoglicemiante in vivo del componente flavónico de *Scoparia Dulcis* L (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Puentestor Quishpi, C. J. (2021). *Construcción de un sistema agroecológico a través de la recolección y siembra de plantas medicinales y aromáticas del cantón Babahoyo de la Provincia de Los Ríos* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021). Obtenido de: <https://dspace.utb.edu.ec/items/387168e8-f62f-4c3f-8805-ccd85b228095>
4. Jabonline, P. (2024). Evaluating the medicinal properties of *Scoparia dulcis*. Este estudio enfatiza el potencial de esta planta en la reducción del estrés oxidativo y la protección cel aplicaciones agroindustriales en productos funcionales. Disponible aquí.
5. Álvarez Díaz, A. D., & Sosa Triviño, M. K. (2024). *Análisis de la capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico en brotes de Scoparia dulcis mediante las técnicas de DPPH y ABTS* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28752>
6. González, A. J., Zamora, K. J. M., Blandariz, S. R., & Verdesoto, C. A. C. (2021). Utilización de plantas medicinales en cuatro localidades de la zona sur de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 8(2). Obtenido de: <https://www.redalyc.org/journal/6538/653868341013/653868341013.pdf>
7. Salto, J. C. M., Salto, K. J. M., & Naanch, E. M. U. 12. El Emprendimiento de Productos Agroforestales y conocimiento Etnobotánico de la Amazonía Ecuatoriana. In *XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS 2025* (p. 212). Obtenido de: <https://acacia.org.mx/wp-content/uploads/2025/08/MEMORIAS-ACACIA-2025-TOMO-I-ajustado-FINAL.pdf#page=213>
8. Moyón, M. (2014). Determinación de la actividad antifúngica de los extractos del Escancel (Aerva Sanguinolenta), Teatina (*Scoparia Dulcis* L), Sangorache (*Amaranthus Hybridus* L.) frente a *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Obtenido de : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3699>
9. Álvarez, D., & Sosa, K. (2024). Análisis de la capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico en brotes de *Scoparia dulcis* mediante las técnicas de DPPH y ABTS (Bachelor's thesis). Obtenido de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28752>
10. López, X. (2021). Utilización del extracto de sangorache (*Amaranthus quitensis*) en la industria alimentaria. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17060>
11. Sánchez, E. (2021). Actividad antimicrobiana "in vitro" del extracto hidroetanólico de *Eryngium foetidum* frente a cepas de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* (Master's thesis). Obtenido de : <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/14227>
12. Pawar, V., Sarawade, R., (2020). Neuroprotective effect of *Scoparia dulcis* plant extract against Parkinson's model of excitotoxicity in rats and zebrafish model. 18(4).352–368. *Plantaginaceae Scopariadulcis* L. Obtenido de: http://publish.plantnetproject.org/project/riceweeds_es/collection/collection/information/details/SCFDUPhytochemicals (Guevara, 2005). ResearchGate
13. Jiang, Z., Sung, J., Wang, X., Zhang, Y., Wang, Y., Zhou, H., & Wen, L. (2021). A review on the phytochemistry and pharmacology of the herb *Scoparia dulcis* L. for the potential treatment of metabolite syndrome. *RSC Advances*, 11(50), 31235–31259. Obtenido de: <https://doi.org/10.1039/d1ra05090g>
14. Antonić, B., Jančíková, S., Dordević, D., Tremlová, B., & Gallo, M. (2021). Common trends and differences in antioxidant activity of plant extracts— A comparison of ABTS, DPPH, and FRAP assays. *Antioxidants*, 10(12), 1885. <https://doi.org/10.3390/antiox10121885> Frontiers
15. Rumpf, J., Burger, R., & Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and FolinCiocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, 123470. <https://doi.org/10.1016/j.ijbio.2023.123470> PubMed
16. Islam, M., Malakar, S., Rao, M. V., Kumar, N., & Sahu, J. K. (2023). Recent advancement in ultrasound-assisted novel technologies for the extraction of bioactive compounds from herbal plants: A review. *Food Science and Biotechnology*, 32(13), 1763–1782. <https://doi.org/10.1007/s10068-02301346-6> PMC
17. Ramón, C., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: Una revisión. *Tecnológicas*, 24(51), e1822. <https://doi.org/10.22430/22565337.1822> revistas.itm.edu.co
18. Krysa, M., Szymańska-Chargot, M., & Zdunek, A. (2022). A review of FT-IR and FT-Raman fingerprints of selected classes of food and plant bioactive compounds. *Food Chemistry*, 393, 133430. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133430> MDPI
19. Zou, L., Li, H., Wang, L., Yang, M., & Liu, X. (2022). A review of the application of spectroscopy to flavonoids from medicine and food homology materials. *Molecules*, 27(23), 8150. <https://doi.org/10.3390/molecules27238150> PMC
20. Oulahal, N., & Degraeve, P. (2022). Phenolic-rich plant extracts: Antibacterial activity, mechanisms of action, and practical applications. *Frontiers in Microbiology*, 13, 894333. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.894333>
21. Zhang, G., Yang, Y., Memon, F. U., Hao, K., Xu, B., Wang, S., Wang, Y., Wu, E., Chen, X., Xiong, W., & Si, H. (2021). A natural antimicrobial agent: Antibacterial effect and mechanism of compound phenolic acid on *Escherichia coli* based on tandem mass tag proteomics. *Frontiers in Microbiology*, 12, 738896. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.738896> Frontiers
22. Lin, H.-D., Lee, Y.-C., Chiang, C.-Y., Lin, Y.-J., Shih, C. Y., Tsai, R.-K., Lin, P.-Y., Lin, S.-Z., Ho, T.-J., & Huang, C.-Y. (2023). Protective effects of *Scoparia dulcis* L. extract on high glucose-induced injury in human retinal pigment epithelial cells. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1085248. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1085248> PMC
23. Rahman, M., Sidrat-El-Muntaha, A., Zamri, Y., Attahir, S., Mulyana, R., & Fitriani, F. (2023). A new diterpenoid of Indonesian *Scoparia dulcis* Linn: Isolation and cytotoxic activity against MCF-7 and T47D cell lines. [Journal]. PMCID: PMC10459870. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10459870/> PMC

Relación de la ingesta de alimentos y el estado nutricional con la inseguridad alimentaria en estudiantes de una región de México

Relationship between food intake and nutritional status with food insecurity in students from a region of Mexico

María Nayely ARREDONDO FLORES¹, SanJuana Elizabeth ALEMÁN CASTILLO¹, Christian David HERNÁNDEZ RAMÓN², Octelina CASTILLO RUÍZ², Ana Luisa GONZÁLEZ PÉREZ¹, Ocairi ALMANZA CRUZ¹

1 Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa, Aztlán, Reynosa, Tamaulipas, México.

2 Universidad Veracruzana, Puerto de Veracruz en Veracruz, México.

Recibido: 17/julio/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: La inseguridad alimentaria (IA) se presenta cuando se carece de acceso físico y económico a los alimentos. Se considera un problema de salud pública que afecta a una parte importante de la población mexicana, particularmente a adolescentes que se encuentran en una etapa de desarrollo físico, emocional y social. Esta condición influye negativamente en el estado nutricional y hábitos alimentarios.

Objetivo: Relacionar la IA con el estado nutricional y el consumo de alimentos en estudiantes de educación media superior de Reynosa, Tamaulipas, México.

Metodología. Se realizó un estudio transversal y correlacional en una muestra de 303 adolescentes. Se incluyeron alumnos de ambos sexos, que firmaron el asentamiento informado, se excluyeron adolescentes que presentaban condiciones médicas que impedían la realización de mediciones antropométricas o que no completaron los instrumentos de evaluación. La IA se midió con el instrumento U.S. Household Food-Security y la frecuencia de consumo de alimentos, con el instrumento que es utilizado por la ENSANUT. El diagnóstico nutricional se calculó con el puntaje z del IMC con los puntos de corte de la OMS. El estudio fue aprobado por el

Comité de Bioética de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán.

Resultados y discusión: El 47,9% de hogares de los adolescentes presentaron algún grado de IA. El 38,8% tiene exceso de peso (sobrepeso=19,4% y obesidad=19,4%), sin correlación entre IA y estado nutricional. Se observó que los que tienen IA (31,7%) tienen un bajo consumo de frutas ($p=0,005$) y comida rápida/antojitos mexicanos (19,1%) ($p=0,003$) comparados con los que tienen seguridad alimentaria.

Conclusión: La IA afecta a casi la mitad de los hogares estudiados y se relaciona con cambios en el patrón de consumo de alimentos, más que con el estado nutricional. Se destaca la necesidad de implementar programas de intervención nutricional y políticas públicas que mejoren el acceso a alimentos saludables en poblaciones adolescentes vulnerables.

PALABRAS CLAVE

Frecuencia alimentaria, Hábitos dietéticos, Nivel socioeconómico, Población escolar, Vulnerabilidad social.

ABSTRACT

Introduction: Food insecurity (FI) occurs when there is a lack of physical and economic access to food. It is considered a public health problem affecting the vulnerable Mexican population, particularly adolescents at a stage of physical, emotional, and social development. This condition negatively impacts nutritional status and eating habits.

Correspondencia:
SanJuana Elizabeth Alemán Castillo
saleman@docentes.uat.edu.mx

Objective: To relate AI with nutritional status and food consumption among high school students in Reynosa, Tamaulipas, Mexico.

Methodology. A cross-sectional and correlational study was conducted in a sample of 303 adolescents. Students of both sexes who signed the informed consent form were included. Adolescents with medical conditions that prevented anthropometric measurements or who did not complete the assessment instruments were excluded. AI was measured using the U.S. Household Food Security instrument, and food consumption frequency was measured using the instrument used by ENSANUT. Nutritional diagnosis was calculated using the BMI z-score with WHO cutoff points. The study was approved by the Bioethics Committee of the Reynosa-Aztlán Multidisciplinary Academic Unit.

Results and discussion: 47,9% of adolescents' homes presented some degree of AI. 38,8% were overweight (overweight = 19,4% and obesity = 19,4%), with no correlation between AI and nutritional status. It was observed that those with AI (31.7%) had a low consumption of fruits ($p = 0,005$) and fast food/Mexican snacks (19,1%) ($p = 0,003$) compared to those with food security.

Conclusion: AI affects almost half of the households studied and is related to changes in food consumption patterns rather than nutritional status. The need to implement nutritional intervention programs and public policies to improve access to healthy foods among vulnerable adolescent populations is highlighted.

KEYWORDS

Food frequency, Dietary habits, Socioeconomic status, School population, Social vulnerability.

LISTA DE ABREVIATURAS

- ENSANUT: Encuesta nacional de salud y nutrición.
- FAO: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.
- IA: Inseguridad alimentaria.
- IMC: Índice de masa corporal.
- NSE: Nivel socioeconómico.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- SA: Seguridad alimentaria.

INTRODUCCIÓN

La seguridad alimentaria (SA) representa un derecho de todos los seres humanos, cuyo objetivo es satisfacer las necesidades básicas en alimentación que asegure una vida plena, saludable y productiva¹. De acuerdo con la Organización de las

Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), la inseguridad alimentaria (IA) se define como la carencia de alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que puedan garantizar el adecuado crecimiento y desarrollo de una persona para tener una vida activa y saludable². Se estima que el 26,0% de la población mundial padece hambre o carece de acceso a suficientes alimentos de buena calidad. En 2019, aproximadamente el 32,0% de la población de América Latina y el Caribe tenían una situación de IA, mientras que durante la pandemia por COVID-19, incrementó a un 58,2%³. En el caso de México ante esta situación de emergencia sanitaria, se reportó que cerca del 59,0% de los hogares presentó algún grado de IA⁴, problema de salud que también afectó a otros países con consecuencias negativas en la SA de los hogares como: un limitado acceso a los alimentos debido a las restricciones de movilidad, pérdida de empleo, reducción de gastos, lo que ocasionó la ansiedad de la población en general⁵. Dentro de los afectados en cuanto a IA fueron la población infantil y los adolescentes que se encuentran en etapa de crecimiento y desarrollo⁶. Además de que los adolescentes se encuentran con menor supervisión, cambios emocionales, búsqueda de identidad y adquieren una mayor autonomía personal para la toma de decisiones sobre su propia alimentación. Algunas de las consecuencias negativas de la IA en este grupo etario son efectos en la salud mental ya que en conjunto con otros factores estresantes, puede conllevar a trastornos depresivos y de la conducta alimentaria, bajo rendimiento educativo lo que conduce al abandono escolar, estigma y sentimientos de vergüenza debido a la escasez de alimentos, con secuelas en el estado nutricional de los escolares, que se refleja con retraso del crecimiento, emaciación, deficiencias en micronutrientes esenciales, sobrepeso y obesidad^{6,7}. La ganancia de peso tiene una génesis multifactorial, sin embargo, durante el confinamiento la mayoría de los hogares priorizaron el consumo de alimentos de alta densidad energética y de menor calidad nutricional (alto contenido de azúcar, sodio y grasas saturadas) a menor precio, el poco efecto que estos alimentos presentan sobre saciedad conducen a un sobreconsumo^{8,9}. La IA en adolescentes es un tema poco abordado, por lo que el objetivo del presente estudio fue relacionar la inseguridad alimentaria con el estado nutricional y el consumo de alimentos en estudiantes de educación media superior de Reynosa, Tamaulipas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y muestra de estudio

El presente estudio fue transversal y correlacional, realizado en febrero y marzo de 2024. La recopilación de datos se llevó a cabo en una escuela pública de educación media superior del municipio de Reynosa, Tamaulipas, México, la cual colinda al norte con Texas, Estados Unidos de Norteamérica.

Se calculó un tamaño muestral teórico con el programa estadístico EPIDAT versión 3,1 para Windows, considerando un universo de 1,444 estudiantes, con un margen de error de 5,0% y

con un intervalo de confianza de 95,0%, dando como resultado 303 alumnos. Sin embargo, debido a limitaciones logísticas y de disponibilidad de los alumnos, la selección final se llevó a cabo por conveniencia. Se incluyó alumnos que estuvieran inscritos en el plantel educativo, con un rango de edad de 15 a 18 años de ambos sexos, que firmaron el asentamiento informado, se excluyeron adolescentes que presentaban condiciones médicas que impedían la realización de mediciones antropométricas o que no completaron los instrumentos de evaluación.

Variables de estudio

Inseguridad/seguridad alimentaria

Se aplicó la encuesta U.S. Household Food-Security la cual fue validada por Ortiz-Hernández et al¹⁰, en donde participaron 543 adolescentes de la ciudad de México, consta de cinco preguntas, con temas sobre el consumo de alimentos y el hambre. Las respuestas a las preguntas uno y dos fueron unificadas con valores de cero (opciones "nunca" y "no sé") o uno (opciones "a veces" y "muy seguido"). Para las preguntas tres, cuatro y cinco las opciones de respuesta fueron "no" (cero) y "sí" (uno). Las respuestas se categorizaron como seguridad alimentaria: cuando el resultado fue con cero respuestas positivas, inseguridad sin hambre o moderada: con una o dos respuestas positivas e inseguridad con hambre o severa: si se obtuvieron de tres a cinco respuestas positivas¹⁰. Para fines de este estudio la situación de seguridad alimentaria de los hogares se dicotomizó como seguridad alimentaria (SA) o inseguridad alimentaria (IA) (se agruparon la inseguridad moderada y severa) para efectos analíticos, con el fin de aumentar el poder estadístico en los análisis y además porque ambas representan un compromiso significativo en el acceso a los alimentos.

Nivel socioeconómico

Para determinar el nivel socioeconómico (NSE) se aplicó la encuesta de la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado¹¹. Al término de la aplicación de la encuesta, se sumaron los puntos obtenidos, los cuales fueron agrupados en tres categorías: de 0 a 115 puntos (D+, D, E) corresponde a bajo, de 116 a 201 puntos (C+, C, C-) nivel medio y de 202 puntos o más (A/B) corresponde a un NSE alto¹².

Evaluación nutricional

Para la valoración de peso corporal (kg) se utilizó la báscula TANITA TBF-410® (China) por medio de bioimpedancia se obtuvo el contenido de grasa corporal (kg). Con respecto a la medición de la talla (cm) se determinó con un estadímetro marca SECA-213® (China) previamente nivelado. La medición de circunferencia de cintura se utilizó una cinta antropométrica marca LUFKIN® (China), se utilizaron técnicas de medición de la Norma Oficial Mexicana^{13,14}. El diagnóstico nutricional se determinó a través del indicador antropométrico puntaje Z del IMC, utilizando las mediciones de peso y talla

con en el programa WHO Anthro Plus con los puntos de corte de la OMS (< -2 es considerado como bajo peso, -1,99- ≤ +1 normal, >+1 y ≤ +2 como sobrepeso y > + 2,0 obesidad)¹⁵.

Frecuencia de consumo de alimentos

Se utilizó el instrumento "Frecuencia de consumo de alimentos de adolescentes y adultos (12 años o más)" de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2019¹⁶ incluyó 13 grupos de alimentos los cuales fueron categorizados como Mundo-Rosas et al¹⁷ en: *recomendables para consumo diario*: a) frutas, b) verduras, c) leguminosas, d) lácteos, e) carnes no procesadas, f) huevo, g) cereales y tubérculos y *no recomendables para consumo diario*: a) carnes procesadas, b) comida rápida y antojitos mexicanos, c) botanas, dulces y postres, d) cereales dulces y e) bebidas no lácteas endulzadas. Para el grupo de frutas y verduras si el consumo fue mayor de siete veces a la semana se le proporcionó el valor de uno, y si su valor fue menor se le asignó el valor de cero, ya que las recomendaciones nacionales e internacionales indican que el consumo debe de ser diario¹⁸. En las secciones restantes si consumió el alimento más de tres veces a la semana se coloca el valor de uno y si fue de dos o menos el valor es de cero¹⁷.

Análisis estadístico

Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de los datos. Las variables no presentaron distribución normal, por lo que se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney para observar diferencias entre mediciones antropométricas, los datos se expresaron como cuartiles. Se aplicó la prueba Chi-cuadrado (χ^2) para asociación de variables categóricas. Posteriormente se realizó análisis de correlación de Rho de Spearman entre las variables de IA, estado nutricional, consumo de alimentos, nivel socioeconómico (NSE). Por último, se llevó a cabo un modelo de regresión lineal múltiple para predecir el consumo de alimentos, con la IA, nivel de estudios del jefe de familia, el número de personas trabajadoras. Se verificaron los supuestos de independencia de residuos de Durbin-Watson, la homocedasticidad, normalidad y ausencia de colinealidad (VIF<10). En todos los casos, se fijó el valor de significancia de $p<0,05$ en el 95,0% de confianza. El modelo consideró como covariables potencialmente confusoras el sexo, edad y nivel socioeconómico. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con el programa Statistical Package for the Social Sciences (v.26). Para la recolección de datos, se utilizó la plataforma digital Microsoft Forms®, donde se diseñaron las encuestas (IA y NSE) para su aplicación en línea, lo que permitió que fuera eficiente y facilidad para la realización del análisis estadístico.

Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la (IRB00010860) de la Unidad Académica

Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, otorgándole el número de registro: 004/2024/CEI. El estudio se realizó siguiendo los principios de la declaración de Helsinki para investigación con seres humanos¹⁹.

Se obtuvo el consentimiento informado de los tutores legales antes de las mediciones antropométricas y la aplicación de los instrumentos autorizando la participación de sus hijos en el trabajo de investigación. Consecutivamente los estudiantes firmaron un asentamiento informado. Se garantizó la confidencialidad de la identidad y datos obtenidos de los adolescentes. La participación fue voluntaria y no se otorgaron incentivos económicos, asegurando que no existiera coacción o presión para formar parte del estudio.

RESULTADOS

Se evaluaron 303 adolescentes de nivel bachillerato, de los cuales el 43,6% son mujeres y el resto hombres, con una edad promedio de $15,48 \pm 0,73$. El 47,9% de hogares tuvieron

algún grado de IA (inseguridad severa 9,3% e inseguridad moderada 38,6%), similar en ambos sexos. El 88,1% de la muestra presentó NSE medio, observándose asociación entre el NSE y la IA/SA ($p = 0,041$). No se observó asociación en cuanto a mediciones antropométricas con la IA/SA (Tabla 1).

El 38,8% de la muestra se categorizó con exceso de peso, de los cuales el 19,4% tenía sobrepeso y 19,4% obesidad, no se observó asociación al diferenciar por IA/SA ($p = 0,607$). Los grupos de alimentos más consumidos fueron los cereales (99,0%), seguido de lácteos (92,0%), verduras (86,4%), leguminosas (75,9%) y frutas (73,5%). De los alimentos agrupados como no recomendables, el grupo de bebidas no lácteas endulzadas fue el que se consumió con mayor frecuencia (96,7%), seguido de botanas, dulces y postres (53,8%). Los hogares con IA tuvieron un menor consumo de frutas ($p = 0,005$) y comida rápida/antojitos mexicanos ($p = 0,003$) en comparación a los que tienen seguridad alimentaria (Tabla 2).

Se realizó la correlación de Rho de Spearman para identificar la fuerza de las asociaciones encontradas anteriormente y se identificó una correlación negativa y débil entre las variables del

Tabla 1. Distribución de inseguridad alimentaria, nivel socioeconómico y medidas antropométricas en adolescentes de bachillerato de Reynosa, México

Variable	Total n=303	Femenino	Masculino	p
Inseguridad/seguridad alimentaria				
Inseguridad severa (IS) n(%)	28(9,3)	9(3,0)	19(6,3)	0,315
Inseguridad moderada (IM) n(%)	117(38,6)	49(16,2)	68(22,4)	
IA (IS+IM) n(%)	145(47,9)	58(19,2)	87(28,7)	
Seguridad alimentaria n(%)	158(52,1)	74(24,4)	84(27,7)	
Nivel socioeconómico^a	Total n=303	IA	SA	
Bajo n(%)	28(9,2)	19(6,3)	9(3,0)	0,041*
Medio n(%)	267(88,1)	124(40,9)	143(47,2)	
Alto n(%)	8(2,7)	2(0,7)	6(2,0)	
Mediciones antropométricas^b	Total	IA	SA	
Peso (kg) p50(p25-p75)	59,8 (52,0-72,2)	62,3(51,9-73,2)	58,7(51,9-67,1)	0,184
Talla (cm) p50(p25-p75)	161,0 (152,1-166,0)	161,5(153,2-167,1)	159,5(150,3-165,4)	0,078
Z IMC/Edad p50(p25-p75)	0,72 (-0,30-1,7)	23,0(19,7-27,2)	22,6(20,0-26,9)	0,487
Grasa (kg) p50(p25-p75)	15,2 (8,9-22,5)	14,6(8,8-23,6)	15,6(9,1-21,2)	0,777
Circunferencia de cintura (cm) p50(p25-p75)	77,0 (69,5-88,0)	77,5(70,0-88,8)	76,9(69,0-87,1)	0,509

^a Chi-cuadrado para variables cualitativas con significancia $p \leq 0,05$.

^b U-Test de Mann-Whitney para mediciones antropométricas, con significancia $p \leq 0,05$.

Tabla 2. Asociación entre inseguridad alimentaria, estado nutricional y consumo de grupos de alimentos en adolescentes

Variables	Total n(%)	IA n(%)	SA n(%)	p
Estado nutricional				
Bajo peso	27(9,0)	13(4,3)	14(4,7)	0,607
Normal	158(52,2)	70(23,2)	88(29,0)	
Sobrepeso	59(19,4)	31(10,2)	28(9,2)	
Obesidad	59(19,4)	31(10,2)	28(9,2)	
Grupos de alimentos recomendables para consumo cotidiano				
Lácteos	279(92,0)	131(43,2)	148(48,8)	0,284
Verduras	262(86,4)	124(40,9)	138(45,5)	0,643
Leguminosas	230(75,9)	107(35,3)	123(40,6)	0,410
Frutas	223(73,5)	96(31,7)	127(41,8)	0,005*
Carnes	169(55,7)	80(26,3)	89(29,4)	0,840
Huevo	61(20,1)	30(9,9)	31(10,2)	0,817
Lácteos	279(92,0)	131(90,3)	148(93,7)	0,284
Grupos de alimentos no recomendable para consumo cotidiano				
Bebidas no lácteas endulzadas	293(96,6)	138(45,5)	155(51,1)	0,070
Botanas, dulces y postres	163(53,8)	73(24,1)	90(29,7)	0,248
Comida rápida/antojitos mexicanos	148(48,8)	58(19,1)	90(29,7)	0,003*
Cereales dulces	46(15,2)	23(7,6)	23(7,6)	0,752
Carnes procesadas	35(11,6)	21(7,0)	14(4,6)	0,126

Chi-cuadrado con significancia $p \leq 0,05$.

consumo de frutas ($p = <0,038$, $\rho = -0,119$), así como en comida rápida y antojitos mexicanos con la IA ($p = <0,001$, $\rho = -0,224$), por lo que, a mayor grado de IA menor es el consumo de frutas, comida rápida y antojitos mexicanos.

Además, se identificó que, entre mayor NSE, menor grado de IA ($p=0,002$, $\rho= -0,179$), y que, a su vez, tanto el número de personas trabajadoras influyen positivamente en el NSE de las familias de los adolescentes ($p = < 0,001$, $\rho = -0,493$) así como el nivel de estudios del jefe de familia ($p=<0,001$, $\rho= -0,561$) (Tabla 3).

Para entender mejor las asociaciones encontradas se realizó un análisis de regresión lineal múltiple a través del método por pasos (Tabla 4). En este análisis, se consideró como

variable dependiente el consumo de comida rápida y como variables predictoras la IA, el nivel educativo del jefe de familia, el número de personas trabajadoras, el NSE y el consumo de frutas. Los resultados evidenciaron que el modelo 5 presentó los mejores indicadores de ajuste (Tabla 4).

El modelo fue estadísticamente significativo ($F = 2,236$, $p <0,001$), y obtuvo un coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) de 0,177. Este valor sugiere que el modelo explica el 17,7% de la varianza en el consumo de comida rápida lo que indica una capacidad explicativa débil, por lo que sugiere que hay otros factores no incluidos que también influyen. La IA se asoció de negativamente y significativa ($B = -0,626$; IC95%: $-1,020$ a $-0,231$; $p = 0,002$), mientras que el consumo de frutas evidenció una asociación

Tabla 3. Correlación de Spearman entre inseguridad alimentaria, nivel socioeconómico, estado nutricional y consumo de alimentos

Variable		Z IMC	Nivel de estudios del jefe de familia	Número de personas que trabajan en el hogar	Nivel Socioeconómico	Inseguridad alimentaria	Consumo de frutas	Consumo de comida rápida
Z IMC	Rho de Spearman	—						
	p-valor	—						
Nivel de estudios del jefe de familia	Rho de Spearman	0,074	—					
	p-valor	0,198	—					
Número de personas que trabajan en el hogar	Rho de Spearman	-0,043	0,076	—				
	p-valor	0,461	0,185	—				
Nivel socioeconómico	Spearman rho	-0,014	0,561***	0,493***	—			
	p-valor	0,804	< 0,001	< 0,001	—			
Inseguridad alimentaria	Rho de Spearman	0,070	-0,061	0,024	-0,179**	—		
	p-valor	0,221	0,292	0,683	0,002	—		
Consumo de frutas	Rho de Spearman	-0,008	-0,074	0,132*	-0,011	-0,119 *	—	
	p-valor	0,889	0,201	0,021	0,992	0,038	—	
Consumo de comida rápida	Rho de Spearman	0,032	0,005	-0,084	-0,074	-0,224***	0,343***	—
	p-valor	0,576	0,929	0,143	0,196	< 0,001	< 0,001	—

Correlación de Rho Spearman con valor de * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Tabla 4. Modelo de regresión lineal múltiple para consumo de comida rápida y antojitos mexicanos

Modelo	Variable	F	R ²	R ² ajustada	B	EE	BETA	IC	P
5	Consumo de comida rápida	2,236 (297)	0,19	0,177	6,54	3,838		3,628;0,945	<0,001
	Inseguridad alimentaria				-0,626		-0,17	-1,020;0,231	0,002
	Nivel de estudios del jefe de familia				0,023		0,078	0,022;0,067	0,315
	Número de personas trabajadoras				-0,019		-0,045	0,074;0,036	0,493
	Nivel socioeconómico				-0,017		-0,113	-0,043;0,009	0,199
	Consumo de frutas				0,359		0,387	0,261;0,457	<0,001

IC: intervalos de confianza.

positiva significativa ($B = 0,359$; IC95%: $0,261$ a $0,457$; $p = <0,001$). En contraste, el nivel de estudios del jefe de familia ($B = 0,023$; IC95%: $-0,022$ a $0,067$; $p = 0,315$), el número de personas trabajadoras ($B = -0,019$; IC95%: $-0,074$ a $0,036$; $p = 0,493$) y el nivel socioeconómico ($B = -0,017$; IC95%: $-0,043$ a $0,009$; $p = 0,199$), no presentaron asociaciones estadísticamente significativas.

DISCUSIÓN

El abordaje inicial se realizó, en relación con el estado nutricional con una prevalencia de 39,0% de sobrepeso y obesidad, aunque es un problema de salud pública que afecta considerablemente a la zona norte de México, en este grupo de edad fue menor a lo reportado a nivel nacional por la ENSANUT (2024)²⁰ quienes reportaron una prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad de 42,9% en adolescentes, con 3,9 puntos porcentuales de diferencia al presente estudio. Un estudio realizado en Cd. Reynosa, Tamaulipas, México²¹ en estudiantes de bachillerato de una escuela particular, reportó una prevalencia de sobrepeso y obesidad de 36,0% en ambos sexos, tendencia similar a lo reportado en el presente estudio.

En cuanto a los resultados de IA, de acuerdo con la percepción de los adolescentes, se identificó que el 47,9% de los hogares presentaron algún grado de IA, prevalencia ligeramente superior a lo reportado a nivel nacional (país: México) por la ENSANUT²⁰ en 2023, quienes identificaron que el 44,6% de hogares mexicanos tenían algún grado de IA con una diferencia de 3,3 % con la presente investigación. Mientras que Ortiz-Hernández et al.¹⁰ reportaron en adolescentes de la Cd. de México que el 44,0% presentaba algún grado de IA, con 3,0 puntos porcentuales de diferencia.

En relación con el consumo de los diferentes grupos de alimentos de acuerdo con la percepción de los adolescentes, mencionaron que los cereales fueron los más consumidos (99,0%), seguido de las bebidas no lácteas endulzadas (96,7%) y el grupo de botanas, dulces, postres (53,8%). La ENSANUT²⁰ (encuesta nacional más reconocida a nivel nacional en México) indicaron que en el 2023 los adolescentes consumían cotidianamente bebidas endulzadas (90,6%), seguido de botanas dulces y postres (55,9%). Por su parte, Bernabé y Romero en 2024²¹ reportaron que el 72,9% de los adolescentes de Chilpancingo Guerrero, México consumían bebidas azucaradas (87,2%) y comida procesada "chatarra" (91,4%), concluían que el consumo a largo plazo puede aumentar el riesgo de sobrepeso y obesidad en la etapa adulta. Es evidente la tendencia del consumo excesivo de bebidas azucaradas con predominio en el presente estudio no así en el consumo de botanas, dulces, postres que fue menor. En el plano internacional, el estudio de Lizandra y Gregori-Font²² en Valencia, España, encontró que, de los 170 estudiantes de preparatoria, el 30,6% consumía comida rápida, resultados menores a lo encontrado en la presente investigación, sugi-

riendo que los hábitos alimentarios y nivel socioeconómico es mejor en los adolescentes de España.

A continuación, se explican las asociaciones o relaciones encontradas entre las variables inseguridad alimentaria y grupos de alimentos, en donde se identificaron que los hogares categorizados con IA tenían un consumo significativamente menor de frutas ($p = 0,005$) así como de comida rápida y antojitos mexicanos ($p = 0,003$), en comparación de aquellos hogares que tenían seguridad alimentaria. Una investigación realizada en adolescentes afganos que presentaron IA menciona tener una menor ingesta de alimentos de lácteos, frutas y carnes en comparación con el grupo de adolescentes con seguridad alimentaria ($p = < 0,0001$)²³. Mientras que el estudio realizado por Ortiz-Hernández et al.¹⁰ en adolescentes de la Cd. de México, no encontraron ninguna asociación entre la IA con el consumo de los diferentes grupos de alimentos ($p = 0,228$), lo que sugiere que esta asociación puede variar según el contexto sociocultural, económico y político que se presenta en una región o país.

Un hallazgo para resaltar del presente estudio es que la IA se relacionó de manera negativa con el consumo de comida rápida/antojitos mexicanos ($p = <0,001$, $\rho = -0,224$) y frutas ($p = <0,038$, $\rho = -0,119$) es decir, entre mayor nivel de IA, menor es el consumo de este grupo de alimentos. Estos resultados son similares a los mencionados en un estudio realizado en Inglaterra, Gales e Irlanda del Norte con 3,118 adultos, reportaron que la correlación negativa se presentaba entre la IA y el consumo de frutas y verduras ($p = <0,001$, $\tau = -0,116$) es decir, que el consumo de frutas y verduras disminuía en presencia de la IA²⁴. Mientras que un estudio realizado en 180,164 adolescentes de 68 países diferentes reportó que la IA aumentó 17,0% la probabilidad de consumir comida rápida [OR 1,17 (IC del 95 % = 1,08-1,26)]²⁵.

Además, se observó una relación negativa de la IA con el nivel socioeconómico (NSE), que indica que mientras disminuye el NSE, incrementa la IA ($p = <0,002$, $\rho = -0,179$). Un estudio realizado en 525 adolescentes iraníes, reportó que la mayor proporción de adolescentes presentaron un NSE bajo, seguido del NSE medio, con asociación entre la IA y su NSE ($p = 0,001$), los autores indicaron que un menor nivel de ingresos era más común en familias con inseguridad alimentaria²⁶. En este mismo sentido, Ortiz-Hernández et al.¹⁰ evaluaron a 543 adolescentes de la Cd. de México y mencionaron asociación con el NSE con la IA ($p = 0,001$). Otros autores observaron que el número de personas trabajadoras en el hogar influyen positivamente en el NSE de las familias de los adolescentes ($p = <0,001$, $\rho = 0,493$) y a su vez puede mejorar su acceso a los alimentos, la misma influencia se observaron cuando ambos padres trabajan, en este mismo sentido los autores identificaron que en América Latina existe evidencia de que las personas con mayor educación tienen mejores ingresos²⁷. Esta información es de utilidad para que los gobiernos diseñen e implementen estrategias o políticas

públicas dirigidas a mejorar el bienestar de la población, como por ejemplo establecer una vinculación entre las empresas y el gobierno para promover bolsas de trabajo, evitar la deserción escolar, fomentar la educación a grados académicos como licenciaturas o posgrados.

A pesar de que el modelo evidenció asociaciones estadísticamente significativas, el bajo R^2 ajustado (0,177) denota que existen otros factores no considerados que influyen en el consumo de comida rápida. Este hallazgo subraya la complejidad multifactorial del comportamiento alimentario en adolescentes. Entre las variables incluidas, la IA se asoció de forma negativa con el consumo de comida rápida, lo cual podría reflejar una restricción económica para poder acceder a este tipo de alimentos, mientras que la ingesta de frutas denotó una relación positiva, lo que sugiere la coexistencia de patrones alimentarios contrastantes. Asimismo, el nivel de estudios del jefe de familia, el número de personas trabajadoras y el NSE no evidenciaron asociación significativa, lo que podría atribuirse a la relativa homogeneidad de la población estudiada o a la influencia de factores no contemplados en el modelo. Un estudio realizado en Irán el cual analizó el consumo de comida rápida en 229 estudiantes por medio de modelos de regresión lineal identificó que el consumo de comida rápida entre los estudiantes es motivado por factores como la intención y control percibido, con un 23 % de la variación en consumo ($R^2 = 0,23$)²⁸.

Una de las limitaciones del presente estudio se puede identificar que el diseño muestral solo representa a la muestra estudiada, y no pretende ser estimación para la población de adolescentes. Como fortaleza del estudio, es el primer estudio a nivel local que identifica la IA en los adolescentes y como se relaciona con otras variables, además del uso de las tecnologías de la información para la recolección de los datos lo que favoreció a un rápido diagnóstico.

CONCLUSIONES

La IA es considerado un problema de salud pública en México. En el presente estudio se identificó que 4 de cada 10 hogares de adolescentes de bachillerato padece algún grado de IA. Más del noventa por ciento de los adolescentes tienen un alto consumo de bebidas endulzadas, las cuales pueden aumentar el riesgo de obesidad y otras patologías largo plazo. No se observó una correlación significativa entre la IA con el estado nutricional de los adolescentes, sin embargo, se identificó una correlación negativa entre la IA con el consumo de frutas y comida rápida, es decir entre más IA menor es su consumo. En relación con el consumo de frutas suelen ser más costosas en comparación con alimentos con alto contenido energético (como pan, fideos instantáneos, etc.). En cuanto al bajo consumo de comida rápida puede estar relacionado a una limitación económica que, a una preferencia por alimentos más saludables, ya que se observa que más del noventa por ciento consume bebi-

das no lácteas endulzadas las cuales suelen ser económicas, accesibles y aceptadas culturalmente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) en México, por el apoyo de la beca de manutención.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abdi LK, Utama LJ, Gde IGNWI, Widiada N, Yunita L. Household food insecurity and nutritional status of toddler in Central Lombok. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2024;44(4). <https://doi.org/10.12873/444juntra>
2. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Hambre e inseguridad alimentaria [Internet]. 2024. [citado el 18 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/hunger/es>
3. Novoa-Sanzana S, Moya-Osorio J, Morejón Terán Y, Ríos-Castillo I, Becerra Granados LM, Prada Gómez G, Durán-Agüero S. Food insecurity and sociodemographic factors in Latin America during the COVID-19 pandemic. *Rev Panam Salud Public*. 2024;48:e21. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2024.21>
4. Fierro-Moreno E, Lozano-Keymolen D, Gaxiola-Robles Linares SC. Inseguridad alimentaria en México: análisis de dos escalas en 2020. *Estud Soc Rev Aliment Contemp Desarro Reg*. 2023; 33(61):e231282. <https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1282>
5. Utoro PAR, Pujokaroni AS, Aini Q, Saragih B. Factors and comparative analysis of COVID-19's impact on household food security in rural and urban regions. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2025; 45(1):61-68. <https://doi.org/10.12873/451utoro>
6. Barreiro-Álvarez MF, Latorre-Millán M, Bach-Faig A, Fornieles-Deu A, Sánchez-Carracedo, D. Family meals and food insecurity in Spanish adolescents. *Appetite*. 2024;195, 107214. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2024.107214>
7. Capitán-Moyano L, Arias-Fernández M, Bennasar-Veny M, Yáñez AM, Castro-Sánchez E. (In)seguridad alimentaria en adolescentes: del paternalismo a la justicia social. *Rev Esp Salud Publica*. 2023;97. [citado 2025 jul 15]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10540898/pdf/1135-5727-resp-97-e202302009.pdf>
8. Rojas Concepción AA, Guerra Chagime R, Guerra González Y, Hernández Peraza E, Forteza Padrino O. Factores asociados a la hipertensión arterial en adolescentes de San Juan y Martínez, 2018. *Rev Panam Salud Publica*. 2021;46:e2174. [citado 2025 jul 15]. Disponible en: <https://www.scielo.org/article/rcsp/2020.v46n4/e2174/es/>
9. Raccanello K. Inseguridad alimentaria, sobrepeso y obesidad en la Ciudad de México. *Pap Poblac*. 2020;26(104):239-264. [citado 2025 jul 15]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/112/11267898009/html/>
10. Ortiz-Hernández L, Rodríguez-Magallanes M, Melgar-Quirón H. Obesidad, conducta e inseguridad alimentarias en adolescentes de la Ciudad de México. *Bol Med Hosp Infant Mex*.

- 2012;69(6):431-441. [citado 2025 jul 15]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/bmim/v69n6/v69n6a4.pdf>
11. Asociación Mexicana de Agencias de Inteligencia de Mercado y Opinión (AMAI). Nivel Socioeconómico AMAI 2022 [Internet]. 2022 [citado 2025 jul 15]. Disponible en: https://amai.org/descargas/Nota_Metodologico_NSE_2022_v5.pdf
 12. Ramírez-Díaz MP, Luna-Hernández JF, Rodríguez-López EI, Hernández-Ramírez G. Nivel de percepción de la inseguridad alimentaria, estado nutricional y factores sociodemográficos asociados en pobladores de Oaxaca, México. *RESPYN*. 2023; 22(2):1-11. <https://doi.org/10.29105/respyn22.2-719>
 13. Norma Oficial Mexicana. Para la atención a la salud del grupo etario de 10 a 19 años de edad (NOM-047-SSA2-2015). Secretaría de Salud; 2015 [Internet]. [citado 2025 jul 15]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/53624/NOM-047-SSA2-2015.pdf>
 14. Flores-Olivares LA, De-León-Fierro LG, Jiménez-Ponce BP, Ortiz-Rodríguez B. Circunferencia de cintura en cuatro sitios y su relación con indicadores de obesidad en escolares de 6 a 11 años. *CienciaUAT*. 2019; 13(2):18-27. <https://doi.org/10.29059/cienclauat.v13i2.1057>
 15. Organización Mundial de la Salud (OMS). Growth reference 5–19 years [Internet]. 2018 [citado 2024 mar 16]. Disponible en: http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/
 16. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Encuesta nacional de salud y nutrición (ENSANUT). Frecuencia de consumo de alimentos de adolescentes y adultos (12 años o más). 2018 [Internet]. [citado 2025 jul 15]. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensanut/2018/doc/ensanut_2018_frecuencia_consumo_adolescentes_adultos.pdf
 17. Mundo-Rosas V, Unar-Munguía M, Hernández M, Pérez-Escamilla R, Shamah-Levy T. La seguridad alimentaria en los hogares en pobreza de México: una mirada desde el acceso, la disponibilidad y el consumo. *Salud pública Méx*. 2019; 61(6) 866-875. <https://doi.org/10.21149/10579>
 18. Gaona-Pineda EB, Rodríguez-Ramírez S, Medina-Zacarías MC, Valenzuela-Bravo DG, Martínez-Tapia B, Arango-Angarita A. Consumidores de grupos de alimentos en población mexicana. *Ensanut Continua* 2020-2022. *Salud Pública Méx*. 2023; 65 (supl 2): s248-s258. <https://doi.org/10.21149/14785>
 19. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*. 2013;310:2191–4. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
 20. Shamah-Levy T, Lazcano-Ponce EC, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Gaona-Pineda EB, Gómez-Acosta LM, Mendoza-Alvarado LR, Méndez-Gómez-Humarán I. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública; 2024 [Internet]. [citado 2025 jul 15]. Disponible en: https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2023/doctos/informes/ensanut_23_112024.pdf
 21. Espinosa-Hernández MDR, Ulloa-Cruz A, Mayek-Pérez N. Efecto de una intervención educativa en la alimentación y antropometría en adolescentes de Reynosa, Tamaulipas. *Rev-e Ibn Sina*. 2024;15(1):12–25. <https://doi.org/10.48777/ibnsina.v14i2.1461>
 22. Lizandra J, Gregori-Font M. Estudio de los hábitos alimentarios, actividad física, nivel socioeconómico y sedentarismo en adolescentes de la ciudad de Valencia. *RENHYD*. 2021;25(2):199–211. <https://doi.org/10.14306/renhyd.25.2.1122>
 23. Basiry M, Surkan PJ, Ghosn B, Esmailzadeh A, Azadbakht L. Associations between nutritional deficiencies and food insecurity among adolescent girls: a cross-sectional study. *Food Sci Nutr*. 2024; 12:4623–4636. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4065>
 24. Turnbull O, Homer M, Ensaif H. Food insecurity: its prevalence and relationship to fruit and vegetable consumption. *J Hum Nutr Diet*. 2021;34(5):849–857. <https://doi.org/10.1111/jhn.12866>
 25. Smith L, Barnett Y, López-Sánchez GF, Shin JI, Jacob L, Butler L, Koyanagi A. Food insecurity (hunger) and fast-food consumption among 180,164 adolescents aged 12–15 years from sixty-eight countries. *Br J Nutr*. 2022;127(3):470–477. <https://doi.org/10.1017/S0007114521001173>
 26. Daneshzad E, Yavari P, Rahimi-Foroshani A, Dorosty-Motlagha A, Nadjarzadeh A, Yavari L. Food insecurity, socio-economic status, and educational achievement: a cross-sectional study in high school girls, Noshahr, Iran. *J Nutr Sci Diet*. 2015;1(3):141–148. [citado 2025 jul 15]. Disponible en: <https://jnsd.tums.ac.ir/index.php/jnsd/article/view/32>
 27. Agualongo Queral DE, Garces Alencastro AC. El nivel socioeconómico como factor de influencia en temas de salud y educación. *Revista Vínculos ESPE*. 2020; 5(2), 19-27. <https://doi.org/10.24133/vinculosespe.v5i2.1639>
 28. Didarloo A, Khalili S, Aghapour AA, Moghaddam-Tabrizi F, Mousavi SM. Determining intention, fast food consumption and their related factors among university students by using a behavior change theory. *BMC Public Health*. 2022;22(1):314. <https://doi.org/10.1186/s12889-022-12696-x>

Omisión del desayuno y su asociación con el estado nutricional y rendimiento académico en escolares

Skipping breakfast and its association with nutritional status and academic performance in schoolchildren

Thalía Aracely DE LA CRUZ CONZA¹, Erika Ruth CÁCERES MELGAREJO¹, Luis Pavel PALOMINO QUISPE², Zoila Rita MOSQUERA FIGUEROA¹, Jannet Carolina ANTÓN HUIMAN³

¹ Universidad César Vallejo.

² Universidad San Ignacio de Loyola. Universidad César Vallejo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

³ Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 28/agosto/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: La alimentación es esencial para el desarrollo físico y cognitivo, especialmente en la etapa escolar. La omisión del desayuno es frecuente y podría impactar en el estado nutricional y el rendimiento académico.

Objetivo: Determinar la asociación que existe entre la omisión del desayuno con el estado nutricional y el rendimiento académico en escolares de una institución educativa pública de Lima – Perú.

Metodología: Estudio transversal de enfoque cuantitativo y correlacional. La muestra fue de 156 escolares seleccionados a través de un muestreo probabilístico aleatorio simple. El estado nutricional evaluado mediante el índice de masa corporal (IMC) para la edad y talla según los criterios de la OMS. El rendimiento académico clasificado en dos categorías: logro esperado y en proceso. La omisión del desayuno se midió mediante encuesta estructurada. Se empleó la prueba Chi-cuadrado para evaluar asociaciones entre variables (nivel de significancia $p < 0,05$).

Resultados: El 40,4% de los escolares presentó obesidad y el 59,6% reportó omitir el desayuno. En cuanto al rendimiento académico, el 67,9% se encontraba en proceso y el

32,1% alcanzó el logro esperado. Las estudiantes presentaron menor frecuencia de omisión del desayuno, mejor estado nutricional y un promedio académico superior ($12,68 \pm 2,20$ frente a $12,11 \pm 2,28$ en varones). Se encontró asociación significativa entre la omisión del desayuno y el estado nutricional ($p=0,049$), pero no con el rendimiento académico ($p=0,544$).

Conclusiones: La omisión del desayuno tiene asociación con el estado nutricional; sin embargo, no se encontró asociación entre la omisión del desayuno y rendimiento académico en los escolares.

PALABRAS CLAVE

Hábitos alimentarios, rendimiento escolar, IMC, composición corporal, salud infantil, factores de riesgo.

ABSTRACT

Introduction: Nutrition is essential for physical and cognitive development, especially during school years. Skipping breakfast is common and could impact nutritional status and academic performance.

Objective: To determine the association between skipping breakfast and nutritional status and academic performance in schoolchildren attending a public school in Lima, Peru.

Methodology: A cross-sectional study with a quantitative and correlational approach. The sample consisted of 156 schoolchildren selected through simple random probability sampling. Nutritional status was assessed using the

Correspondencia:
Thalía Aracely de la Cruz Conza1
tcruzc@ucvvirtual.edu.pe

body mass index (BMI) for age and height according to WHO criteria. Academic performance was classified into two categories: expected achievement and in progress. Skipping breakfast was measured using a structured survey. The chi-square test was used to evaluate associations between variables (significance level $p < 0.05$).

Results: 40.4% of the schoolchildren were obese, and 59.6% reported skipping breakfast. Regarding academic performance, 67.9% were in progress and 32.1% achieved the expected goal. Female students skipped breakfast less frequently, had better nutritional status, and a higher grade point average (12.68 ± 2.20 vs. 12.11 ± 2.28 for males). A significant association was found between breakfast skipping and nutritional status ($p = 0.049$), but not with academic performance ($p = 0.544$).

Conclusions: Breakfast skipping is associated with nutritional status; however, no association was found between breakfast skipping and academic performance in male students.

KEYWORDS

Eating habits, school performance, BMI, body composition, child health, risk factors.

LISTA DE ABREVIATURAS

IMC: Índice de Masa Corporal.

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.

UNICEF: Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia.

INTRODUCCIÓN

La alimentación es un proceso complejo e integrado que comprende una serie de funciones fisiológicas mediante las cuales el organismo humano incorpora, transforma y aprovecha los nutrientes esenciales para satisfacer sus demandas metabólicas y funcionales. Este proceso abarca no solo la ingestión de alimentos, sino también su digestión, absorción, transporte, utilización y excreción. A través de estos mecanismos, el cuerpo obtiene la energía necesaria para el desempeño de sus funciones vitales, así como los componentes estructurales y reguladores indispensables para el crecimiento, la reparación celular, el mantenimiento de tejidos y la preservación del equilibrio homeostático.

Su importancia es especialmente crítica durante la etapa escolar, en la que se consolidan capacidades cognitivas y físicas que influirán en el rendimiento académico^{1,2}. La omisión del desayuno es un fenómeno frecuente en escolares, motivado por factores como la falta de tiempo, bajos recursos económicos o escasa alfabetización alimentaria³. Diversos estudios han evidenciado que esta práctica puede repercutir ne-

gativamente en el estado nutricional y el rendimiento escolar, aunque los resultados no siempre son concluyentes.

Según el informe oficial de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2022)⁴, aproximadamente el 22,5% de la población mundial enfrenta dificultades para acceder a una alimentación balanceada y adecuada en nutrientes. Esta problemática muestra variaciones regionales importantes: en el Caribe afecta a más de la mitad de los habitantes (52%), en Mesoamérica al 27,8% y en Sudamérica al 18,4%.

En el caso de Perú, la entidad Fondo Internacional de Emergencia de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF), ha alertado que cerca del 50% de la población infantil padece "hambre oculta", una forma de malnutrición en la que, pese a un consumo calórico suficiente, existe una carencia de micronutrientes esenciales como vitaminas y minerales. Esta deficiencia impacta negativamente en el crecimiento, las defensas inmunológicas y las funciones cognitivas de los niños⁵.

El estado nutricional de los escolares puede evaluarse mediante criterios establecidos por la OMS, como el peso, la talla, el Índice de Masa Corporal (IMC) y los índices derivados de la relación entre estos parámetros. La relación peso/talla permite identificar desnutrición aguda, la talla/edad detecta retrasos en el crecimiento, y el peso/edad evalúa tanto desnutrición aguda como crónica. Estos indicadores son fundamentales para realizar un diagnóstico nutricional completo y orientar intervenciones adecuadas⁶.

Por lo expuesto anteriormente, el presente estudio tuvo como finalidad evaluar la asociación entre la omisión del desayuno con el estado nutricional y el rendimiento académico en escolares de una institución educativa, durante el periodo noviembre a diciembre de 2024.

METODOLOGÍA

Estudio transversal, no experimental, de enfoque cuantitativo y alcance correlacional. La población de estudio estuvo compuesta por 263 estudiantes matriculados en el cuarto y quinto grado de educación primaria durante el periodo académico 2024; en la Institución Educativa N.º 1263 de Puruchuco, en Ate Vitarte – Lima. La muestra estuvo 156 escolares seleccionados a través de un muestreo probabilístico aleatorio simple, con un IC de 95% y un error muestral del 5%. Los criterios de inclusión fueron estar matriculados en cuarto y quinto grado, asistencia regular ($>90\%$), durante el tiempo de duración del estudio; no obstante, se excluyó aquellos que presentaron condiciones físicas o mentales que limitaran su participación, y ausentismo reiterado ($>10\%$ de faltas en un mes).

La omisión del desayuno se evaluó mediante un cuestionario adaptado de Infantozzi⁷, previamente validado en población infantil peruana. La validez de contenido se estableció mediante juicio de expertos, alcanzando un coeficiente

de 0,92. La confiabilidad se determinó a través de una prueba piloto aplicada a 20 escolares, utilizando el coeficiente Kuder-Richardson para el cuestionario de omisión del desayuno, obteniéndose un valor de 0,816, lo que evidencia que el instrumento presenta propiedades psicométricas adecuadas para su aplicación. El instrumento es válido y confiable; considera tres dimensiones: tiempo, ingesta alimentaria y disponibilidad de alimentos.

El estado nutricional se evaluó mediante el Índice de Masa Corporal (IMC), ajustado por talla, edad y sexo, siguiendo los criterios establecidos por la Organización Mundial de la Salud. La interpretación se realizó en función de percentiles: bajo peso (IMC < p5), peso adecuado (p5–p85), sobrepeso (p85–p95) y obesidad (IMC > p95)⁸. El rendimiento académico estimó las calificaciones que estuvieron organizadas de acuerdo con una escala categórica en dos niveles: "Logro esperado" (14 a 20 puntos) y "En proceso" (0 a 13 puntos).

La investigación fue aprobada por el comité de ética de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad César Vallejo, garantizando el cumplimiento de los principios fundamentales de la bioética autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia, así como de los lineamientos establecidos en la Declaración de Helsinki⁹ para investigaciones médicas en personas. La participación de los escolares fue autorizada mediante la firma del consentimiento informado por parte de los padres o tutores legales, y los estudiantes otorgaron su asentimiento informado de manera voluntaria. Durante todo el proceso de investigación, se garantizó la confidencialidad y anonimato de la información recopilada, respetando los principios éticos establecidos para estudios con población infantil.

Análisis estadístico

Se utilizó el software IBM SPSS v. 27, para la representación de los datos cuantitativos se usó la media, desviación estándar, mínimo y máximo. Para determinar la asociación significativa entre las variables categóricas, se empleó la prueba Chi-cuadrado para evaluar asociaciones entre variables (nivel de significancia $p < 0,05$).

RESULTADOS

Se recolectaron datos de 156 participantes, de los cuales el 53,8% fueron de sexo femenino y el 46,2% de sexo masculino. En cuanto al grupo etario, el 32,1% tuvo 9 años, el 43,6%, 10 años y el 24,4% tenía 11 años. Respecto al indicador talla/edad, el 73,1% presentó una talla normal para su edad, mientras que el 26,9% mostró talla baja; no se reportaron casos con talla alta. En relación con el índice de masa corporal para la edad (IMC/edad), la mitad de los estudiantes presentaron un estado nutricional normal, mientras que, el 9,6% se encontró en condición de sobrepeso y el 40,4% con obesidad. Asimismo, no se identificaron casos de delgadez, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de los escolares (n=156)

Características generales	n	%
Género		
Femenino	84	53,8
Masculino	72	46,2
Edad		
9	50	32,1
10	68	43,6
11	38	24,4
Talla/Edad		
Baja	42	26,9
Normal	114	73,1
Alta	0	0,0
IMC/Edad		
Delgadez	0	0,0
Normal	78	50,0
Sobrepeso	15	9,6
Obesidad	63	40,4

Acerca de la omisión del desayuno y el estado nutricional en escolares, se observó que el 37,2% de estudiantes con estado nutricional malnutridos no desayuna, a comparación del 19,2% que si lo hacen. Por otro lado, el estado nutricional normal es relativamente similar en ambos grupos: 21,2% entre quienes desayunan y 22,4% entre quienes no lo hacen.

En relación a la omisión del desayuno y rendimiento académico en los escolares evaluados, se evidenció que, el 40,4% de los estudiantes que no desayunan presentan un rendimiento académico "en proceso", en comparación con el 27,6% de aquellos que sí lo hacen. Asimismo, un menor porcentaje de estudiantes que desayunan (12,8%) se encuentra en el grupo de "logro esperado" frente al 19,2% de quienes omiten el desayuno.

Respecto a los resultados del análisis inferencial, el valor de Chi-cuadrado fue $p=0,544$, con un valor de $p > 0,05$. Este resultado indica que no se evidenció una asociación estadísticamente significativa entre la omisión del desayuno y el rendimiento académico de los estudiantes.

Los resultados obtenidos mediante la prueba de Chi-cuadrado indicaron un valor estadístico de $p=0,049$ con un va-

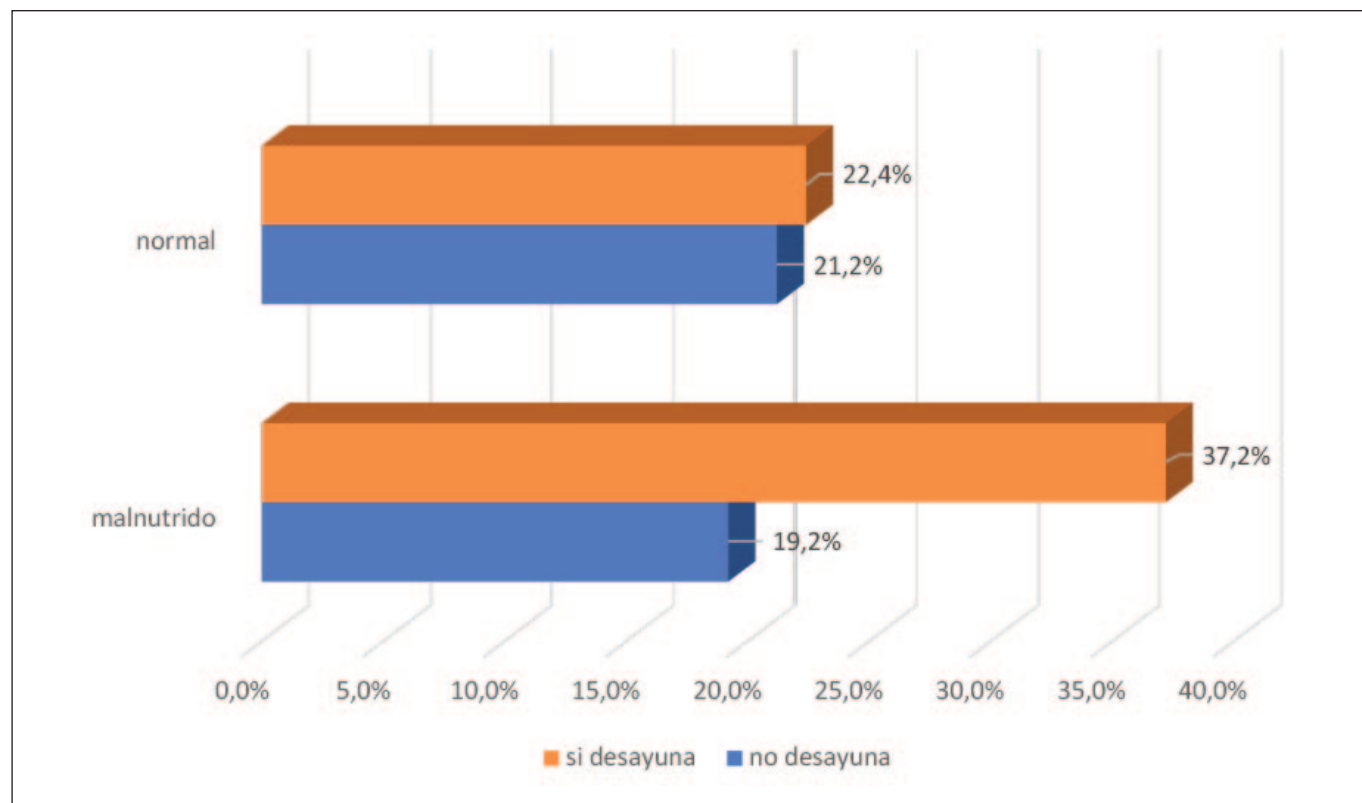


Figura 1. Distribución del estado nutricional según omisión del desayuno

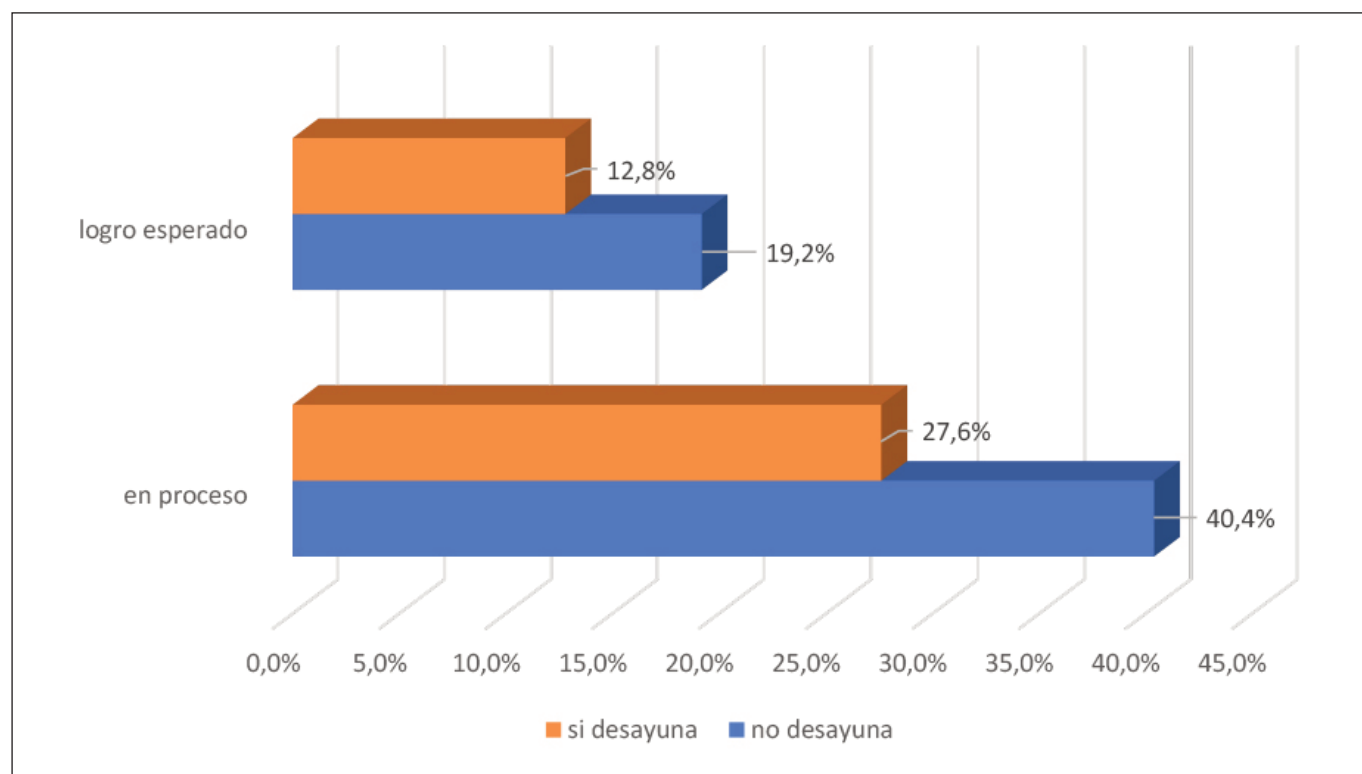


Figura 2. Rendimiento académico según omisión del desayuno

lor de $p < 0,05$, lo que permitió inferir la existencia de una asociación estadísticamente significativa entre la omisión del desayuno y el estado nutricional en los escolares evaluados (Tabla 3).

jornada académica, lo cual guarda relación con un rendimiento académico subóptimo. Estos hallazgos se vinculan con los resultados de Esparza y Gamarra (2020)¹², quienes reportaron que el 60.7% de los estudiantes peruanos consume ali-

Tabla 2. Tabla de contingencia para evaluar la asociación entre la omisión del desayuno y el rendimiento académico

		Omisión del desayuno				Total		P(*)
		NO		SI				
		n	%	n	%	n	%	
Rendimiento académico	En proceso	43	27,6%	63	40,4%	106	67,9%	0,544
	Logro esperado	20	12,8%	30	19,2%	50	32,1%	
Total		63	40,4%	93	59,6%	156	100,0%	

(*) Prueba estadística Chi Cuadrado.

Tabla 3. Tabla de contingencia para evaluar la asociación entre la omisión del desayuno y el estado nutricional

		Omisión del desayuno				Total		P(*)
		NO		SI				
		n	%	n	%	n	%	
Estado nutricional	Mal nutrido	30	19,2%	58	37,2%	88	56,4%	0,049
	Normal	33	21,2%	35	22,4%	68	43,6%	
Total		63	40,4%	93	59,6%	156	100,0%	

(*) Prueba estadística Chi Cuadrado.

DISCUSIÓN

La omisión del desayuno en la población escolar constituye un fenómeno de creciente interés en el ámbito de la salud pública y la educación, dado su potencial impacto en el estado nutricional, el rendimiento académico y el bienestar integral de los estudiantes. Diversas investigaciones han documentado que iniciar la jornada escolar sin una ingesta adecuada de energía y nutrientes puede afectar negativamente procesos fisiológicos y funciones cognitivas esenciales, como la atención, la memoria y la capacidad de resolución de problemas. Sin embargo, la magnitud y naturaleza de estos efectos pueden variar en función de factores individuales, familiares y contextuales, lo que hace necesario interpretar los hallazgos a la luz de la evidencia previa y de las particularidades de cada población evaluada^{10,11}.

El presente estudio identificó que una proporción significativa de escolares no consumía esta comida antes de iniciar su

mentos de calidad nutritiva regular durante el desayuno, mientras que solo el 12.6% accede a un desayuno nutricionalmente adecuado. Dichos autores concluyeron que una alimentación deficiente en las primeras horas del día influye negativamente en el logro académico, lo que refuerza la necesidad de implementar estrategias institucionales que fomenten desayunos más nutritivos como parte de las intervenciones orientadas a mejorar el rendimiento escolar.

Respecto a la asociación entre la omisión del desayuno y el rendimiento académico, los resultados del presente estudio evidenciaron una relación significativa entre ambos factores, sugiriendo que la ausencia de una ingesta matutina adecuada puede influir negativamente en el desempeño escolar. Estos hallazgos guardan consonancia con el estudio de Beas (2022)¹³, quien, tras analizar datos de las 24 regiones del Perú, concluyó que la relación entre alimentación y rendimiento académico está mediada por factores contextuales

de notable relevancia, tales como la disponibilidad de recursos educativos, el acceso a herramientas tecnológicas y el nivel educativo de los padres. Este contraste aporta una visión más integral del fenómeno, al reconocer que, aunque la omisión del desayuno es un factor determinante, forma parte de un entramado más amplio de condiciones que afectan el rendimiento escolar¹⁴.

Finalmente, la asociación estadísticamente significativa entre la omisión del desayuno y el estado nutricional alterado, confirmada en nuestro estudio, proporciona evidencia sólida que respalda la urgente necesidad de implementar estrategias integrales multisectoriales para mejorar los regímenes alimenticios en esta población escolar. Este hallazgo se alinea con lo documentado por Olatona et al.¹⁵, quienes reportaron un mayor IMC en adolescentes que omitían el desayuno, en comparación con quienes lo consumían regularmente. A su vez, difiere de los resultados de Abdullah et al.¹⁶, quienes no hallaron correlación directa entre desayuno e IMC, resaltando el papel de factores como la dieta global y la actividad física. Esta divergencia también se observa en estudios regionales: Gaete et al.¹⁷ identificaron una relación positiva entre desayuno y rendimiento académico, mientras que Muñoz et al.¹⁴ no encontraron correlación significativa. En conjunto, estos resultados subrayan la multidimensionalidad del fenómeno, y refuerzan la importancia de abordar la integral del bienestar escolar.

La presente investigación presenta limitaciones que deben considerarse al interpretar los resultados. El diseño transversal impide establecer relaciones causales entre la omisión del desayuno y las variables estudiadas. Además, la muestra se limita a una institución educativa pública de Ate Vitarte, lo que restringe la generalización a otros contextos. El uso de cuestionarios autoinformados podría haber introducido sesgos, y no se controlaron variables contextuales como el nivel socioeconómico, entorno familiar o actividad física, que podrían influir en los resultados. Estos aspectos resaltan la necesidad de futuros estudios con enfoques longitudinales y muestras más amplias.

CONCLUSIÓN

La omisión del desayuno tiene asociación con el estado nutricional; sin embargo, no se encontró asociación entre la omisión del desayuno y rendimiento académico en los escolares.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la universidad César Vallejo y a la Institución Educativa N° 1263 de Puruchuco en Ate Vitarte por el apoyo y disposición para ejecutar la presente investigación.

REFERENCIAS

1. Organización Mundial de la Salud. Nutrición [Internet]. Ginebra: OMS; [consultado 12 Ago 2024]. Disponible en: <https://www.who.int/es/health-topics/nutrition>

2. Alegría C, Rozas C. El efecto de los desayunos escolares sobre los aprendizajes [Internet]. Lima: Universidad del Pacífico; [año de publicación] [consultado 12 Ago 2024]. Disponible en: <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/2662>
3. Cortaza JR, García WA, Rutti YY, Bonifaz MA, Pillco EV, García EG, et al. Calidad del desayuno, actividad física y estado nutricional en escolares riobambenses, Ecuador. *Nutr Clínica Dietética Hosp* [Internet]. 2023 [consultado 12 Ago 2024]; 43(4). Disponible en: <https://doi.org/10.12873/434gordillocortaza>
4. Organización Panamericana de la Salud. Informe ONU: 131 millones de personas en América Latina y el Caribe no pueden acceder a una dieta saludable [Internet]. Washington DC: OPS; 2023 [consultado 12 Ago 2024]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/noticias/19-1-2023-informe-onu-131-millones-personas-america-latina-caribe-no-pueden-acceder-dieta>
5. Lavado P, Barrón M. Evaluación de impacto del Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma [Internet]. Lima: Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social; [año de publicación] [consultado 12 Ago 2024]. 125 p. Report No.: 1. Disponible en: <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/6894>
6. Checa C, Cornejo. Estado nutricional y rendimiento académico en estudiantes de primero de primaria de la IE 14893 San Pablo, Piura-2023 [Internet]. [Piura]: Universidad César Vallejo; [año de publicación] [consultado 12 Ago 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/136391>
7. Infanzon F, Giordano CDL. Características que se asocian con la omisión del desayuno en adolescentes montevideanos que concurren a colegios privados. *Enferm Cuid Humaniz* [Internet]. 2017 [consultado 12 Ago 2024]; 6(2):4-19. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6195705>
8. Juscamaita JIP, Vara JBG, Aliaga MB. Estilos de vida de estudiantes universitarios en confinamiento por COVID-19. *Vis Rev Int Vis Cult Rev Rev Int Cult Vis* [Internet]. 2022 [consultado 12 Ago 2024]; 11(1):1-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.37467/revvisual.v9.3638>
9. Manzini JL. Declaración de helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta bioethica*. 2000 6(2):321-34.
10. Peña-Jorquera H, Campos-Núñez V, Sadarangani KP, Ferrari G, Jorquera-Aguilera C, Cristi-Montero C. Breakfast: A Crucial Meal for Adolescents' Cognitive Performance According to Their Nutritional Status. The Cogni-Action Project. *Nutrients*. 2021;13(4):1320. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/nu13041320>
11. Ministerio de Salud. Un desayuno saludable contribuye a un buen rendimiento físico e intelectual del escolar [Internet]. Lima: MINSA; [consultado 12 Ago 2024]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/26272-un-desayuno-saludable-contribuye-a-un-buen-rendimiento-fisico-e-intelectual-del-escolar>
12. Esparza D, Gamarra D. asociación entre la calidad nutricional del desayuno y rendimiento escolar en niños de nivel primario de una institución educativa de Lima [Internet]. [Lima]: Universidad Privada del Norte; [año de publicación] [consultado 12 Ago 2024]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/32704>

13. Beas A, Rolando S. Efecto del programa de alimentación escolar Qali Warma en los logros de aprendizaje en Perú. *Comuni@cción* [Internet]. 2022 [consultado 12 Ago 2024]; 13(1):29-41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.33595/2226-1478.13.1.669>
14. Muñoz P, Alarcón M, Jarpa-Parra M, Morales IA. Hábito y calidad del desayuno; su efecto en el rendimiento académico de estudiantes de técnico de nivel superior en enfermería. *Horiz Sanit* [Internet]. 2020 [consultado 12 Ago 2024]; 19(3):405-14. Disponible en: <https://doi.org/10.19136/hs.a19n3.3706>
15. Olatona FA, Oloruntola OO, Adeniyi OF, Amu EO. Association Between Breakfast Consumption and Anthropometrically Determined Nutritional Status of Secondary-School Adolescents in Lagos, Southwest Nigeria. *Int J MCH AIDS* [Internet]. 2022 [consultado 12 Ago 2024]; 11(1) Disponible en: <https://doi.org/10.21106/ijma.503>
16. Abdullah K, Nor Azam NR. Innovated Malay Traditional Food Products: Do Consumers Accept the Authentic Quality? *Int J Acad Res Bus Soc Sci* [Internet]. 2021 [consultado 12 Ago 2024]; 11(16). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.6007/IJARBS/v11-i16/11228>
17. Gaete-Rivas D, Olea M, Meléndez-Illanes L, Granfeldt G, Sáez K, Zapata-Lamana R, et al. Hábitos alimentarios y rendimiento académico en escolares chilenos de quinto a octavo año básico. *Rev Chil Nutr* [Internet]. 2021 [consultado 12 Ago 2024]; 48(1):41-50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182021000100041>

Variación de peso corporal y nivel de hemoglobina en pacientes con tuberculosis atendidos en un centro de salud público

Variation in body weight and hemoglobin level in patients with tuberculosis treated at a public health center

Fabrizio Giovani MAURICIO CARRION¹, Ariana Beatriz SALINAS GERONIMO¹, Luis Pavel PALOMINO QUISPE², Zoila Rita MOSQUERA FIGUEROA¹, Jannet Carolina ANTÓN HUIMAN³

1 Universidad César Vallejo.

2 Universidad San Ignacio de Loyola. Universidad César Vallejo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3 Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 25/agosto/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: La tuberculosis constituye un importante problema de salud pública en el Perú, con repercusiones nutricionales que condicionan la evolución clínica. La pérdida de peso y la disminución de hemoglobina, son factores que pueden afectar la respuesta al tratamiento.

Objetivo: Evaluar la relación entre la variación porcentual del peso corporal y los niveles de hemoglobina en pacientes con tuberculosis atendidos en el Centro de Salud Max Arias Schreiber, La Victoria, en 2025.

Metodología: Investigación no experimental, transversal - correlacional. Se revisaron 60 historias clínicas de pacientes adultos con diagnóstico confirmado de tuberculosis, atendidos entre enero de 2022 y diciembre de 2024, con al menos tres meses de tratamiento y datos completos para el análisis. La hemoglobina se obtuvo de las historias clínicas y la variación de peso se calculó mediante la fórmula: $[(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial} \times 100]$. La normalidad de los datos se verificó y se aplicó la prueba de correlación de Pearson.

Resultados: Las mujeres mostraron una variación de peso promedio de $-1,0 \pm 4,8\%$ (rango: $-10,58\%$ a 10%), mientras que los varones registraron un incremento de $0,71 \pm 5,84\%$ (rango: $-17,80\%$ a $10,4\%$). Inicialmente, el 53,3% presentó hemoglobina normal, el 25,0% anemia leve y el 21,7% anemia moderada; no se identificaron casos de anemia severa. Se halló una correlación positiva débil, entre la variación de peso y los niveles de hemoglobina ($RO=0,269$; $p=0,038$).

Conclusión: La variación del peso corporal se relaciona directamente con los niveles de hemoglobina. Un mayor incremento de peso durante el tratamiento se asocia con valores más altos de hemoglobina en pacientes con tuberculosis, lo que resalta la importancia del seguimiento nutricional en esta población.

PALABRAS CLAVE

Estado hematológico, tratamiento antituberculoso, seguimiento nutricional, evaluación clínica, salud pública.

ABSTRACT

Introduction: Tuberculosis is a major public health problem in Peru, with nutritional repercussions that influence clinical outcomes. Weight loss and decreased hemoglobin are factors that can affect treatment response.

Objective: To evaluate the relationship between percentage changes in body weight and hemoglobin levels in patients

Correspondencia:
Fabrizio Giovani Mauricio Carrion
fabrimc999@gmail.com

with tuberculosis treated at the Max Arias Schreiber Health Center, La Victoria, in 2025.

Methodology: Non-experimental, cross-sectional, correlational research. The medical records of 60 adult patients with a confirmed diagnosis of tuberculosis, treated between January 2022 and December 2024, with at least three months of treatment and complete data for analysis, were reviewed. Hemoglobin was obtained from the medical records, and weight changes were calculated using the formula: $[(\text{final weight} - \text{initial weight}) / \text{initial weight} \times 100]$. Data normality was verified, and the Pearson correlation test was applied.

Results: Women showed an average weight change of $-1.0 \pm 4.8\%$ (range: -10.58% to 10%), while men showed a weight gain of $0.71 \pm 5.84\%$ (range: -17.80% to 10.4%). Initially, 53.3% had normal hemoglobin, 25.0% had mild anemia, and 21.7% had moderate anemia; no cases of severe anemia were identified. A weak positive correlation was found between weight change and hemoglobin levels ($OR = 0.269$; $p = 0.038$).

Conclusion: Body weight change is directly related to hemoglobin levels. Greater weight gain during treatment is associated with higher hemoglobin levels in patients with tuberculosis, highlighting the importance of nutritional monitoring in this population.

KEYWORDS

Hematological status, antituberculosis treatment, nutritional monitoring, clinical evaluation, public health.

LISTA DE ABREVIATURAS

IMC: Índice de Masa Corporal.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

RO: Coeficiente Correlación de Pearson.

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.

TBC: Tuberculosis.

INTRODUCCIÓN

La tuberculosis (TBC) es una enfermedad infecciosa causada por *Mycobacterium tuberculosis*, que afecta principalmente los pulmones y se asocia a importantes repercusiones nutricionales, como la pérdida de peso y la anemia, factores que inciden negativamente en la recuperación del paciente¹. Estas alteraciones derivan del aumento del gasto energético basal, la reducción de la ingesta alimentaria y la activación de procesos inflamatorios crónicos, que alteran el metabolismo proteico y la eritropoyesis². La coexistencia de bajo peso y anemia en pacientes con TBC se ha vinculado con una mayor frecuencia de complicaciones, prolongación del tratamiento y aumento del riesgo de mortalidad³.

De acuerdo con el Informe Mundial sobre la Tuberculosis 2023 de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2022 se estimaron 10,6 millones de nuevos casos y 1,6 millones de muertes relacionadas con la enfermedad, lo que la mantiene como una de las principales causas de mortalidad por enfermedades infecciosas a nivel global⁴. En el Perú, la TBC continúa representando un problema prioritario de salud pública, concentrándose la mayor carga de casos en Lima Metropolitana y el Callao, y afectando principalmente a personas en edad económicamente activa. Asimismo, se ha reportado que más del 30% de los pacientes con tuberculosis presentan anemia al momento del diagnóstico, lo cual compromete la respuesta inmunológica y puede limitar la eficacia terapéutica⁵.

El estado nutricional en pacientes con TBC se evalúa mediante indicadores como el peso corporal y la concentración de hemoglobina, los cuales permiten monitorear la evolución clínica y estimar el pronóstico. La pérdida significativa de peso o niveles bajos de hemoglobina reflejan vulnerabilidad nutricional y justifican la implementación de intervenciones dieto-terapéuticas oportunas^{6,7}.

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como finalidad evaluar la asociación entre el porcentaje de variación del peso corporal y el nivel de hemoglobina en pacientes con tuberculosis atendidos en el Centro de Salud Max Arias Schreiber, La Victoria, durante el periodo enero de 2022 a diciembre de 2024.

METODOLOGÍA

Investigación de enfoque cuantitativo, diseño no experimental, transversal - correlacional. Efectuado en 60 historias clínicas de pacientes con tuberculosis comprendidos entre 18 a 80 años. Se realizó la revisión de historias clínicas de pacientes adultos con diagnóstico confirmado de tuberculosis atendidos durante el periodo enero del 2022 a diciembre de 2024. Se incluyeron 60 historias clínicas que contaban con la información completa para el estudio, asimismo, un tiempo mínimo de tratamiento de 3 meses. El tamaño de la muestra fue censal, ya que incluyó todas las historias clínicas de los pacientes con tuberculosis que recibieron atención médica en el centro de salud. Se excluyeron las historias clínicas de pacientes con discrasias sanguíneas y/o trastornos de la coagulación, así como aquellos con infecciones sistémicas como VIH o malaria. Del mismo modo, se excluyeron pacientes con diagnóstico de leucemia y/o en periodo de gestación, condiciones que podrían afectar el nivel de hemoglobina.

La recolección de datos se efectuó mediante revisión documental, utilizando las historias clínicas de los pacientes como fuente secundaria de información. Para la variable porcentaje de variación de peso, se aplicó la fórmula⁸ $[(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{peso inicial} \times 100]$, considerando los criterios de clasificación del cambio de peso en un periodo de tres meses reportado en la historia clínica del paciente; los resultados se registraron cuidadosamente en la misma ficha clínica.

La información referente a los niveles de hemoglobina fue obtenida de las historias clínicas de los pacientes. El diagnóstico se estableció siguiendo los puntos de corte definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), considerando las variaciones según género y grupo etario. A fin de determinar la presencia o no de anemia, según los puntos de corte establecidos en la NTS N.º 213-MINSA/DGIESP-2024, Norma Técnica de Salud para la prevención y control de la anemia por deficiencia de hierro⁵.

La investigación fue aprobada por el comité de ética de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad César Vallejo, con el código de revisión N° PI-CEI-NUT-EST.2024-0069, con la aprobación de la Escuela de Nutrición de la Universidad César Vallejo. Asimismo, se garantizó el respeto y la adherencia a las directrices de la bioética y a los principios establecidos en la Declaración de Helsinki⁹. Además, se obtuvo el consentimiento de la Diris Lima Centro para llevar a cabo la investigación.

Análisis estadístico

Los datos fueron digitalizados en Microsoft Excel 2016 y el procesamiento del análisis estadístico se efectuó mediante el software IBM SPSS, versión 27. Para el análisis descriptivo se emplearon frecuencias absolutas y relativas en las variables cualitativas, mientras que para las variables cuantitativas se calcularon la media y la desviación estándar. Se evaluó la normalidad y distribución de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, evidenciándose una simetría. En consecuencia, para analizar la relación entre las variables se optó por utilizar una prueba estadística inferencial paramétrica, empleándose el coeficiente de correlación de Pearson.

RESULTADOS

Se recolectaron 60 historias clínicas de pacientes, el 43.3% fueron de sexo femenino mientras que el 56.7% masculino. En cuanto al grupo etario, el 31.7% fueron jóvenes, el 50% adultos y el 18.3% adultos mayores. El tiempo de enfermedad fue de 3 a 6 meses en el 95% de los pacientes, de 7 a 12 meses en el 3,3% y mayor a un año en el 1,7%. En cuanto al diagnóstico de anemia, al inicio del estudio el 53,3% no presentó anemia, el 25,0% mostró anemia leve y el 21,7% anemia moderada (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales de los pacientes con Tuberculosis evaluados (n=60)

Características	N°	%
Sexo		
Femenino	26	43,3
Masculino	34	56,7
Grupo etéreo		
Joven	19	31,7
Adulto	30	50
Adulto mayor	11	18,3
Dx Anemia		
Normal	32	53,3
Anemia leve	15	25
Anemia moderada	13	21,7

En mujeres, la variación porcentual del peso corporal promedio fue de $-1\pm 4,8\%$, con un mínimo de $-10,58\%$ y máximo de 10% . En varones esta variación fue en promedio de $0,71\pm 5,84\%$, con un mínimo de $-17,80\%$ y un máximo de $10,4\%$. La variación de hemoglobina en sangre promedio de las mujeres fue de $0,18\pm 1,49$ g/dL, registrando un mínimo de $-3,3$ g/dL y un máximo de $3,4$ g/dL. En varones la variación promedio fue de $0,39\pm 1,77$ g/dL, con un mínimo de $-3,3$ g/dL y un máximo de 4 g/dL (Tabla 2).

Se evaluó la asociación entre la variación porcentual del peso corporal y la variación de hemoglobina en pacientes con tuberculosis, mediante un análisis de correlación de Pearson. Se obtuvo una correlación positiva débil ($R=0,269$) con significancia estadística ($p=0,038$), lo que indica que a mayor incremento de peso, también se observó un leve aumento en los niveles de hemoglobina.

Tabla 2. Promedio de la variación porcentual del peso corporal y variación de hemoglobina según género de los pacientes con Tuberculosis evaluados

Variables	Masculino				Femenino			
	Media	DS	Min	Max	Media	DS	Min	Max
Variación porcentual del peso corporal	0,71	5,84	-17,8	10,4	-1,0	4,80	-10,5	10
Variación de hemoglobina en sangre	0,39	1,77	-3,4	4,0	0,18	1,49	-3,3	3,4

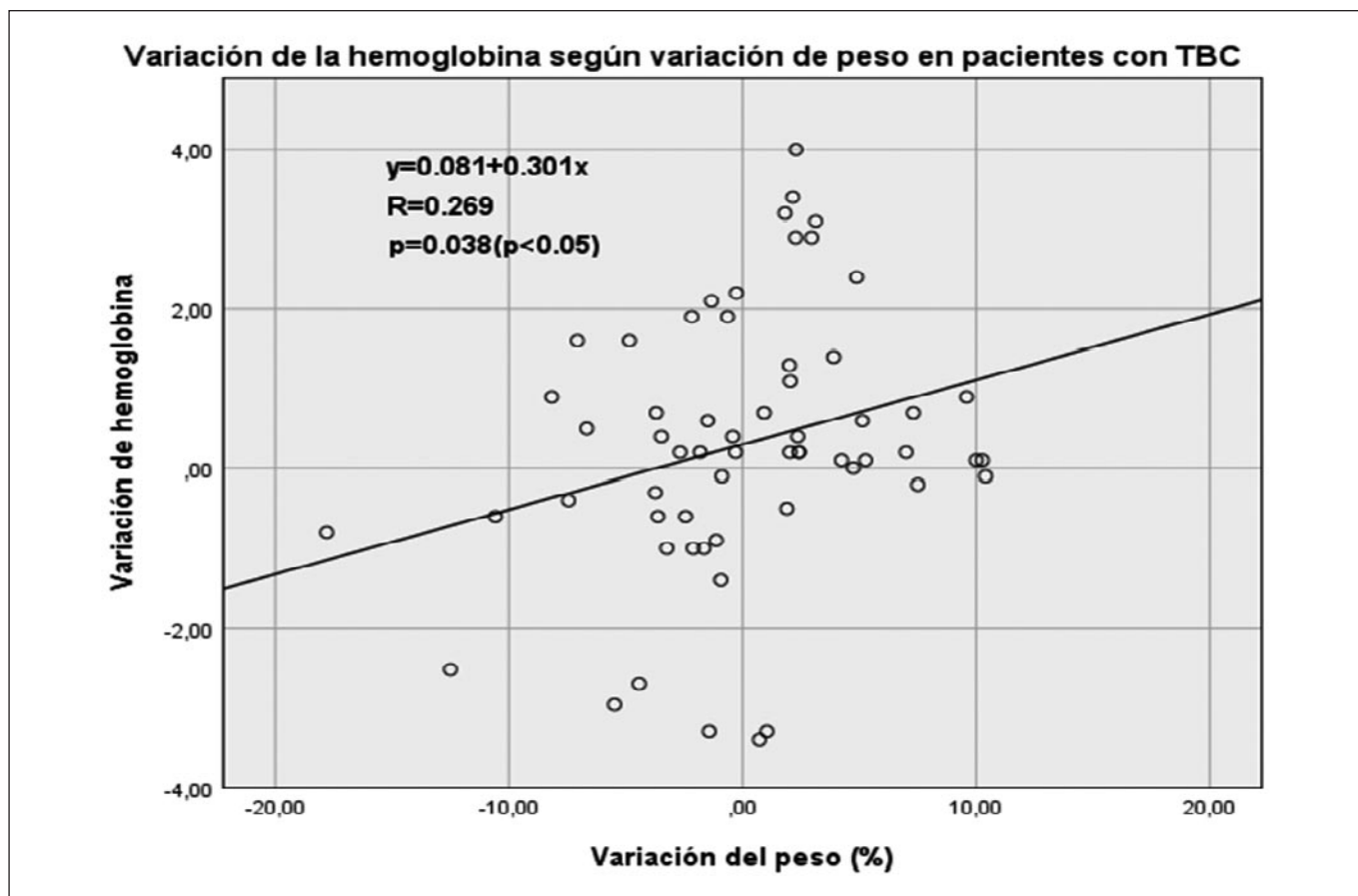


Figura 1. Correlación entre la variación de peso y variación de hemoglobina en pacientes con Tuberculosis

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la relación entre la variación porcentual del peso corporal y los niveles de hemoglobina en pacientes con tuberculosis atendidos en el Centro de Salud Max Arias Schreiber. Los hallazgos más relevantes muestran que la evolución del peso difirió según el sexo con pérdida promedio de -1% en mujeres y ganancia de 0,71% en varones, que la prevalencia de anemia fue elevada (46,7%) y que existió una correlación positiva entre la variación del peso corporal y los niveles de hemoglobina. Estos resultados refuerzan la importancia de la evaluación nutricional y hematológica como componentes críticos en el manejo de pacientes con tuberculosis.

Al analizar la variación del peso corporal, se evidenció que las mujeres tendieron a perder peso, mientras que los varones mostraron una ligera ganancia. Este patrón puede explicarse por diferencias fisiológicas como la masa muscular y la influencia hormonal, así como por desigualdades en el acceso y consumo de alimentos. En contraste, Kalva et al.¹⁰ describieron una pérdida de peso más marcada en varones con tuberculosis en India, especialmente en aquellos con consumo de alcohol o diabetes. La divergencia con el pre-

sente estudio podría estar relacionada con la ausencia de control de comorbilidades y hábitos de consumo, lo cual limita la comparación directa, pero abre la posibilidad de explorar factores culturales y socioeconómicos específicos de la población peruana.

En relación con la anemia, se identificó una prevalencia del 46,7%, siendo leve en el 25% y moderada en el 21,7% de los pacientes. Este hallazgo es consistente con lo descrito por León et al.¹¹, quienes reportaron una prevalencia inicial de anemia del 63% que disminuyó al 44% tras completar el tratamiento. Sin embargo, su diseño longitudinal permitió un seguimiento de seis meses, mientras que el presente estudio, de corte transversal, solo evaluó los primeros tres meses. A pesar de esta limitación, ambos trabajos coinciden en señalar la anemia como una condición frecuente en la tuberculosis, lo que justifica la necesidad de intervenciones nutricionales y suplementación con micronutrientes.

En cuanto a la correlación entre la variación del peso corporal y el nivel de hemoglobina, los resultados muestran una relación positiva, similar a lo reportado por Wagnew et al.¹², quienes documentaron que el aumento de peso durante el tratamiento de tuberculosis multirresistente se asocia con

mejor evolución clínica. Asimismo, los hallazgos concuerdan con Araújo-Pereira et al.^{13,14}, quienes demostraron que la anemia moderada o severa incrementa significativamente la mortalidad (aOR: 6,88; p=0,032). En nuestro estudio, los pacientes con anemia moderada mostraron reducciones de peso de hasta -17,8% y una recuperación hematológica limitada, lo que refuerza la hipótesis de que la interacción entre pérdida de peso y anemia constituye un factor de riesgo clínico relevante.

Por otra parte, se evidenció que el 53,3% de los pacientes con niveles normales de hemoglobina tendieron a ganar peso, lo que sugiere una respuesta terapéutica más favorable. Este resultado es congruente con lo descrito por Chen et al.¹⁵, quienes asociaron el bajo IMC y la pérdida de peso con mayor riesgo nutricional en pacientes con tuberculosis en China. Estos hallazgos resaltan la necesidad de implementar un cribado nutricional sistemático desde la admisión del paciente y reforzar estrategias integrales de soporte alimentario.

En contraste, los hallazgos difieren parcialmente de lo reportado por Hithaish et al.¹⁶, quienes no encontraron asociación entre anemia severa y desenlaces clínicos adversos. La diferencia podría deberse a que en su estudio se implementó suplementación con hierro desde el inicio del tratamiento, mientras que en nuestra investigación no se consideraron intervenciones nutricionales específicas. Este aspecto refuerza la necesidad de integrar la suplementación y la educación alimentaria como parte del manejo estándar de la tuberculosis. Palomino y colaboradores reportaron mayor absorción y biodisponibilidad del hierro hemínico (orgánico), comparado con los suplementos de hierro (inorgánico). La absorción es cinco veces más en alimentos que contiene hierro Hemínico al presentar mayor biodisponibilidad y su absorción a nivel del enterocito es más eficiente¹⁷.

Finalmente, aunque este estudio aporta evidencia sobre la relación entre peso corporal y hemoglobina, es necesario reconocer sus limitaciones. El diseño transversal impide establecer relaciones causales y el uso de registros clínicos no estandarizados pudo introducir sesgos en las mediciones. Además, no se evaluaron variables relevantes como comorbilidades, coinfección con VIH o consumo de alcohol, que podrían haber modulado los resultados. Pese a ello, los hallazgos ofrecen una visión representativa de la situación en un centro de salud peruano y subrayan la urgencia de reforzar la evaluación nutricional integral, la vigilancia hematológica y la implementación de intervenciones dirigidas a reducir la anemia y mejorar la recuperación nutricional en pacientes con tuberculosis.

CONCLUSIONES

La variación del peso corporal se relaciona directamente con los niveles de hemoglobina. Un mayor incremento de peso durante el tratamiento se asocia con valores más altos

de hemoglobina en pacientes con tuberculosis, lo que resalta la importancia del seguimiento nutricional en esta población.

Estos hallazgos enfatizan la necesidad de incorporar estrategias de evaluación nutricional y control hematológico en los protocolos de atención de pacientes con tuberculosis, a fin de mejorar los resultados terapéuticos y contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la salud y el bienestar.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la universidad César Vallejo y al Centro de Salud Max Arias Schreiber por el apoyo y disposición para ejecutar la presente investigación.

REFERENCIAS

1. CDCespanol. Tuberculosis (TB). Acerca de la tuberculosis [Internet]. 2025 [citado 2025 Abr 20]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/tb/es/about/la-tuberculosis.html>
2. Organización Mundial de la Salud. Global Tuberculosis Report 2024 [Internet]. 2024 [citado 2025 Abr 13]. Disponible en: <https://www.who.int/teams/global-programme-on-tuberculosis-and-lung-health/tb-reports/global-tuberculosis-report-2024>
3. Organización Mundial de la Salud. La tuberculosis resurge como principal causa de muerte por enfermedad infecciosa [Internet]. 2024 Oct 29 [citado 2025 Feb 18]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/29-10-2024-tuberculosis-resurges-as-top-infectious-disease-killer>
4. Organización Panamericana de la Salud. Situación de la Tuberculosis en las Américas [Internet]. 2024 [citado 2025 Abr 13]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/tuberculosis/situacion-tuberculosis-americas>
5. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (CENAN). Boletines epidemiológicos [Internet]. CDC MINSA; 2024 [citado 2025 Feb 18]. Disponible en: <https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/publicaciones/boletines-epidemiologicos/>
6. Yang Q, Han J, Shen J, Peng X, Zhou L, Yin X. Diagnosis and treatment of tuberculosis in adults with HIV. *Medicine (Baltimore)*. 2022 Sep 2;101(35):e30405. doi: 10.1097/MD.00000000000030405
7. Claramonte M, Pérez L, Noguera N. Desnutrición hospitalaria y variables antropométricas para la valoración nutricional. *ResearchGate* [Internet]. 2024 Dic 9 [citado 2025 Feb 18]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/356786896_Desnutricion_hospitalaria_y_variables_antropometricas_para_la_valoracion_nutricional doi: 10.54139/salus.v25i2.60
8. Organización Mundial de la Salud. Weight Loss Management - OMS Urgent Care [Internet]. 2020 [citado 2025 Abr 15]. Disponible en: <https://oms-urgentcare.com/services/weight-loss-management/>
9. Manzini JL. Declaración de helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta bioethica*. 2000; 6(2):321-34.

10. Kalva J, Babu SP, Narasimhan PB, Raghupathy K, Ezhumalai K, Knudsen S, et al. Predictors of weight loss during the intensive phase of tuberculosis treatment in patients with drug-susceptible pulmonary tuberculosis in South India. *J Public Health (Oxf)*. 2023 Aug 28;45(3):545-52. doi: 10.1093/pubmed/fdac141
11. Leon J, Sarkar S, Basu D, Nanda N, Joseph NM. Predictors of change in the anemia status among pulmonary tuberculosis patients following anti-tuberculosis treatment in Puducherry, India. *Cureus*. 2023 Sep;15(9):e44821. doi: 10.7759/cureus.44821
12. Wagnew F, Alene KA, Kelly M, Gray D. Impacts of body weight change on treatment outcomes in patients with multidrug-resistant tuberculosis in Northwest Ethiopia. *Sci Rep*. 2024 Jan 4;14(1):508. doi: 10.1038/s41598-023-51026-y
13. Araújo-Pereira M, Krishnan S, Salgame P, Manabe YC, Hosseinipour MC, Bisson G, et al. Effect of the relationship between anaemia and systemic inflammation on the risk of incident tuberculosis and death in people with advanced HIV: a sub-analysis of the REMEMBER trial. *EClinicalMedicine*. 2023 Jun;60:102030. doi: 10.1016/j.eclinm.2023.102030
14. Araújo-Pereira M, Nogueira BMF, Spener-Gomes R, Carvalho ACC, Sant'Anna FM, Figueiredo MC, et al. Anemia and anti-tuberculosis treatment outcome in persons with pulmonary tuberculosis: a multi-center prospective cohort study. *J Infect Public Health*. 2023 Jun;16(6):974-80. doi: 10.1016/j.jiph.2023.04.009
15. Chen W, Ding Q, Zhang SK, Tong ZW, Ren F, Hu CM, et al. Nutritional status in patients with active pulmonary tuberculosis and new nutritional risk screening model for active tuberculosis: a national, multicenter, cross-sectional study in China. *J Thorac Dis*. 2023 May 30;15(5):2779-99. doi: 10.21037/jtd-23-623
16. Hitaish R, Maradi R, Umakanth S. Impact of anemia on sputum smear conversion and treatment outcomes among newly diagnosed tuberculosis patients in Southern India [Internet]. 2023 [citado 2025 Feb 18]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37338470/> doi: 10.4103/ijmy.ijmy_24_23
17. Palomino L, Palomino F. Eficacia comparada de suplemento y complemento alimentario en el tratamiento de la anemia ferropénica en niños peruanos. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2024; 44(1):55-65. doi: <https://doi.org/10.12873/441palomino>

Perímetro abdominal y rendimiento físico en personal de la Policía Nacional del Perú

Abdominal circumference and physical performance in personnel of the National Police of Peru

Ana Cristina PASCACIO YALICO¹, Wilma Fabiola Nazareth SALAZAR GASTELU¹, Luis Pavel PALOMINO QUISPE², Zoila Rita MOSQUERA FIGUEROA¹, Jannet Carolina ANTÓN HUIMAN³

¹ Universidad César Vallejo.

² Universidad San Ignacio de Loyola. Universidad César Vallejo. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

³ Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 25/agosto/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: El personal policial requiere mantener un estado físico y nutricional óptimo para garantizar un adecuado rendimiento físico y desempeño laboral eficiente.

Objetivo: evaluar la relación entre el perímetro abdominal y el rendimiento físico en efectivos de la Policía Nacional del Perú adscritos a la Dirección de Seguridad del Estado.

Material y métodos: investigación de diseño no experimental, transversal correlacional. Participaron 196 policías, seleccionados a través de un muestreo probabilístico aleatorio simple. El perímetro abdominal se midió con una cinta métrica de la marca SECA y se registró en una ficha antropométrica. El rendimiento físico se evaluó mediante el test de Burpee y la fuerza muscular a través del (dinamómetro hidráulico CAMRY), resistencia cardiorrespiratoria (Rockport test con sensor Polar H9) y agilidad (prueba con conos y cronómetro). Todas las mediciones fueron consignadas en una ficha de evaluación física. La correlación entre variables se realizó mediante el coeficiente de Spearman.

Resultados: El 86,2% de los efectivos policiales presentó exceso de peso (59,7% sobrepeso, 21,4% obesidad grado I y el 5,1% obesidad grado II). Los grupos etarios predomi-

nantes fueron 30–39 años (43,4%) y 50–65 años (35,2%). En el grupo femenino, el 53,3% presentó perímetro abdominal con riesgo alto y el 20,0% con riesgo muy alto. En los efectivos policiales varones el 40,4% presentó alto riesgo y el 21,1% muy alto riesgo. En cuanto al rendimiento físico, el 65,3% estuvo por encima del promedio, el 23,9% en promedio y el 10,7% por debajo. Se identificó una correlación negativa débil entre el perímetro abdominal y el rendimiento físico ($Rho = -0,010$; $p = 0,029$), siendo esta estadísticamente significativa ($p < 0,05$).

Conclusión: Existe una correlación indirecta débil entre el perímetro abdominal y el rendimiento físico, esto sugiere que, a medida que el perímetro abdominal aumenta el rendimiento físico tiende a disminuir en los efectivos de la Policía Nacional del Perú.

PALABRAS CLAVE

Condición física, exceso de peso, salud ocupacional, factores de riesgo, desempeño laboral, efectivo policial.

ABSTRACT

Introduction: Police personnel require maintaining optimal physical and nutritional status to ensure adequate physical performance and efficient work performance.

Objective: To evaluate the relationship between waist circumference and physical performance in Peruvian National Police officers assigned to the State Security Directorate.

Correspondencia:

Ana Cristina Pascacio Yalico
apascacioy@ucvvirtual.edu.pe

Materials and methods: A non-experimental, correlational cross-sectional study was conducted. Participants were 196 police officers, selected through simple random probability sampling. Waist circumference was measured with a SECA tape measure and recorded on an anthropometric record. Physical performance was assessed using the Burpee test, and muscle strength (a CAMRY hydraulic dynamometer), cardiorespiratory endurance (a Rockport test with a Polar H9 sensor), and agility (a cone test and stopwatch). All measurements were recorded on a physical evaluation record. Correlation between variables was performed using Spearman's coefficient..

Results: 86.2% of police officers were overweight (59.7% overweight, 21.4% grade I obesity, and 5.1% grade II obesity). The predominant age groups were 30–39 years (43.4%) and 50–65 years (35.2%). In the female group, 53.3% had a high-risk waist circumference and 20.0% had a very high risk. In male police officers, 40.4% had a high risk and 21.1% had a very high risk. Regarding physical performance, 65.3% were above average, 23.9% were average, and 10.7% were below average. A weak negative correlation was identified between waist circumference and physical performance ($Rho = -0.010$; $p = 0.029$), which was statistically significant ($p < 0.05$).

Conclusion: There is a weak indirect correlation between abdominal circumference and physical performance, suggesting that as abdominal circumference increases, physical performance tends to decrease in Peruvian National Police officers.

KEYWORDS

Physical condition, excess weight, occupational health, risk factors, job performance, police force.

LISTA DE ABREVIATURAS

- DIRSEEST: Dirección de Seguridad del Estado.
- OMS: Organización Mundial de la Salud.
- PAB: Perímetro Abdominal.
- PNP: Policía Nacional Del Perú.
- RHO: Coeficiente Correlación de Spearman.
- SPSS: Statistical Package for the Social Sciences.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el perímetro abdominal como un indicador clave de la presencia de grasa intraabdominal, que proporciona información valiosa para determinar si existen niveles excesivos de grasa en la zona abdominal, un aspecto fundamental para preservar la salud¹. Este parámetro se emplea ampliamente para identificar riesgos asociados con enfermedades metabólicas y cardiovasculares, dado que se ha establecido una estrecha rela-

ción entre la distribución de grasa visceral y problemas como la hiperinsulinemia, la hipertensión arterial y las dislipidemias. Estos factores representan amenazas relevantes para el desarrollo de enfermedades crónicas como la diabetes mellitus tipo 2 y diversas patologías cardiovasculares^{2,3}.

Investigaciones previas han evidenciado que estos riesgos no solo comprometen la salud general, sino que también afectan negativamente el rendimiento físico y la capacidad para realizar actividades deportivas. En este contexto, el perímetro abdominal ha cobrado especial relevancia como un factor asociado al desempeño físico, atrayendo la atención de numerosos estudios^{4,5}. Los hallazgos indican que una mayor acumulación de grasa abdominal se asocia con una menor capacidad aeróbica, reducción de la fuerza muscular y una notable pérdida de agilidad y coordinación. Esto pone de relieve la compleja interacción entre la composición corporal y el rendimiento físico, identificando un campo de investigación prioritario en salud y deporte^{6,7}.

El exceso de grasa abdominal no solo se ha consolidado como un factor determinante en la disminución de la función física, sino que también se vincula a procesos inflamatorios mediados por sustancias bioactivas que afectan la recuperación muscular y el rendimiento global. El aumento de esta grasa altera la mecánica corporal, reduciendo la eficiencia del movimiento^{8,9}. Asimismo, se ha observado que la hiperinsulinemia, frecuente en estos casos, limita la disponibilidad de glucosa en los músculos durante el ejercicio, lo que repercute de forma negativa en actividades prolongadas. En consecuencia, la reducción del perímetro abdominal podría mejorar significativamente la funcionalidad física en personas de todas las edades.

Estudios que analizan los efectos de la grasa abdominal excesiva en la salud física han encontrado que esta incrementa la carga metabólica, generando fatiga muscular más temprana durante el ejercicio y aumentando el riesgo de lesiones⁹. Entre las estrategias más efectivas para contrarrestar este problema destacan el ejercicio regular, las modificaciones dietéticas y las intervenciones específicas para la reducción de grasa abdominal¹⁰. La combinación de entrenamiento aeróbico y de resistencia ha demostrado ser especialmente eficaz, sobre todo en adultos mayores con obesidad, ya que contribuye a reducir la grasa visceral y mejorar el control de la glucosa y la insulina. De esta manera, la evaluación del perímetro abdominal resulta fundamental para comprender su impacto sobre la funcionalidad y diseñar estrategias que potencien la salud y el bienestar físico⁷.

La obesidad, por su parte, continúa siendo un problema creciente asociado a la acumulación excesiva de tejido adiposo, originada por un balance energético positivo derivado de una ingesta calórica que excede el gasto diario, incluso durante el reposo¹¹. Las calorías no utilizadas se almacenan como grasa, incrementando los depósitos adiposos. El manejo del peso corporal depende, en gran medida, de la rela-

ción entre la ingesta calórica y el gasto energético, hábitos que requieren constancia. La evidencia sugiere que lograr un balance energético negativo permite revertir la obesidad. Durante la pérdida de peso, se observa una disminución de la grasa total y de la grasa subcutánea abdominal, lo que favorece la reducción del índice de masa corporal por debajo de 30 kg/m², alejándose del rango de obesidad. Esto subraya la importancia de mantener un peso saludable mediante un equilibrio sostenido entre consumo y gasto energético⁶.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo evaluar la relación entre el perímetro abdominal y el rendimiento físico en el personal de la Policía Nacional del Perú que labora en la Dirección de Seguridad del Estado.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo una investigación con enfoque cuantitativo, de diseño no experimental, transversal correlacional¹². La muestra estuvo conformada por 196 efectivos policiales pertenecientes a la Policía Nacional del Perú (PNP) que laboran en la Dirección de Seguridad del Estado (DIRSEEST). Se empleó un muestreo de tipo censal o poblacional, basado en la participación voluntaria de los efectivos policiales. Se incluyó a todo personal policial adscrito a la DIRSEEST de Lima que firmó el consentimiento informado para participar en el estudio. Se excluyó a los efectivos policiales que presentaban amputaciones de miembros superiores y/o inferiores o algún tipo de discapacidad física que pudiera comprometer su desempeño funcional. La recolección de datos se realizó durante el periodo de intervención de cuatro semanas del año 2025.

La recolección de datos se realizó de manera directa mediante la aplicación de pruebas estandarizadas para evaluar la condición física de los participantes, abarcando flexibilidad, fuerza muscular, agilidad, resistencia cardiovascular y perímetro abdominal.

Las pruebas de resistencia muscular para los efectivos de la Policía Nacional del Perú (PNP) se diseñan para evaluar su aptitud física, la cual es crucial para el desempeño de sus funciones¹³. Se utilizó el test de Burpee, prueba funcional que evalúa la capacidad aeróbica, potencia muscular, coordinación intermuscular y resistencia general del organismo. Consiste en la ejecución continua de un patrón motor cíclico que integra movimientos de flexión, extensión y salto vertical utilizando el peso corporal como única carga externa¹⁴. La fuerza muscular¹⁴ se evaluó con un dinamómetro manual CAMRY, registrando la fuerza isométrica máxima (en kilogramos) ejercida con la mano dominante durante 5 segundos. La agilidad¹⁵ se determinó mediante la prueba de conos, que implicó desplazamientos hacia adelante, laterales y hacia atrás; el tiempo se cronometró con un cronómetro manual y se registró el mejor resultado de tres intentos.

La resistencia cardiovascular se valoró mediante la prueba de caminata de 1609 metros (prueba de Rockport), anotando

el tiempo total y la frecuencia cardíaca final, medida con un sensor Polar H9 basado en tecnología ECG. Con estos datos se calculó el consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) aplicando la fórmula correspondiente, que considera el peso corporal, la edad, el sexo, el tiempo de la prueba y la frecuencia cardíaca final^{16,17}.

Finalmente, el perímetro abdominal se midió utilizando una cinta métrica flexible SECA, colocada en el punto medio entre la última costilla y la cresta ilíaca, con el participante de pie y el abdomen relajado. Se realizaron tres mediciones consecutivas y se obtuvo el promedio, expresado en centímetros.

La investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la Facultad de Nutrición de la Universidad César Vallejo y contó con la autorización de la Policía Nacional del Perú para su ejecución en la DIRSEEST, Lima 2025. Se respetaron los principios bioéticos y las disposiciones de la Declaración de Helsinki; la participación fue voluntaria, con consentimiento informado, garantizando la confidencialidad y el anonimato de la información.

Análisis estadístico: Los datos se ingresaron inicialmente en Microsoft Excel 2016 y luego se procesaron en SPSS versión 27. Se realizó un análisis descriptivo mediante frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar. Se evaluó la normalidad y distribución de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov, evidenciándose una asimetría. En consecuencia, para analizar la relación entre las variables se optó por utilizar una prueba estadística inferencial no paramétrica, empleándose el coeficiente de correlación de Spearman.

RESULTADOS

Se evaluó a 196 efectivos policiales de la Dirección de Seguridad del Estado en Lima durante el año 2025. La muestra estuvo conformada predominantemente por varones (84,7%), con una minoría de mujeres (15,3%). La distribución por edad mostró mayor concentración en los rangos de 30 a 39 años (43,4%) y 50 a 65 años (35,2%), mientras que los jóvenes de 20 a 29 años representaron solo el 4,1%. El hallazgo más preocupante se relacionó con el estado nutricional: el 86,2% presentó exceso de peso (59,7% con sobrepeso, 21,4% con obesidad tipo I y 5,1% con obesidad tipo II), en contraste con apenas un 13,8% con peso normal (Tabla 1).

El análisis del perímetro abdominal según edad y sexo evidenció diferencias notables. En los varones, se observó una tendencia al incremento con la edad: los efectivos de 50 a 65 años registraron el mayor promedio (99,0 cm), seguidos por los de 30 a 39 años (97,9 cm), mientras que los de 40 a 49 años mostraron el menor valor (94,7 cm). En las mujeres, con representación limitada a los grupos de 30 a 39 años y 40 a 49 años, el perímetro abdominal fue de 86,2 cm y 81,2 cm, respectivamente, lo que sugiere un patrón inverso, aunque debe interpretarse con cautela debido al reducido tamaño muestral (Tabla 2).

Tabla 1. Características generales y estado nutricional del personal policial

Características generales	n	%
Sexo		
Femenino	30	15,3
Masculino	166	84,7
Edad		
20-29	8	4,1
30-39	85	43,4
40-49	34	17,3
50-65	69	35,2
Estado nutricional por IMC		
Normal	27	13,8
Obesidad I	42	21,4
Obesidad II	10	5,1
Sobrepeso	117	59,7

En cuanto al rendimiento físico, se evidenciaron diferencias significativas por sexo. En la prueba Rockport Walk, los varones alcanzaron un VO_2 máx. promedio de 52,2 ml/kg/min frente a 49,5 ml/kg/min en mujeres. La disparidad más marcada se observó en la dinamometría, donde los hombres lograron 37,7 kg en comparación con 27,3 kg en mujeres. En la prueba de Push-Up, los resultados fueron similares (28,9 repeticiones en hombres vs. 27,7 en mujeres), mientras que en la Prueba T de Agilidad, los varones registraron un tiempo promedio de 14,7 segundos frente a 15,6 segundos en mujeres (Tabla 3).

La evaluación del perímetro abdominal por categorías (bajo, alto y muy alto) mostró que más de la mitad de las mujeres (53,3%) se ubicaron en el nivel alto, mientras que en los varones predominó el nivel bajo (38,6%), aunque con una mayor dispersión entre los niveles alto (40,4%) y muy alto (21,1%). Estos hallazgos reflejan que las mujeres tienden a concentrarse en niveles elevados, mientras que los hombres presentan mayor heterogeneidad (Figura 1).

El análisis inferencial confirmó asociaciones significativas entre el perímetro abdominal y diversas pruebas físicas. Se identificó una correlación negativa débil con el rendimiento físico global ($RHO = -0,010$; $p = 0,029$) (**Figura 2**) y con el VO_2 máx. estimado en Rockport Walk ($RHO = -0,148$; $p = 0,038$) (**Figura 3**), indicando que a mayor perímetro abdominal disminuye la capacidad aeróbica. De manera contrastante, se

Tabla 2. Perímetro abdominal según sexo y grupo etario en personal policial (n=196)

Indicador		Femenino			Masculino		
		N	Media	DS	N	Media	DS
Perímetro abdominal (cm)	20-29	0	0,0	0,0	8	95,5	4,9
	30-39	24	86,2	7,2	61	97,9	5,9
	40-49	6	81,2	6,2	28	94,7	6,7
	50-65	0	0,0	0,0	69	99,0	6,5

Tabla 3. Rendimiento físico del personal policial según sexo

Test de rendimiento físico	Femenino			Masculino		
	N	Media	DS	N	Media	DS
Rockport Walk (VO_2 MAX ml/Kg/Min)	30	49,5	8,3	166	52,2	12,7
Dinamometría (Kg)	30	27,3	5,5	166	37,7	5,7
Push Up (Repeticiones)	30	27,7	14,0	166	28,9	14,0
Prueba T De Agilidad	30	15,6	1,7	166	14,7	2,5

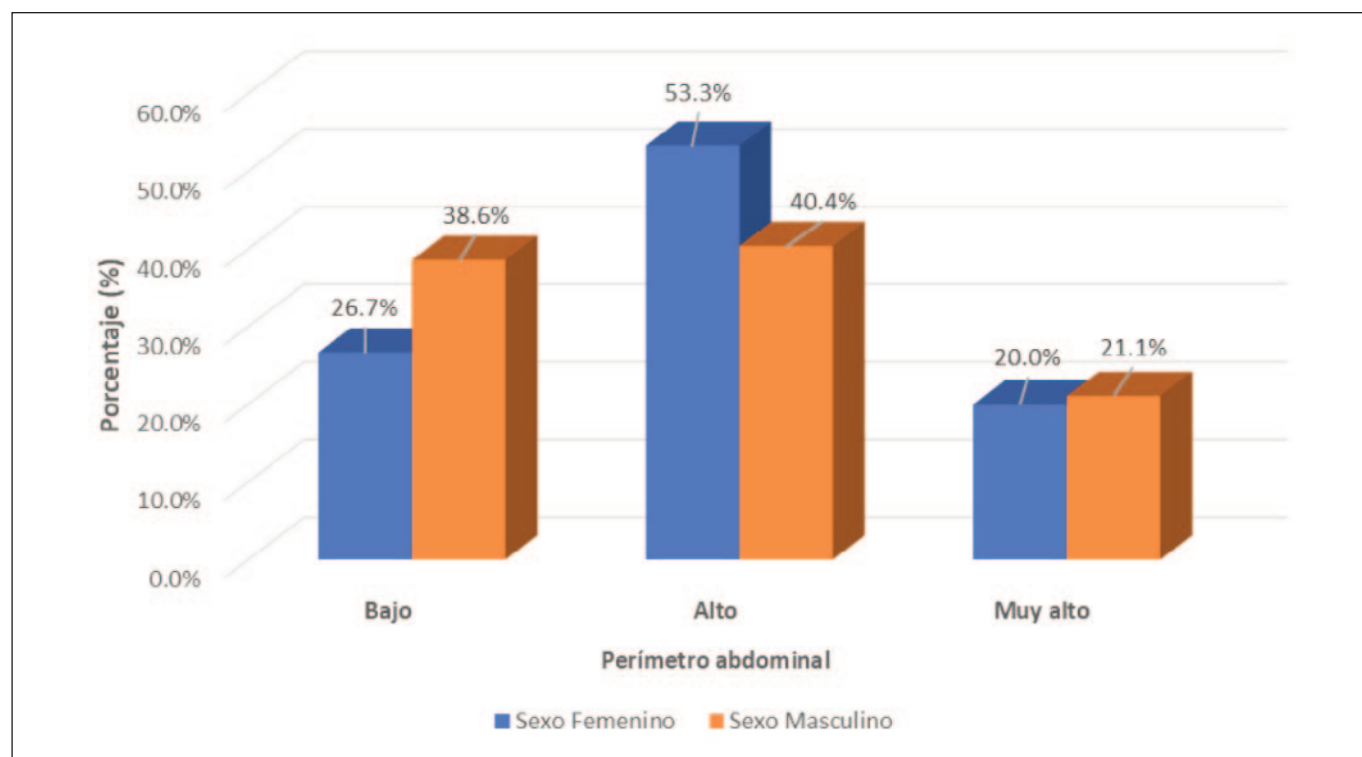


Figura 1. Distribución del perímetro abdominal según sexo y clasificación

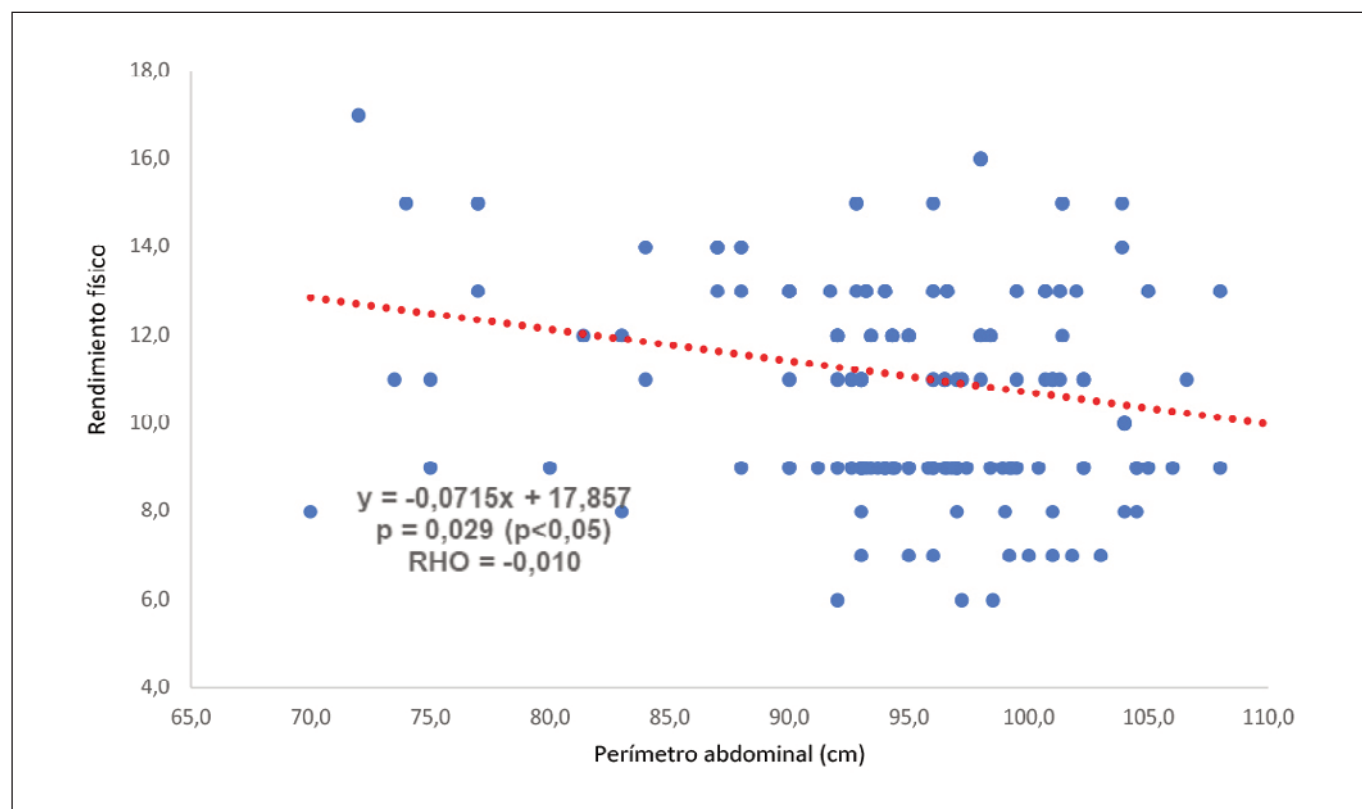


Figura 2. Correlación entre el perímetro abdominal y rendimiento físico global del personal policial

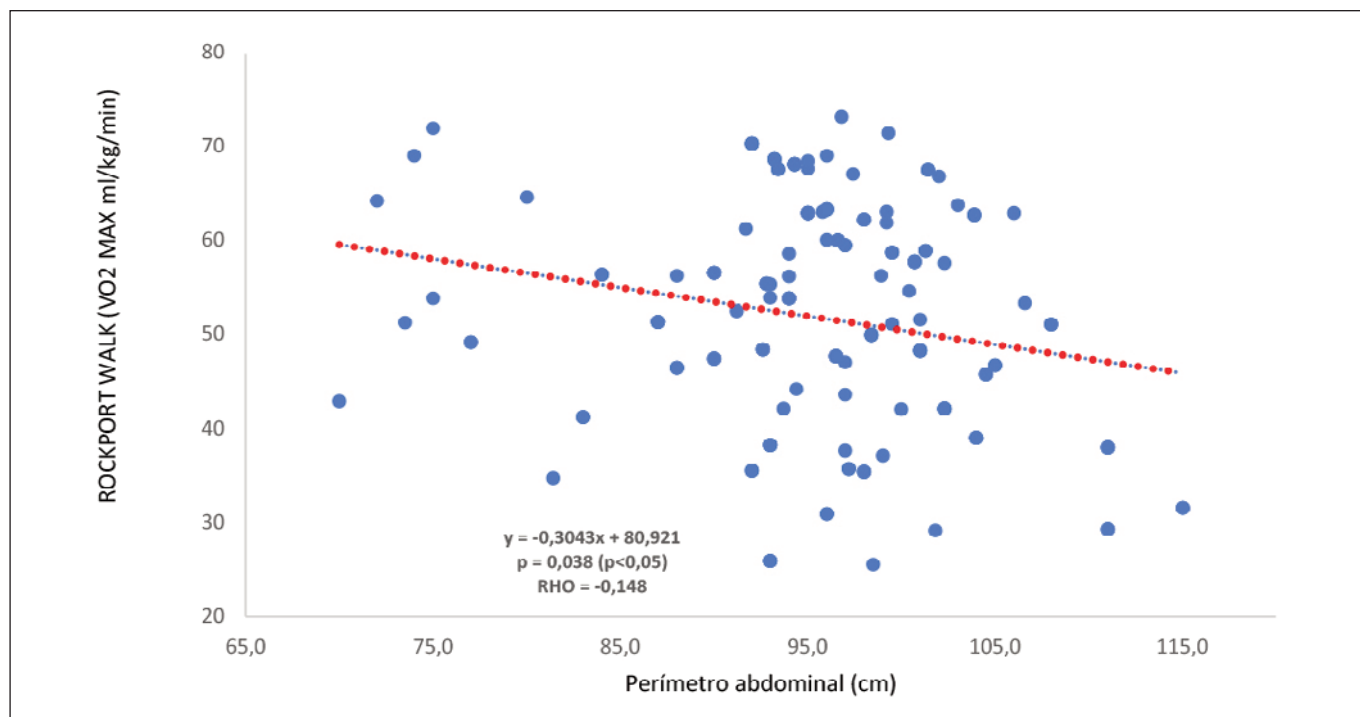


Figura 3. Correlación entre la resistencia física y el perímetro abdominal del personal policial

observó una correlación positiva moderada con la fuerza dinamométrica ($RHO = 0,403$; $p < 0,001$), lo que sugiere que un mayor perímetro abdominal podría asociarse con mayor fuerza de prensión manual (**Figura 4**). Finalmente, se identificó una correlación negativa débil con la Prueba T de agilidad ($RHO = -0,208$; $p = 0,003$) (**Figura 5**).

En conjunto, los hallazgos indican una elevada prevalencia de exceso de peso y perímetro abdominal elevado en el personal policial evaluado, con un impacto adverso en la capacidad aeróbica y la agilidad, aunque con una relación paradójicamente positiva respecto a la fuerza de prensión manual.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de este estudio evidencian una distribución diferenciada del perímetro abdominal (PAB) entre el personal policial según sexo, con mayor dispersión en hombres y predominio de valores elevados en mujeres, lo que indica mayor riesgo metabólico en este grupo.

Asimismo, se identificó que el 86,2% del personal presenta exceso de peso, principalmente sobrepeso y obesidad, y que el PAB tiende a incrementarse con la edad en los varones, especialmente entre los 50-65 años, mientras que en mujeres se observó una ligera disminución en los grupos de mayor edad. A nivel funcional, se encontraron asociaciones significativas entre el aumento del PAB y la fuerza muscular (dinamometría), así como con la agilidad y el VO_2 máx, lo que sugiere que el exceso de tejido adiposo abdominal no solo condiciona

el riesgo metabólico, sino que también repercute en el rendimiento físico de este personal. Ocho de cada diez policías evaluados presentaron exceso de peso, con una alta prevalencia de perímetro abdominal elevado, especialmente en el grupo femenino. El 65,3% de los efectivos policiales mostró un rendimiento físico por encima del promedio, a pesar de la alta frecuencia de exceso de peso y adiposidad abdominal.

Estos resultados coinciden con lo descrito por Ortega et al.⁹, quienes demostraron que el envejecimiento afecta de manera directa la composición corporal, dificultando la reducción de grasa abdominal debido a la disminución progresiva de masa muscular y el aumento relativo de la grasa corporal. Tal fenómeno explica la tendencia observada en los efectivos mayores de 50 años y refuerza la necesidad de estrategias preventivas desde etapas tempranas de la carrera policial. A nivel fisiológico, la literatura señala que la pérdida de masa magra y el predominio del tejido adiposo visceral incrementan la resistencia a la insulina y la inflamación sistémica, potenciando el riesgo de síndrome metabólico⁹.

En el plano social y de estilos de vida, nuestros resultados dialogan con lo señalado por Guevara et al.¹, quienes encontraron mayor prevalencia de PAB elevado en adultos casados o convivientes, atribuible a cambios en los patrones de alimentación y menor actividad física. En el contexto policial, esta situación se vería amplificada por la irregularidad de los turnos y la alta carga laboral, lo que genera entornos propicios para el desarrollo de obesidad abdominal.

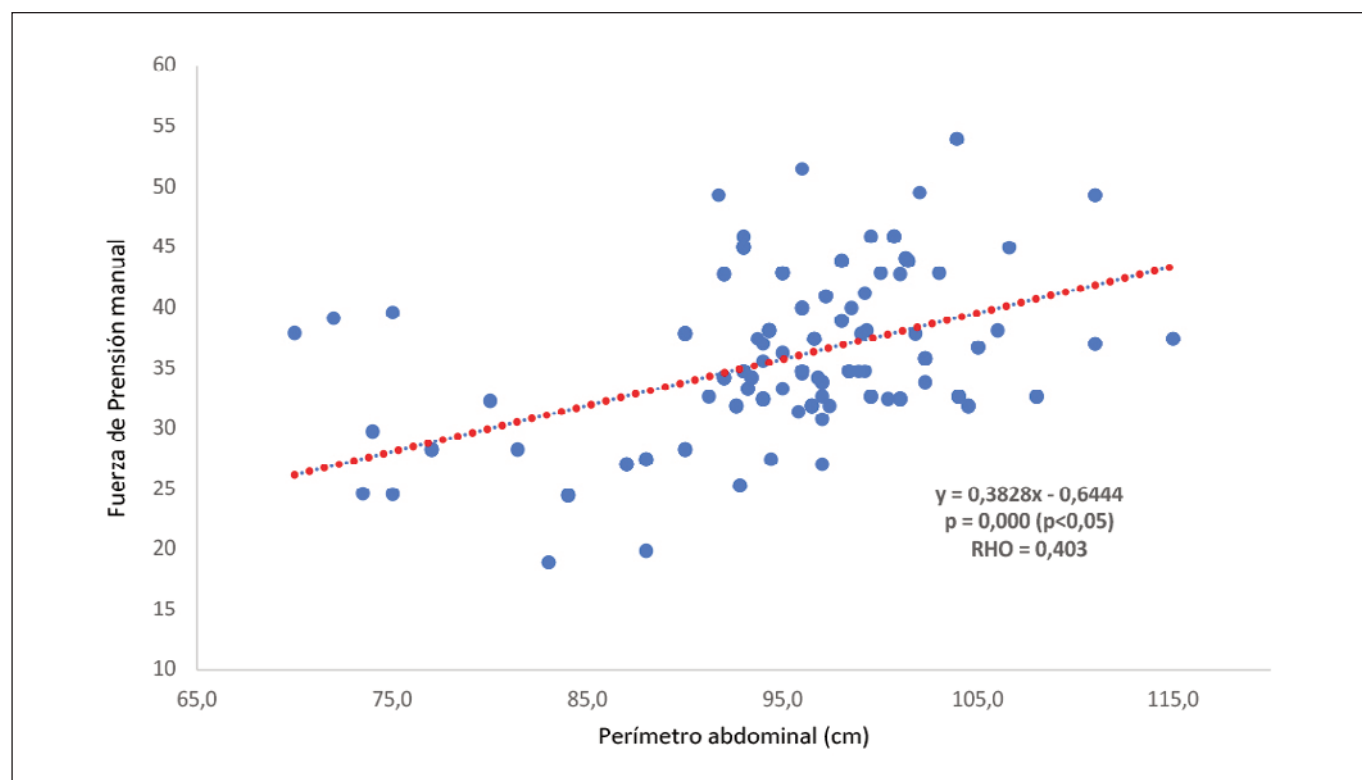


Figura 4. Correlación entre la fuerza física (dinamometría) y perímetro abdominal del personal policial

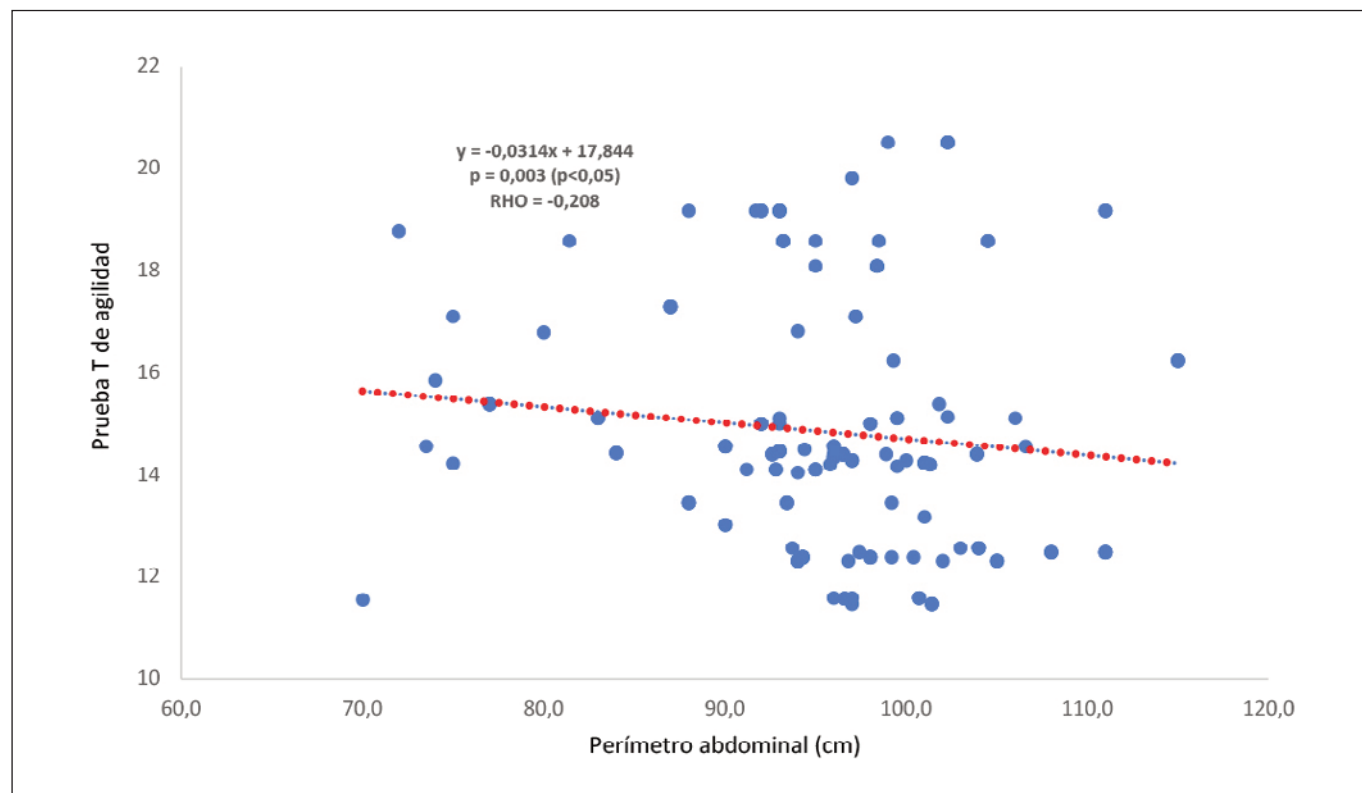


Figura 5. Correlación entre la agilidad física y perímetro abdominal del personal policial

Por otro lado, el presente estudio halló una asociación significativa entre PAB elevado y fuerza prensil, resultado que en principio podría parecer contradictorio. Sin embargo, puede explicarse por la coexistencia de mayor masa muscular con exceso ponderal en algunos perfiles físicos, especialmente en personal policial que mantiene cierta exigencia funcional. Esto guarda relación con lo reportado por Jamka et al.¹⁹, quienes observaron que el entrenamiento de fuerza en mujeres con obesidad abdominal no solo redujo la grasa visceral, sino que también mejoró la masa muscular y el VO₂ máx, indicando que la composición corporal tiene un papel determinante en el rendimiento cardiorrespiratorio y funcional.

Asimismo, se encontró una relación estadísticamente significativa entre el aumento del PAB y el deterioro en la agilidad, así como una reducción progresiva del VO₂ máx, lo que refleja un impacto directo del exceso adiposo abdominal sobre la capacidad cardiorrespiratoria. Estos hallazgos son coherentes con lo planteado por Fernández et al.²⁰, quienes en población escolar identificaron una disminución del VO₂ máx asociada a mayor peso corporal y menor dedicación al entrenamiento cardiorrespiratorio⁹. Se evidenció una correlación inversa débil entre el perímetro abdominal y el rendimiento físico, indicando que un mayor perímetro abdominal se asocia con menor desempeño físico. Los hallazgos respaldan la necesidad de intervenciones preventivas y programas de acondicionamiento físico y control del peso en el personal policial para optimizar su capacidad operativa. Asimismo, Tirado et al, reportan una correlación inversa entre el estado nutricional y la capacidad aeróbica²¹.

El análisis de los resultados sugiere que el PAB, más allá de ser un marcador de riesgo metabólico, debe considerarse un indicador funcional relevante para el desempeño físico en cuerpos policiales. Este enfoque integrador concuerda con estudios como el de Avendaño et al.²², que señalan la importancia de la grasa abdominal subcutánea y visceral como predictores del síndrome metabólico y de alteraciones en la función cardíaca, incluso en sujetos con bajo riesgo aparente.

No obstante, el estudio presenta limitaciones que deben ser consideradas: el tamaño reducido de la muestra femenina, debido a la baja proporción de mujeres en esta unidad policial; la imposibilidad de controlar de manera estricta variables como la dieta, la actividad física extralaboral o los hábitos de sueño; y la naturaleza transversal del diseño, que no permite establecer relaciones causales. Pese a ello, los resultados ofrecen evidencia valiosa sobre la importancia de monitorear el PAB y de implementar estrategias de intervención integral orientadas a la prevención de obesidad abdominal y al fortalecimiento del rendimiento físico en el personal policial.

CONCLUSIONES

Existe una correlación indirecta débil entre el perímetro abdominal y el rendimiento físico, esto sugiere que, a me-

didada que el perímetro abdominal aumenta el rendimiento físico tiende a disminuir en los efectivos de la Policía Nacional del Perú.

El estudio evidenció diferencias significativas en la distribución del perímetro abdominal (PAB) entre el personal policial según sexo. Las mujeres presentaron valores predominantemente elevados, lo que sugiere un mayor riesgo metabólico, mientras que en los hombres la variabilidad fue más amplia, probablemente influenciada por factores hormonales, hábitos de vida y funciones laborales.

El análisis por grupos etarios mostró que el PAB tendió a incrementarse en los hombres de 50 a 65 años, en relación con menor actividad física y cambios metabólicos asociados a la edad. En contraste, en las mujeres se observó una disminución progresiva del PAB en edades mayores, lo que podría reflejar prácticas más saludables o una mayor conciencia del autocuidado en este grupo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad César Vallejo y a la Policía Nacional del Perú de la Dirección de Seguridad de Estado por permitir realizar la investigación en sus instalaciones.

REFERENCIAS

1. Guevara-Tirado A. Estado conyugal asociado a perímetro abdominal en adultos peruanos, 2022. *Rev Cient Cienc Salud*. 2024; 6:e6133. Disponible en: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2024/03/1532698/ao133-estado-conyugal-asociado-a-perimetro-abdominal.pdf>
2. Organización Panamericana de la Salud. Prevención de la obesidad - OPS/OMS [Internet]. 2024 [citado 2024 Ago 26]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/prevencion-obesidad>
3. Zamanillo-Campos R, Chaplin A, Romaguera D, Abete I, Salas-Salvado J, Martín V, et al. Longitudinal association of dietary carbohydrate quality with visceral fat deposition and other adiposity indicators. *Clin Nutr*. 2022;41(10):2264-74. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2022.08.008>
4. Lukács A, Horváth E, Máté Z, Szabó A, Virág K, Papp M, et al. Abdominal obesity increases metabolic risk factors in non-obese adults: a Hungarian cross-sectional study. *BMC Public Health*. 2019;19(1):1533. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7839-1>
5. Aparco JP, Cárdenas-Quintana H. Correlation and agreement between the body mass index and abdominal perimeter with the waist-to-height ratio in Peruvian adults aged 18 to 59 years. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2022;39(4):392-9. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2022.394.11932>
6. Organización Mundial de la Salud. Actividad física [Internet]. [citado 2024 Ago 26]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
7. Enríquez L, Cervantes N, Candia R, Flores L. Capacidades físicas y su relación con la actividad física y composición corporal en

- adultos [Internet]. 2024 [citado 2024 Sep 24]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8074581>
8. Silva JA da, De Salles Painelli V, Santos IC, Marques DC, Oliveira FM de, Oliveira LP de, et al. No effect of combined tele-exercises and nutritional coaching on anthropometric, body composition or exercise capacity outcomes in overweight and obese women: a randomized clinical trial. *Nutr Hosp.* 2022;39(2):329-36. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.03822>
 9. Ortega R, Grandes G, Gómez-Cantarino S; Grupo PEPAF. Vulnerability of obesity as defined by body mass index, waist circumference, and body fat percentage. *Atención Primaria.* 2023; 55(2):102523. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2022.102523>.
 10. Kong N, Yang G, Wang L, Li Y. Calisthenics exercises to intervene in obesity and diabetes in middle-aged people. *Rev Bras Med Esporte* [Internet]. 2022 [citado 2024 Ago 26]. Disponible en: https://doi.org/10.1590/1517-8692202228022021_0457
 11. Ramírez-Vélez R, García-Hermoso A, Prieto-Benavides DH, Correa-Bautista JE, Quino-Ávila AC, Rubio-Barreto CM, et al. Muscle mass to visceral fat ratio is an important predictor of the metabolic syndrome in college students. *Br J Nutr.* 2019;121(3): 330-9. <https://doi.org/10.1017/S0007114518003392>
 12. Hernández Sampieri R. Metodología de la investigación [Internet]. México: McGraw-Hill; 2020 [citado 2024 Ago 26]. Disponible en: https://ccie.com.mx/wp-content/uploads/2020/03/Metodologia_de_la_investigacion.pdf
 13. Topend Sports. Prueba de flexiones: pruebas de aptitud física en casa [Internet]. [citado 2024 Sep 10]. Disponible en: <https://www.topendsports.com/testing/tests/home-pushup.htm>
 14. Topend Sports. Prueba de fuerza de agarre de la mano [Internet]. [citado 2024 Sep 10]. Disponible en: <https://www.topendsports.com/testing/tests/handgrip.htm>
 15. Pauole K, Madole K, Garhammer J, Lacourse M, Rozenek R. Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *J Strength Cond Res.* 2000;14(4):443-50.
 16. Topend Sports. President's Challenge Carrera de resistencia / Prueba de caminata [Internet]. [citado 2024 Sep 10]. Disponible en: <https://www.topendsports.com/testing/tests/endurance-run.htm>
 17. Lopategui E. Pruebas aeróbicas: distancia – caminar y correr [Internet]. [citado 2024 Sep 13]. Disponible en: <http://www.salud-med.com/Bienestar/Cap2/Distance.html>
 18. Martínez-Gómez D, Hamer M, Ortega FB, Cabanas-Sánchez V, Sadarangani KP, Lavie CJ, et al. Association of changes in physical activity and incidence and remission of overall and abdominal obesity in 113,950 adults. *Obesity (Silver Spring).* 2020;28(3): 660-8. <https://doi.org/10.1002/oby.22709>
 19. Jamka M, Mądry E, Krzyżanowska-Jankowska P, Skrypnik D, Szulińska M, Mądry R, et al. The effect of endurance and endurance-strength training on body composition and cardiometabolic markers in abdominally obese women: a randomised trial. *Sci Rep.* 2021;11:12339. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-90526-7>
 20. Fernández-García JC, Castillo-Rodríguez A, Onetti W. Influence of overweight and obesity on strength in childhood. *Nutr Hosp.* 2019;36(5):1055-60. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02596>.
 21. Tirado A, Vega P, Palomino L, Niño J. Estado nutricional y capacidad aeróbica en futbolistas adolescentes de alto rendimiento. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2023; 43(2):90-96DOI: 10.12873/432tirado.
 22. Avendaño A, Rodríguez E, Urbina. ¿Es la grasa abdominal subcutánea un predictor de la variabilidad cardíaca en hombres con bajo riesgo metabólico? *Rev Salud Publica* [Internet]. 2016 [citado 2024 Ago 26];48(3). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18273/revsal.v48n3-2016008>

Consumo de bebidas energizantes y efectos adversos en la salud de estudiantes universitarios

Energy drink consumption and adverse health effects of university students

Silvia REYES NARVÁEZ¹, Llerme NÚÑEZ ZARAZU¹, María OYOLA CANTO², Rocío del Pilar PAJUELO VILLARREAL¹

¹ Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Perú.

² Universidad Nacional de Barranca, Perú.

Recibido: 12/septiembre/2025. Aceptado: 23/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: Las bebidas energizantes contienen cafeína, taurina y otras sustancias estimulantes que se comercializan para aumentar la energía y la concentración, pero su ingesta puede tener variedad de efectos dañinos para la salud. El consumo por los estudiantes universitarios es muy frecuente en todas partes del mundo lo que puede ocasionar daño a la salud.

Objetivo: Determinar los efectos adversos asociados al consumo de bebidas energizantes en estudiantes de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Material y Métodos: Investigación de diseño no experimental realizado en 216 estudiantes mayores de 16 años, de ambos sexos, de las carreras profesionales de Ingeniería, Educación y Contabilidad de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Los datos se recolectaron con un cuestionario válido y confiable de 13 ítems que evaluó efectos adversos gastrointestinales, cardiovasculares y neurológicos. El análisis de relación fue realizado por medio del coeficiente V de Cramer.

Resultados: Existe una alta relación entre frecuencia de consumo de bebidas energizantes y los síntomas cardiovasculares ($p=0.000$; $V=0.792$), digestivos y ($p=0.003$; $V=0.703$) y síntomas neurológicos ($p=0.000$; $V=0.774$). Asimismo, en relación a los conocimientos sobre bebidas

energizantes, 20,60% de estudiantes de educación no están informados de los efectos adversos y 24,54% no conoce sus ingredientes.

Conclusión: El consumo de bebidas energizantes se relacionan con los efectos adversos para la salud en estudiantes de Ingeniería, Educación y Contabilidad de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Entre los efectos adversos se observan síntomas cardiovasculares manifestándose con hormigueo en las extremidades, aumento de la presión arterial, palpitaciones y mareos. De igual modo en los trastornos digestivos experimentan dolor abdominal, deshidratación y disminución del apetito. Finalmente, en los síntomas neurológicos experimentan nerviosismo, cambios de humor, debilidad muscular, confusión y visión borrosa.

PALABRAS CLAVE

Bebidas, bebidas energéticas, cafeína, salud pública.

ABSTRACT

Introduction: Energy drinks contain caffeine, taurine, and other stimulants marketed as energy-boosting and concentration-enhancing substances, but their consumption can have a variety of harmful health effects. Consumption by university students is very common worldwide, which can cause health risks.

Objective: To determine the adverse effects associated with energy drink consumption among students at the Santiago Antúnez de Mayolo National University.

Materials and Methods: A non-experimental research study was conducted with 216 male and female students over

Correspondencia:

Silvia Reyes Narváez
sreyesn@unasam.edu.pe

the age of 16, enrolled in the Engineering, Education, and Accounting programs at the Santiago Antúnez de Mayolo National University. Data were collected using a valid and reliable 13-item questionnaire that assessed gastrointestinal, cardiovascular, and neurological adverse effects. Relationship analysis was performed using Cramer's V coefficient.

Results: There is a strong relationship between the frequency of energy drink consumption and cardiovascular symptoms ($p=0.000$; $V=0.792$), digestive symptoms ($p=0.003$; $V=0.703$), and neurological symptoms ($p=0.000$; $V=0.774$). Similarly, regarding knowledge about energy drinks, 20.60% of education students were not informed of the adverse effects, and 24.54% were unaware of their ingredients.

Conclusion: Energy drink consumption is associated with adverse health effects in Engineering, Education, and Accounting students at the Santiago Antúnez de Mayolo National University. Adverse effects include cardiovascular symptoms manifesting as tingling in the extremities, increased blood pressure, palpitations, and dizziness. Similarly, digestive disorders include abdominal pain, dehydration, and decreased appetite. Finally, neurological symptoms include nervousness, mood swings, muscle weakness, confusion, and blurred vision.

KEY WORDS

Beverages, energy drinks, caffeine, public health.

LISTA DE ABREVIATURAS

BE: Bebidas energizantes

HTA: Hipertensión arterial

DM2: Diabetes mellitus tipo 2

INTRODUCCIÓN

Las bebidas energizantes (BE) son bebidas no alcohólicas cuya comercialización se inició en Tailandia en 1976 y, desde entonces su consumo ha aumentado a con mas de 700 marcas a nivel mundial. Su ingesta es un hábito frecuente entre jóvenes y adultos, debido a las estrategias de mercadotecnia que lo asocian a un mayor rendimiento físico y mental¹.

Estos productos destacan por su alto contenido de cafeína, al que se suman otros compuestos estimulantes como taurina, vitaminas del complejo B e inositol, promocionados como potenciadores de la estimulación mental y física, la resistencia y el estado de alerta².

En la actualidad, varios países han implementado normativas para normalizar su etiquetado, distribución y comercialización, especialmente cuando contienen concentraciones elevadas de cafeína; sin embargo, dichas regulaciones varían significativamente entre naciones³. En general, las BE aportan entre 80 y 350 mg de cafeína por ración, una cantidad que contrasta con los cerca de 100 mg presentes en una taza de café⁴.

Un estudio realizado en Estados Unidos por Hutak, Boolani y Byerleen evidenciaron que, en una universidad con modalidad virtual, los estudiantes consumen BE no solo para mantenerse despiertos y favorecer el rendimiento académico, sino también en actividades cotidianas, en proporción similar a la observada en estudiantes de instituciones presenciales⁵.

La literatura científica indica que el consumo elevado de BE puede provocar desde efectos leves como cefalea, ansiedad, alteraciones del sueño y temblores musculares, hasta complicaciones graves, incluyendo convulsiones, depresión, eventos cerebrovasculares isquémicos, daño cardiovascular, trastornos digestivos, disfunción renal, riesgo de obesidad, diabetes mellitus tipo II (DM2) y ciertos tipos de cáncer⁶. Incluso en bajas cantidades, estas bebidas se asocian con alteraciones del sueño, como menor duración, mayor dificultad para conciliarlo y menor continuidad, lo que puede repercutir negativamente en el rendimiento académico y bienestar general. Estos efectos se atribuyen principalmente al contenido de cafeína y otros estimulantes, de allí la necesidad de reforzar las medidas de control y educación sobre su uso en población estudiantil⁷.

En Latinoamérica, Córdova y Macías reportaron que, en promedio, el 76% de los universitarios consume BE, siendo Ecuador el país con mayor prevalencia⁸. Las bebidas con cafeína representan el 47% de las preferencias. El uso frecuente de estos productos, impulsado por las exigencias académicas y el estrés, permite prolongar la vigilia y mejorar el rendimiento, pero incrementa los riesgos para la salud, especialmente cuando su ingesta es recurrente⁹.

En Colombia, Del Valle et al., identificaron que el consumo de BE provoca principalmente insomnio, taquicardia y cefalea, además de enrojecimiento facial y, en menor medida, temblores, ansiedad y malestar gastrointestinal incluso, la mayoría de estos efectos comprometen los sistemas nervioso y cardiovascular, resaltando la influencia de la cafeína y la necesidad de estrategias preventivas¹⁰. De igual modo en México, Rivera et al., señalaron que el consumo es elevado entre jóvenes y universitarios, motivado por el deseo de optimizar su rendimiento académico y deportivo. Sin embargo, su consumo habitual se vincula con efectos adversos cardiovasculares, gastrointestinales y conductuales, lo que subraya la urgencia de establecer regulaciones y programas preventivos dirigidos a esta población vulnerable¹¹.

En el contexto peruano, investigaciones señalan que el consumo de BE se presenta con frecuencia en varones universitarios menores de 20 años, sin empleo y dedicados exclusivamente a sus estudios, especialmente durante periodos de evaluación académica¹².

Ante lo expuesto, resulta pertinente analizar el consumo de BE y los posibles efectos adversos en la salud de los estudiantes, con el fin de aportar evidencia científica que oriente intervenciones preventivas y estrategias de regulación que protejan el bienestar de esta población.

La investigación tuvo como objetivo determinar los efectos adversos asociados al consumo de bebidas energizantes en estudiantes de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

MÉTODOS

Este es un estudio de diseño no experimental realizado de enero a julio del año 2025. La muestra seleccionada de forma aleatoria fue de 216 estudiantes mayores de 16 años, de ambos sexos y que registraron matrícula el semestre 2025 I de las carreras profesionales de Ingeniería, Educación y Contabilidad de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Se excluyeron a los estudiantes con alguna patología sistémica.

Los datos se recolectaron fue de forma presencial en los ambientes del campus universitario, previa autorización de los docentes de aula, luego a docentes y estudiantes se les informó sobre el estudio con el propósito de obtener su apoyo y participación voluntaria. El estudio cumplió con las normas éticas aplicadas a la investigación, mediante Resolución de Consejo de Facultad N° 303-2024-UNASAM-FCM.

Instrumentos de recolección:

Se aplicó el Cuestionario de efectos adversos por consumo de BE, instrumento elaborado por los autores, consta de 13 ítems, y evalúa los efectos adversos gastrointestinales, cardiovasculares y neurológicos. Previamente en una muestra de 32 estudiantes, la calidad del instrumento fue sometido a prueba de validez y confiabilidad mediante el juicio de expertos y el Alfa de Cronbach obteniendo un valor de 0,84, lo que indica una buena consistencia interna.

El procesamiento de los datos se elaboró en el programa SPSS versión 26. Y la prueba estadística para identificar el

análisis de relación entre las variables fue con el Coeficiente V de Cramer.

RESULTADOS

Los estudiantes menores de 18 años, 36% (20) de ellos siempre consume BE y el 35% (56) estudiantes mayor o igual de 18 años consume BE con frecuencia; con respecto al sexo, 33% (42) de estudiantes de sexo femenino siempre consume BE al igual que el 35%³¹ estudiantes de sexo masculino. El análisis de relación según el coeficiente V de Cramer, existe alta relación entre frecuencia de consumo de la BE y edad ($p=0,031$ $V=0,721$), sexo ($p=0,018$ $V=0,709$) y escuela profesional ($p=0,004$ $V=0,665$).

En la figura 1 el 20,60% de estudiantes de educación no están informados de los efectos adversos de las BE y el 16,90 de ingeniería si está informado. Con respecto al conocimiento de los ingredientes de la BE 24,54% de estudiantes de educación no se encuentran informados y el 18,06% de ingeniería si está informado. El análisis de relación según la V de Cramer indica que existe una alta relación entre el conocimiento de efectos adversos e ingredientes de las BE y la escuela profesional ($p=0,003$; $V=0,721$).

La tabla 2 señala que 46% (25) de estudiantes rara vez ha sentido aumento de frecuencia cardiaca, 38% (21) siempre ha experimentado hormigueo en las extremidades, 36% (5) rara vez a experimentado convulsiones, 38% (18) ha presentado con frecuencia aumento de la presión arterial, 39% (14) ha experimentado palpitaciones con frecuencia y 78% (7) estudiantes ha experimentado mareos con frecuencia luego de consumir BE. Asimismo, el análisis según la V de Cramer existe una alta relación entre los síntomas cardiovasculares y frecuencia de consumo de BE ($p=0,000$; $V=0,792$).

Tabla 1. Factores sociodemográficos y frecuencia de consumo de bebidas energizantes en estudiantes universitarios

Factores sociodemográficos		Frecuencia de consumo										V de Cramer	
		Nunca		Rara vez		Con frecuencia		Siempre		Total			
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	p-valor	Coeficiente
Edad	<18 años	4	0,07	19	0,35	12	0,22	20	0,36	55	0,25	0,031	0,721
	≥18 años	4	0,02	48	0,30	56	0,35	53	0,33	161	0,75		
Sexo	Femenino	5	0,04	40	0,31	41	0,32	42	0,33	128	0,59	0,018	0,709
	Masculino	3	0,03	27	0,31	27	0,31	31	0,35	88	0,41		
Escuela profesional	Ingeniería	1	0,01	27	0,38	23	0,32	21	0,29	72	0,33	0,004	0,665
	Educación	5	0,07	18	0,25	22	0,31	27	0,38	72	0,33		
	Contabilidad	2	0,03	22	0,31	23	0,32	25	0,35	72	0,33		

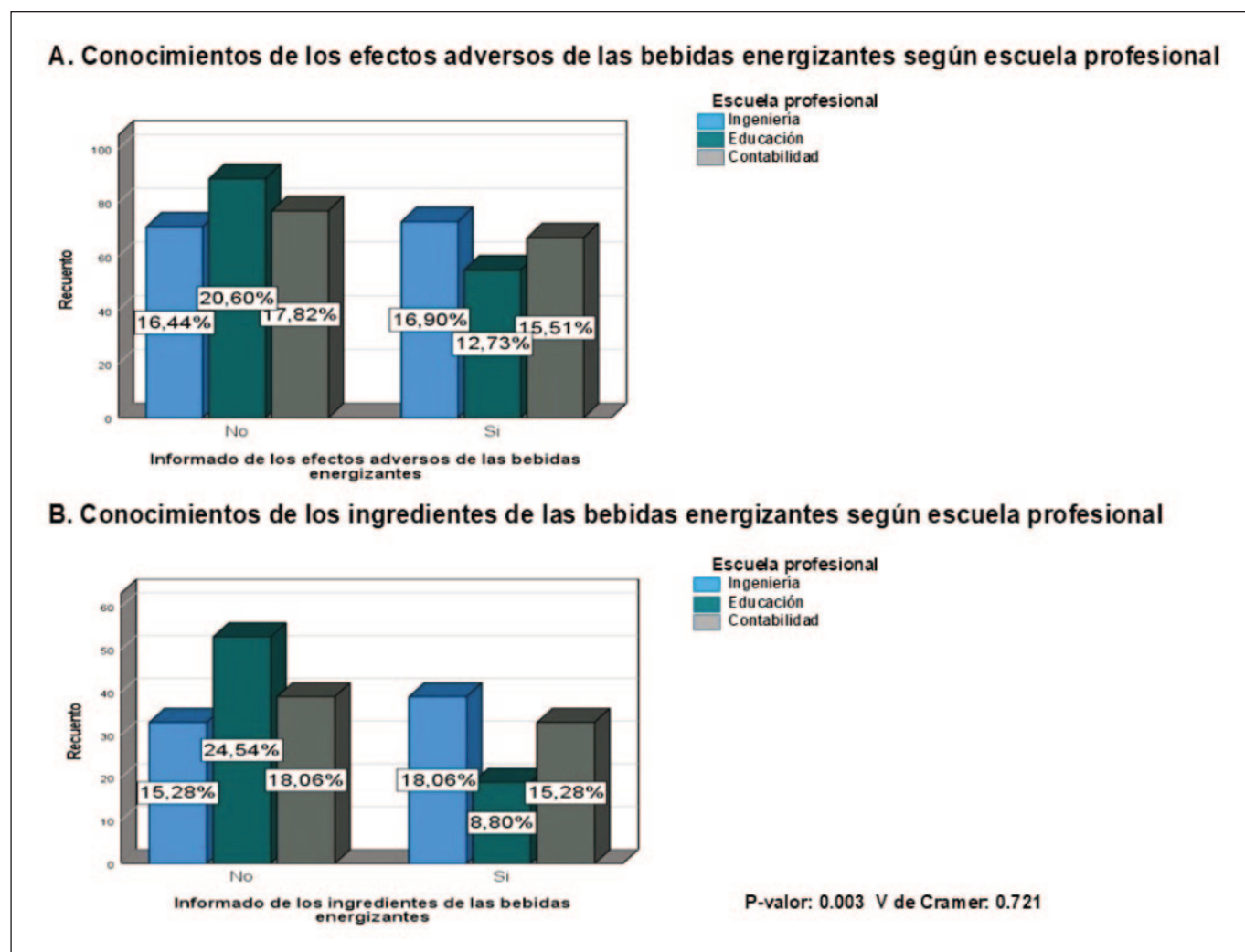


Figura 1. Conocimiento sobre bebidas energizantes en estudiantes universitarios

Tabla 2. Síntomas cardiovasculares y frecuencia de consumo de bebidas energizantes en estudiantes universitarios

Síntomas cardiovasculares	Frecuencia de consumo										V de Cramer	
	Nunca		Rara vez		Con frecuencia		Siempre		Total			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	p-valor	Coeficiente
Aumento de frecuencia cardiaca	2	0,04	25	0,46	8	0,15	19	0,35	54	0,25	0,000	0,792
Hormigueo en las extremidades	1	0,02	16	0,29	17	0,31	21	0,38	55	0,25		
Convulsiones	1	0,07	5	0,36	4	0,29	4	0,29	14	0,06		
Aumento de la presión arterial	2	0,04	12	0,25	18	0,38	16	0,33	48	0,22		
Palpitaciones	2	0,06	8	0,22	14	0,39	12	0,33	36	0,17		
Mareo	0	0,00	1	0,11	7	0,78	1	0,11	9	1,00		

La tabla 3 señala que 44% (15) estudiantes rara vez ha sentido náuseas, 38%⁹ rara vez ha experimentado vómitos, 37% (15) con frecuencia ha experimentado dolor abdominal, 36% (23) siempre ha presentado deshidratación y 38% (20) estudiantes siempre ha experimentado disminución del apetito luego de consumir BE. El análisis de relación con la V de Cramer indica que existe una alta relación entre los trastornos digestivos y frecuencia de consumo de las BE ($p=0,003$; $V=0,703$).

La tabla 4 señala que 39% (18) estudiantes rara vez ha presentado insomnio, 28% (17) rara vez ha experimentado dolor de cabeza, espalda o cuello, 48% (13) que consumen BE con frecuencia ha experimentado nerviosismo, 35% (14) siempre ha presentado cambios de humor, 45% (9) ha mostrado debilidad muscular, 42% (5) siempre ha tenido confu-

sión y 50% (5) estudiantes siempre ha presentado visión borrosa luego de consumir BE. El análisis de relación muestra que existe una alta relación entre síntomas neurológicos y frecuencia de consumo de las BE ($p=0,000$; $V=0,774$).

DISCUSIÓN

Los estudiantes universitarios que consumen siempre BE fueron menores de 18 años, de sexo masculino y de las carreras de educación y contabilidad, siendo la relación con estas variables estadísticamente significativas. Estos resultados son concordantes con los hallados en estudiantes de medicina humana donde también son los varones los que mayormente consumen estos productos^{13,14}. En un estudio en alumnos de enfermería hallaron que fueron las mujeres las que consumían mayormente, pero tal vez porque la muestra fue generalmente femenina¹⁵.

Tabla 3. Trastornos digestivos y frecuencia de consumo de bebidas energizantes en estudiantes universitarios

Trastornos digestivos	Frecuencia de consumo										V de Cramer	
	Nunca		Rara vez		Con frecuencia		Siempre		Total			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	p-valor	Coeficiente
Náuseas	1	0,03	15	0,44	7	0,21	11	0,32	34	0,16	0,003	0,703
Vómitos	0	0,00	9	0,38	8	0,33	7	0,29	24	0,11		
Dolor abdominal	1	0,02	13	0,32	15	0,37	12	0,29	41	0,19		
Deshidratación	1	0,02	18	0,28	22	0,34	23	0,36	64	0,30		
Disminución del apetito	5	0,09	12	0,23	16	0,30	20	0,38	53	0,25		

Tabla 4. Síntomas neurológicos y frecuencia de consumo de bebidas energizantes en estudiantes universitarios

Trastornos digestivos	Frecuencia de consumo										V de Cramer	
	Nunca		Rara vez		Con frecuencia		Siempre		Total			
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	p-valor	Coeficiente
Insomnio	2	0,04	18	0,39	10	0,22	16	0,35	46	0,21	0,000	0,774
Dolor de cabeza, espalda o cuello	3	0,05	17	0,28	16	0,26	25	0,41	61	0,28		
Nerviosismo	0	0,00	11	0,41	13	0,48	3	0,11	27	0,13		
Cambios de humor	2	0,05	11	0,28	13	0,33	14	0,35	40	0,19		
Debilidad muscular	1	0,05	5	0,25	9	0,45	5	0,25	20	0,09		
Confusión	0	0,00	3	0,25	4	0,33	5	0,42	12	0,06		
Visión borrosa	0	0,00	2	0,20	3	0,30	5	0,50	10	0,05		

En relación con los conocimientos sobre los ingredientes y efectos adversos de las BE que más consumen como Volt, Red Bull, Power, Monster y Energy, se observó que fueron los estudiantes de las escuelas de ingeniería y contabilidad los que más conocían al respecto, siendo educación la que menor conocimiento tenía sobre el tema. En estudios similares hallaron que el 79% de estudiantes conocía algún componente y el 73,9% algún efecto adverso, siendo los varones los que poseían mayor conocimiento sobre esto¹⁶.

Respecto a los efectos adversos, los síntomas cardiovasculares que desencadenó el consumo de BE en estudiantes universitarios fueron que 46% han sentido aumento de frecuencia cardíaca, dato que coincide con Del Valle et al., que reportaron 17,43% con taquicardia¹⁰; 38% siempre ha experimentado hormigueo en las extremidades concordando con Silva quien encontró una relación significativa entre el consumo de BE y efectos físicos como temblores y dolor torácico¹⁷; 36% rara vez a experimentado convulsiones coincidiendo con Matuszkiewicz et al., que describen un gran número de efectos adversos graves por el consumo de BE como la aparición de primeros episodios de crisis convulsivas en los pacientes¹⁸.

Asimismo, 38% ha presentado con frecuencia incremento de la presión arterial concordando con Breda et al. y Monnard et al., que sostienen que la HTA y DM2 es el resultado del alto contenido de cafeína y azúcares de las BE que disminuyen la resistencia a la insulina^{19,20}. Se determinó que existe una alta relación entre síntomas cardiovasculares y frecuencia de consumo de BE, esto concuerda con Kaur et al., que reportaron que las BE contribuyen al aumento de la frecuencia cardíaca, presión arterial y contracción cardíaca, además de ampliar el intervalo QTc²¹. Según, Curran et al. y Arboleda et al., el principal ingrediente de las BE es la cafeína el cual tiene acción en el sistema cardiovascular generando cambios en la presión arterial y frecuencia cardíaca^{22,23}.

Sobre los trastornos digestivos desarrollados por el consumo de BE en estudiantes universitarios, el 44% rara vez ha sentido náuseas y 38% rara vez ha experimentado vómitos concordando con Seifert que encontró que el consumo de BE reduce los niveles de potasio sérico y puede ocasionar náuseas, emesis e inclusive el síndrome metabólico²⁴; 38% de estudiantes siempre ha experimentado disminución del apetito luego de consumir BE concordando con Nadeem et al., que reportaron náuseas 18.7%, vómitos y diarrea 18.7%, dolor abdominal/dolor de estómago 14.6% y poco apetito 17.3%². Se determinó que hay una alta relación entre los trastornos digestivos y frecuencia de consumo de las BE coincidiendo con Nadeem et al. y Del Valle et al., que encontraron malestar gastrointestinal 21,6% y problemas gastrointestinales con un 17,42%^{2,10}.

Las manifestaciones neurológicas desarrollados por el BE fueron que 39% de estudiantes rara vez ha presentado in-

somnio coincidiendo con Nadeem et al. que reportaron insomnio en el 35,4%² discordando con Ballistreri et al., que encontró el 2.3%, insomnio²⁵; 28% rara vez ha experimentado dolor de cabeza, espalda o cuello concordando con Del Valle et al., que reportaron cefalea en 14,52%¹⁰. De igual modo, de los que han experimentado nerviosismo, el 48% consume BE con frecuencia concordando con Nadeem et al., que refieren nerviosismo/inquietud/temblor de manos en el 29,8%²; 35% siempre ha presentado cambios de humor, 45% ha mostrado debilidad muscular concordando con Koivusilta et al., que reportaron cansancio/fatiga por el consumo de BE²⁶; 42% siempre ha tenido confusión y 50% estudiantes siempre ha presentado visión borrosa concordando con Koivusilta et al., quienes reportaron somnolencia 14%²⁶. Finalmente, se observó que existe alta relación entre los síntomas neurológicos y frecuencia de consumo de las BE concordando con Ali et al., y Constantino et al., que reportaron efectos adversos más comunes que afectan los sistemas cardiovascular y neurológico el consumo de las BE^{27,28}.

CONCLUSIONES

El consumo de BE está vinculado con los efectos adversos para la salud en estudiantes de Ingeniería, Educación y Contabilidad de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Entre los efectos adversos se observan síntomas cardiovasculares manifestándose con hormigueo en las extremidades, aumento de la presión arterial, palpitaciones y mareos. De igual modo en los trastornos digestivos experimentan dolor abdominal, deshidratación y disminución del apetito. Finalmente, en los síntomas neurológicos experimentan nerviosismo, cambios de humor, debilidad muscular, confusión y visión borrosa. Es importante concientizar a la población sobre los riesgos potenciales que puede ocasionar el consumo de estas bebidas y así evitar consecuencias negativas para la salud a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Silva P, Ramírez E, Arias J, Fernández T. Energy drink consumption patterns and its adverse effects on adolescent health. *Rev Esp Salud Publica*. 2022; 96(4): e202211085. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36325955/>
2. Nadeem I, Shanmugaraj A, Sakha S, Horner N, Ayeni O, Khan M. Bebidas energéticas y sus efectos adversos para la salud: una revisión sistemática y un metanálisis. *Sports Health*. 2021; 13(3): 265-77. <https://doi.org/10.1177/1941738120949181>
3. Edrees AE, Altalhi TM, Al-Halabi SK, Alshehri HA, Altalhi HH, Althagafi AM, Koursan SM. Energy drink consumption among medical students of Taif University. *J Family Med Prim Care*. 2022; 11(7): 3950-3955. doi: https://doi.org/10.4103/jfmpc.jfmpc_1952_21
4. Di Martino G, Di Giovanni P, Vaccaro F, Cedrone F, Trebbi E, Tognaccini L, et al. Cambio en el consumo de cafeína tras la pandemia (estudio CCAP) entre estudiantes universitarios: un estudio

- transversal en Italia. *Nutrients*. 2024;16(8): 1131. <https://doi.org/10.3390/nu16081131>
5. Hutak JL, Boolani A, Byerley LO. Energy drink usage by students attending an online university. *J Am Coll Heal*. 2024; 72(7): 2278–86. <https://doi.org/10.1080/07448481.2022.2109036>
 6. Chmielewski J, Wojciechowska M, Czarny-Działak M, Szenk P. Energy drink consumption as an indicator of an anti-health lifestyle. *J Elem*. 2025; 30(1/2025): 169–82. <http://dx.doi.org/10.5601/jelem.2025.30.1.3497>
 7. Kaldenbach S, Hysing M, Strand TA, Sivertsen B. Energy drink consumption and sleep parameters in college and university students: a national cross-sectional study. *BMJ Open*. 2024; 14(2): 1–9. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-072951>
 8. Córdova Calle JV, Macías Matamoros AF. Consumo de bebidas energizantes en estudiantes universitarios en Latinoamérica. *Anatomía Digit*. 2024; 7(1): 158–69. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigit.v7i1.3004>
 9. Espinosa Tigre RM, Paguay Daquilema ME, Paredes Espinoza CG, Puwainchir Kajekai EP. Impacto del consumo de bebidas energéticas en la salud y el rendimiento académico de estudiantes de educación superior. *Run J Educ Cult*. 2025; 6(11):e250222. <http://dx.doi.org/10.46652/runas.v6i11.222>
 10. Del Valle-González M, Fajardo L, Esteban H, Gordon C., Abril L, Vargas L. Prevalencia del consumo de bebidas energizantes y efectos adversos en estudiantes de medicina. *Revista Repertorio de Medicina Y Cirugía*. 2023; 1-7. <https://doi.org/10.31260/Repert Med Cir.01217372.1445>
 11. Rivera Ramirez LA, Ramírez Moreno E, Valencia Ortíz AI, Ruvalcaba JC, Arias Rico J. Revisión de la composición de las bebidas energizantes y efectos en la salud percibidos por jóvenes consumidores. *JONNPR*. 2021;6(1):177-88. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3800>
 12. Reyes Narváez S, Rodríguez Figueroa A, Oyola Canto M. Consumo de bebidas energizantes en estudiantes universitarios y sus factores asociados. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2024; 44(2): 257–265. DOI: 10.12873/442reyes
 13. Pintor E, Rubio M, Grille C, Álvarez C, Herreros B. Prevalencia del consumo de bebidas energéticas, motivación y factores asociados en alumnos de Medicina: estudio transversal. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 2020; 24(1): 61-7. <https://doi.org/10.14306/renhyd.24.1.796>
 14. Troya C, Zamora N, Silva T, Santiago M. Factores asociados con el consumo de bebidas energéticas en estudiantes universitarios. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. SALUD Y VIDA*. 2024; 8(1):1565-1572. <https://doi.org/10.35381/s.v.v8i1.3972>
 15. Rubio J, Chicaiza L, Villota I, Rojas R. Consumo de sustancias psicoestimulantes en estudiantes universitarios. *Retos de la Ciencia*. 2019; 3(6): 67-83. <https://www.retosdelacienciaec.com/Revistas/index.php/retos/article/view/267>
 16. Pintor E, Rubio M, Grille C, Álvarez C, Gutiérrez M, Herreros B. Conocimiento de la composición y efectos secundarios de las bebidas energéticas en alumnos de medicina: estudio transversal. *FEM* 2020; 23 (5): 281-285. <http://dx.doi.org/10.33588/fem.235.1085>
 17. Silva Maldonado P, Ramírez Moreno E, Arias Rico J, Fernández Cortés TL. Patrones de consumo de bebidas energéticas y sus efectos adversos en la salud de adolescentes. *Rev Esp Salud Publica*. 2022; 3;96: e202211085. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8655676>
 18. Matuszkiewicz E, Łukasik-Głębocka M, Sommerfeld K, Tezyk A, Zielińska-Psujka B, Zaba C. Energy drinks as a cause of seizures-real or possible danger? Case report. *Przegl Lek*. 2015; 72(1):42-4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26076578/>
 19. Breda J, Whiting S, Encarnação R., Norberg S, Jones R, Reinap M, Jewell J. Energy drink consumption in Europe: a review of the risks, adverse health effects, and policy options to respond. *Frontiers in public health*. 2014; 2, 134. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00134>
 20. Monnard C, Montani J, Grasser E. Cerebro-and cardio-vascular responses to energy drink in young adults: is there a gender effect? *Frontiers in physiology*. 2016; 7: 346. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00346>
 21. Kaur A, Yousuf H, Ramgobin-Marshall D, Jain R, Jain R. Energy drink consumption: a rising public health issue. *Rev Cardiovasc Med*. 2022. 23(3): 83. <https://doi.org/10.31083/j.rcm.2303083>
 22. Curran CP, Marczyński CA. Taurine, caffeine, and energy drinks: Reviewing the risks to the adolescent brain. *Birth Defects Research*. 2022; 109(20): 1640-1648. <https://doi.org/10.1002/bdr2.1177>
 23. Arboleda D, Alzate H, Ortiz L, Uribe L, Restrepo L, Puchana M. Efectos del café en la salud: una perspectiva desde la niñez hasta la adultez. *Revista Neuronum*. 2021;7(1):84-105. <https://educ-neuro.com/revista/index.php/revistanuronum/article/view/308>
 24. Seifert SM, Schaechter JL, Hershorin ER, Lipshultz SE. Health effects of energy drinks on children, adolescents, and young adults. *Pediatrics*. 2011; 127(3):511-28. <https://doi.org/10.1542/peds.2009-3592>
 25. Ballistreri M, Rebecchini A, Ponce C, López L, Guarda L, Gaseli M, et al. Develando el consumo de bebidas energizantes en estudiantes universitarios de carreras de salud. 2025. *Revista De La Facultad De Ciencias Médicas. Universidad Nacional De Rosario*. 4: 37-47. <https://doi.org/10.35305/fcm.v4i.121>
 26. Koivusilta L, Kuoppamäki H, Rimpelä A. Energy drink consumption, health complaints and late bedtime among young adolescents. *Int J Public Health*. 2016; 61(3): 299-306. <https://doi.org/10.1007/s00038-016-0797-9>
 27. Ali F, Rehman H, Babayan Z, Stapleton D, Joshi DD. Energy drinks and their adverse health effects: A systematic review of the current evidence. *Postgrad Med*. 2015; 127(3): 308-22. <https://doi.org/10.1080/00325481.2015.1001712>
 28. Costantino A, Maiese A, Lazzari J, Casula C, Turillazzi E, Frati P, et al. The Dark Side of Energy Drinks: A Comprehensive Review of Their Impact on the Human Body. *Nutrients*. 2023; 15(18):3922. <https://doi.org/10.3390/nu15183922>

Hemoglobina glicosilada y glucemia basal en la prevención del síndrome metabólico en trabajadores de una región altoandina

Glycosylated hemoglobin and fasting blood glucose in the prevention of metabolic syndrome in workers in a high Andean region

Milvia Fabiola CALLUPE VELIZ¹, Oscar Gustavo HUAMAN GUTIERREZ²

1 Maestría en Nutrición Clínica -Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

2 Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición - Facultad de Medicina, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Recibido: 21/agosto/2025. Aceptado: 24/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: La hemoglobina glicosilada (HbA1c), se utiliza para detectar, diagnosticar y dar seguimiento a la diabetes mellitus, el cual refleja el control glucémico durante las últimas 8 a 12 semanas. Está relacionada con el desarrollo de trastornos metabólicos, complicaciones diabéticas y efectos adversos sobre el sistema cardiovascular.

Objetivo: Evaluar la asociación entre HbA1c, glucosa basal y el síndrome metabólico, en trabajadores en trabajadores de una región altoandina, en Huancayo año 2023.

Materiales y Métodos: Diseño transversal correlacional de enfoque cuantitativo; realizado en trabajadores de una central eléctrica de Huancayo en el Perú durante el año 2023, en 89 participantes de ambos sexos. Los niveles de la HbA1c y la glucosa basal se determinaron en sangre. Para la determinación del síndrome metabólico se utilizó los criterios del Panel de Tratamiento para adultos III (ATP III). Se valoró la posible asociación entre las variables mediante la prueba de Chi². Para calcular la significación estadística se realizó la prueba D de Somers para determinar la dirección de asociación.

Resultados: En la población total evaluada (n=89), más de la mitad de los trabajadores (54%) presentó HbA1c elevada, mientras que el 19% glucosa basal elevada y el 55% de los participantes presentó síndrome metabólico. Se encontró

una asociación significativa entre la HbA1c y la glucosa basal respecto al síndrome metabólico, con una dirección positiva y muy alta (D de Somers = +0.980).

Conclusión: La HbA1c se asocia con la glucosa basal y con todos los criterios del síndrome metabólico, siendo un indicador importante para el control metabólico.

PALABRAS CLAVES

Control glucémico, riesgo cardiovascular, epidemiología ocupacional, trabajadores en altura.

ABSTRACT

Introduction: Glycosylated hemoglobin (HbA1c) is used to detect, diagnose, and monitor diabetes mellitus, reflecting glycemic control over the previous 8 to 12 weeks. It is associated with the development of metabolic disorders, diabetic complications, and adverse cardiovascular outcomes.

Objective: To evaluate the association between HbA1c, fasting glucose, and metabolic syndrome among workers from a high Andean region in Huancayo, Peru, in 2023.

Materials and Methods: A cross-sectional correlational study with a quantitative approach was conducted among 89 workers (both sexes) from a power plant in Huancayo, Peru, during 2023. HbA1c and fasting glucose levels were determined from blood samples. Metabolic syndrome was diagnosed according to the Adult Treatment Panel III (ATP III) criteria. The association between variables was assessed using the Chi-square test, and the Somers' D test was applied to evaluate the direction and strength of association.

Correspondencia:

Milvia Fabiola Callupe Veliz milvia.callupe@unmsm.edu.pe
Oscar Gustavo Huamán Gutiérrez ohuamang@unmsm.edu.pe

Results: In the total population evaluated (n=89), more than half of the workers (54%) presented elevated HbA1c levels, 19% had elevated fasting glucose, and 55% met criteria for metabolic syndrome. A significant association was found between HbA1c and fasting glucose with metabolic syndrome, showing a strong positive direction (Somers' D = +0.980).

Conclusion: HbA1c is associated with fasting glucose and with all criteria of metabolic syndrome, representing an important indicator for metabolic control.

KEYWORDS

Glycemic control, cardiovascular risk, occupational epidemiology, high-altitude workers.

ABREVIATURAS

SM: Síndrome metabólico.

HbA1c: Hemoglobina glicosilada.

FID: Federación Internacional de Diabetes.

HDL: Lipoproteínas de Alta densidad.

ATP III: Panel de tratamiento del Adulto III.

ECV: Enfermedad cardiovascular.

DM: Diabetes Mellitus.

CP: Comedores Populares.

DPP: Diabetes Prevention Program.

INTRODUCCIÓN

El síndrome metabólico (SM) constituye el conjunto de alteraciones metabólicas que desencadena el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, diabetes, aterosclerosis y se caracteriza por la presencia de obesidad abdominal, dislipidemias, hipertensión arterial, hiperglucemia o resistencia a la insulina¹. Su prevalencia incrementa con la edad, siendo a los 20 años (24%), a los 50 años (30%) y a los 60 años (40%), que varía de acuerdo a diversos factores como la edad, etnia, sexo entre otros; en Latinoamérica su prevalencia oscila entre 15% a 40%, en Estados Unidos el 25% de los individuos mayores de 20 años presenta SM². En un estudio desarrollado en Perú, con una muestra de 4209 personas mayores de 20 años, se determinó que el 25,1% presentaba SM³.

En Lima, Perú, se realizó un estudio en beneficiarios de comedores populares (CP), con una muestra de 374 participantes de 20 a 59 años de edad, que fueron seleccionados en un muestreo bietápico por conglomerados, el SM se midió según la Federación Internacional de Diabetes (FID) donde la prevalencia general fue de 40,1%, representando en las mujeres 30,4% y en los varones 24%⁴.

La hemoglobina glicosilada (HbA1c), en la actualidad se utiliza para detectar, diagnosticar y dar seguimiento a la Diabetes

Mellitus (DM), el cual refleja el control glucémico durante las últimas ocho a doce semanas y está relacionada con el desarrollo de complicaciones diabéticas. La medición de HbA1c no requiere ayuno del paciente y tiene una alta estabilidad preanalítica, siendo más idóneo en la práctica clínica que otras medidas como la glucemia en ayunas o una prueba de tolerancia oral a la glucosa⁵. Así mismo los niveles por debajo del rango diabético se suele dejar sin tratamiento, por tal motivo es importante realizar la medición rutinaria de los niveles de HbA1c en personas sin diabetes para prevenir y estimar el riesgo de aterosclerosis subclínica y enfermedad cardiovascular (ECV), por consiguiente, se espera que el nivel de HbA1c se convierta en un marcador cardiometabólico multipotente⁶.

Estudios realizados en una población no diabética, se determinó por regresión lineal que la glicemia de ayunas de 100 mg/dL corresponde a una HbA1c de 5,4%, y una glicemia de 110 mg/dL a 5,6%; al realizar el análisis de curva se estableció que una HbA1c de 5,7% comparado con otros puntos de corte, tiene mejor sensibilidad (39%) y especificidad (91%), para identificar a pacientes con glucosa basal plasmática ≥ 100 mg/dL; según Diabetes Prevention Program (DPP) sugieren que una HbA1c de 5,7% se asocia a un alto riesgo de presentar diabetes⁷.

El objetivo del presente estudio fue evaluar la asociación entre HbA1c, glucosa basal y el síndrome metabólico, en trabajadores de una región altoandina, Huancayo en el Perú, 2023.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio transversal correlacional de enfoque cuantitativo. Se realizó en trabajadores de una central eléctrica (3259 msnm), durante el 2023. Como criterios de inclusión se tuvo en cuenta a trabajadores de ambos sexos, que recibieron atención en los meses de septiembre a noviembre. Se excluyeron a gestantes, pacientes con enfermedad renal, hemoglobinopatías, cáncer, transfusión sanguínea en los últimos seis meses o que reciben tratamiento con corticoides.

Población y muestra: Participaron 89 trabajadores (muestra censal) de una central eléctrica de Huancayo, Perú, que cumplieron los criterios de selección, hombres y mujeres, entre las edades de 28 a 69 años, que laboraban como administrativos, ingenieros y técnicos, residentes en la ciudad de Huancayo (zona urbana y rural).

Determinación de la HbA1c: Para el análisis bioquímico, se obtuvieron muestras de sangre con el propósito de determinar la concentración de hemoglobina glicosilada (HbA1c). Las mediciones se realizaron utilizando el autoanalizador de química clínica CMD800iX1 (Wiener Lab). Se establecieron como puntos de corte los valores de HbA1c $<5,7\%$ para niveles normales y $>5,7\%$ para niveles elevados, clasificándose posteriormente las muestras en dos categorías: normal y elevado, estas categorías se utilizaron para las pruebas de asociación de tipo categórico⁸.

Determinación de glucosa plasmática: Se recolectaron muestras de sangre venosa tras un ayuno mínimo de ocho horas para el análisis bioquímico. Las determinaciones se realizaron utilizando reactivos de la casa comercial Wiener Lab y el autoanalizador de química clínica CMD800iX1 (Wiener Lab). Se consideraron valor normal de glucosa entre 70 y 99 mg/dL y valor elevado ≥ 100 mg/dL. Estas categorías se utilizaron para las pruebas de asociación de tipo categórico⁸.

Determinación del síndrome metabólico: El diagnóstico del síndrome metabólico se estableció de acuerdo con los criterios del *Adult Treatment Panel III* (ATP III), considerando la presencia de al menos tres de los siguientes componentes: glucemia en ayunas ≥ 100 mg/dL, circunferencia abdominal en hombres ≥ 102 cm y en mujeres ≥ 88 cm, triglicéridos ≥ 150 mg/dL, HDL ≤ 40 mg/dL en hombres y ≤ 50 mg/dL en mujeres y presión arterial elevada $\geq 130/85$ mmHg. Para el análisis estadístico, la variable se categorizó en presencia o ausencia de síndrome metabólico⁹.

Circunferencia abdominal: Se determinó con una cinta métrica de marca CESCORF de 200 cm, no elástica, se midió en bipedestación, en el punto medio entre la última costilla inferior y la cresta ilíaca anterosuperior al final de una espiración normal, repitiendo tres veces el procedimiento, para obtener el promedio¹⁰.

Presión arterial: Se utilizó un tensiómetro digital marca OMRON, el paciente debe estar sentado y relajado durante 3 a 5 minutos, con las piernas sin cruzar, los pies apoyados en el suelo, el brazo desnudo descansando sobre la mesa; a la altura del corazón, se tomó 3 lecturas con un intervalo de 1 min entre lecturas, se usó el promedio de las últimas 2 lecturas¹¹.

Se recogieron muestras de sangre para los análisis bioquímicos después de ocho horas de ayuno, para determinar las concentraciones séricas de triglicéridos y colesterol de lipoproteínas de alta densidad. La determinación se realizó con reactivos de la casa comercial Wiener Lab, mediante el equipo Autoanalizador Química Clínica de marca CMD800iX1⁹.

Análisis estadístico: Se utilizaron frecuencias absolutas y porcentajes. Para el análisis inferencial las variables HbA1c y glucosa fueron categorizadas en normal y elevado; mientras que el síndrome metabólico se categorizó en presencia y ausencia. Sobre las variables categorizadas se utilizó la prueba de chi cuadrada, con un nivel de confianza de 95%, donde se determinó la intensidad y sentido de ambas siendo de escala -1 a 1, con medida de asociación simétrica haciendo uso de la prueba D de Somers para determinar el tipo de asociación direccional. Se utilizó el programa SPSS versión 26.0 y se realizó el procesamiento del análisis estadístico.

Consideraciones éticas: Los participantes firmaron el consentimiento informado, después de que se les explicó el objetivo y los riesgos potenciales involucrados en la participación, así mismo cuenta con la aprobación del comité de Ética

en Investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (N°0091–2023). Se tomaron en cuenta los cuatro principios de la bioética, autonomía, justicia e igualdad.

RESULTADOS

Características sociodemográficas

En el presente estudio participaron 89 adultos, no diabéticos, en la tabla N.º 1, se muestra las características sociodemográficas de los trabajadores de la central eléctrica, el rango de edad de mayor frecuencia fue de 50 a 59 años (34%), siendo el sexo masculino el doble que el femenino; en los antecedentes familiares de enfermedades crónicas no transmi-

Tabla N.º 1. Características sociodemográficas y antecedentes en trabajadores de una región altoandina, Huancayo-2023 (n=89)

Características sociodemográficas y antecedentes en trabajadores de una región altoandina		Frecuencia de trabajadores	
		N	%
Grupo de edad	28 – 39 años	9	10
	40 – 49 años	25	28
	50 – 59 años	30	34
	60 – 69 años	25	28
Sexo	Masculino	60	67
	Femenino	29	33
Antecedentes familiares de enfermedades crónicas no transmisibles	Diabetes	10	11
	Hipertensión	24	27
	Neoplasias	11	12
	Otros	21	24
	Ninguno	23	26
Antecedentes personales	Hipertensión	14	16
	Otros	42	47
	Ninguno	33	37
Ocupación	Administrador	23	26
	Ingeniero	25	28
	Técnico	41	46
Lugar de residencia	Urbano	70	79
	Rural	19	21

bles la hipertensión arterial presentó la mayor proporción (27%) al igual que en los antecedentes personales de enfermedades crónicas no transmisibles, la ocupación de mayor frecuencia fueron los trabajadores técnicos (46%). En cuanto al lugar de residencia destaca la zona urbana (79%).

Criterios diagnósticos del síndrome metabólico y HbA1c en trabajadores de una región altoandina, Huancayo-2023

En la tabla N.º 2, se observa la HbA1c y los criterios de diagnóstico del síndrome metabólico, siendo el HDL bajo el de

mayor frecuencia (66%); los triglicéridos elevados (54%) y HbA1c elevado (54%). También se observa que el 55% de la muestra presentó síndrome metabólico.

Asociación de niveles de HbA1c y glucosa basal

En la tabla N.º 3, se presenta la asociación de niveles de HbA1c y glucosa basal plasmática, con el síndrome metabólico, donde se observa que la prueba de chi cuadrada es estadísticamente significativa ($p\text{-value} < 0,001$), y la prueba D de Somers tiene un valor de (+0,980), siendo la dirección de asociación positiva y muy alta entre la HbA1c y el síndrome metabólico.

Tabla N.º 2. Criterios diagnósticos del síndrome metabólico y HbA1c en trabajadores de una región altoandina, Huancayo-2023 (n=89)

Criterios de diagnóstico del síndrome metabólico y HbA1c	Frecuencia de trabajadores		Total N (%)
	Masculino N (%)	Femenino N (%)	
Presión arterial			
Normal	46 (52)	22 (25)	68 (76)
Elevado	14 (16)	7 (8)	21 (24)
Circunferencia abdominal			
Normal	40 (45)	9 (10)	49 (55)
Elevado	20 (22)	20 (22)	40 (45)
Triglicéridos			
Normal	25 (28)	16 (18)	41 (46)
Elevado	35 (39)	13 (15)	48 (54)
HDL			
Normal	18 (23)	9 (11)	27 (34)
Bajo	33 (41)	20 (25)	53 (66)
Glucosa basal			
Normal	48 (54)	24 (27)	72 (81)
Elevado	12 (13)	5 (6)	17 (19)
HbA1c			
Normal	27 (30)	14 (16)	41 (46)
Elevado	33 (37)	15 (17)	48 (54)
Síndrome metabólico			
Presencia	33 (37)	16 (18)	49 (55)
Ausencia	27 (30)	13 (15)	40 (45)

Tabla N.º 3. Asociación entre HbA1c, glucosa basal y síndrome metabólico en trabajadores de una región altoandina, Huancayo-2023 (n=89)

Asociación entre HbA1c y Glucosa	Síndrome metabólico		p-value
	AusenciaN (%)	PresenciaN (%)	
HbA1c			
Normal	40 (45)	1 (1)	<0,001
Elevado	0 (0)	48 (54)	
Glucosa			
Normal	39 (44)	33 (37)	0,002
Elevado	2 (2)	15 (17)	

Chi-cuadrado.

DISCUSIÓN

En el presente estudio la asociación entre las variables coincide con los resultados encontrados por Múnera, con nivel de asociación bajo (0,48)¹³, que podría explicarse por el promedio de edad de los individuos del estudio (33 a 71 años), siendo una población más amplia; así mismo los valores de corte de HbA1c diagnosticaron mayor número de pacientes como pre diabéticos o diabéticos independientemente si presentan o no síndrome metabólico. En otro estudio realizado en Bolivia, La Paz, en 2011, al realizar la asociación de la función renal y el control glucémico con HbA1c en adultos obtuvieron asociación en los pacientes con diabetes¹⁴, datos similares al presente estudio.

Por otra parte, en un estudio realizado en México, demostró que los niveles de HbA1c se encontraban incrementados en pacientes diabéticos, incluso con su glucosa basal normal¹⁵, además es importante mencionar que en una investigación realizada en Cuba, con pacientes de edad de 60 años de edad promedio, la HbA1c se correlaciona con las complicaciones micro y macrovasculares en pacientes diabéticos siendo empleada como predictor de enfermedad arterial coronaria; no obstante, en pacientes no diabéticos su valor no ha sido ampliamente estudiado¹⁶.

Estos hallazgos deben ser contrastados con otro indicador como es la prueba de tolerancia oral a la glucosa para evaluar si efectivamente la HbA1c puede ser considerada como un indicador prematuro de aparición de alteraciones en el metabolismo de carbohidratos, resultados similares con la investigación realizada en Colombia, Estados Unidos y Nigeria donde la HbA1c se asoció con riesgo de diabetes, riesgo de enfermedad cardiovascular y mortalidad por cualquier causa en comparación con la determinación de glucosa en ayunas¹⁷⁻¹⁹. Contrastando con resultados obtenidos por Kwame Osei et al, (2003) donde infiere que HbA1c refleja varios componentes del síndrome metabólico en personas no diabéticas^{20,21}.

Por tanto, es bien reconocido que el grado de asociación entre la HbA1c y la glucosa basal suele ser alto en población diabética^{22,23}, existen evidencias en que las correlaciones entre los valores de HbA1c y las cifras de glucemia basal y postprandial son débiles^{24,25}; por consiguiente, se debe considerar que ambos métodos de control deben ser utilizados de forma complementaria; pues, la HbA1c es importante en el control crónico de pacientes con diabetes mientras que la determinación de la glucosa basal lo es para el control de complicaciones agudas y reestructuración del tratamiento.

En un estudio realizado en adultos coreanos no diabéticos de 20 a 86 años, la prevalencia de SM fue del 12,2% según criterios ATP III, donde la HbA1c de 5,4% predijo la presencia de SM con una sensibilidad de 57% y especificidad de 64% y la glucemia en ayunas $\geq 5,6$ % la sensibilidad fue de 53% y la especificidad de 70 %, cuando los análisis se realizaron por separado por género, las mujeres mostraron un límite superior de HbA1c para la predicción de 5,5 %²⁶.

El estudio abordó un rango de edad muy amplió 28 a 69 años, sin embargo, ha permitido conocer el comportamiento de las variables. A pesar que abarcó a los trabajadores que cumplieran los criterios de selección (n=89), sin embargo, se sugiere ampliar la muestra a otros centros laborales de igual característica.

CONCLUSIÓN

Se concluye que la HbA1c y la glucosa basal tiene asociación, con los criterios del síndrome metabólico, su estandarización permitirá el diagnóstico de diabetes en individuos asintomáticos, de esta forma se podría emplear como un método preventivo dentro de la salud laboral.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por haberme aceptado ser parte de ella.

Así mismo, agradezco a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos.

Agradezco a los compañeros de clase.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carvajal C. Síndrome metabólico: definiciones, epidemiología, etiología, componentes y tratamiento. *Medicina Legal de Costa Rica*. marzo de 2017;34(1):175-93.
- McCracken E, Monaghan M, Sreenivasan S. Pathophysiology of the metabolic syndrome. *Clinics in Dermatology*. 1 de enero de 2018;36(1):14-20.
- Arsentales-Montalva, Valeria, Tenorio-Guadalupe, María, & Bernabé-Ortiz, Antonio. Asociación entre actividad física ocupacional y síndrome metabólico: Un estudio poblacional en Perú. *Revista chilena de nutrición*. 2019;46(4):392-399. <https://dx.doi.org/10.4067/S071775182019000400392>
- Adams, K. J., & Chirinos, J. L. Prevalencia de factores de riesgo para síndrome metabólico y sus componentes en usuarios de comedores populares en un distrito de Lima, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental Salud Pública*. (2018). 35(1), 39–45. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3598>
- Prasad K. Does HbA1c Play a Role in the Development of Cardiovascular Diseases? *Curr Pharm Des*. 2018;24(24):2876-2882. doi: 10.2174/1381612824666180903121957. PMID: 30179123.
- Tanaka, A., & Node, K. What Is Behind the HbA1c Value?. *Journal of the American College of Cardiology*. (2021). 78(15), e117. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.06.054>.
- Rivera-Hernández A, Zurita-Cruz JN, Garrido-Magaña E, Fiorentini-Fayad GM, Nishimura-Meguro E. La hemoglobina glucosilada A1c como prueba diagnóstica para diabetes mellitus en adolescentes con sobrepeso u obesidad [Glycosylated hemoglobin A1c as a diagnostic test for diabetes mellitus in adolescents with overweight and obesity]. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2015;53 Suppl 3:S294-9. Spanish. PMID: 26509305.
- Wiener Lab. (2000) https://access.wiener-lab.com/Vademecum/Documentos/Vademecum%20espanol/hba1c_v2_turbitest_aa_sp.pdf.
- Dhondge RH, [et al.]. A comprehensive review of metabolic syndrome and its pathophysiology. *J Clin Med*. 2024;13(1):123-137.
- Viola LF, Pérez GPT, Marín RR, Gómez LM. Measurement of waist circumference at the mid-point between the lowest rib and iliac crest: average of three repeated measurements. *Diabetol Metab Syndr*. 2023;15(1):45-52. PMID: 37456789.
- Stergiou, G. S., Palatini, P., Parati, G., O'Brien, E., Januszewicz, A., Lurbe, E., Persu, A., Mancia, G., Kreutz, R., & European Society of Hypertension Council and the European Society of Hypertension Working Group on Blood Pressure Monitoring and Cardiovascular Variability. European Society of Hypertension practice guidelines for office and out-of-office blood pressure measurement. *Journal of hypertension*. (2021) 39(7), 1293–1302. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000002843>
- Gurka MJ, Lilly CL, Oliver MN, DeBoer MD. An examination of sex and racial/ethnic differences in the metabolic syndrome among adults: a confirmatory factor analysis and a resulting continuous severity score. *Metabolism*. 2014;63(2):218–225
- Múnera-Jaramillo M. Hemoglobina glicosilada A1c vs. glucemia plasmática en ayunas de pacientes ambulatorios de un laboratorio médico. *Rev. salud pública*. 2011;13 (6): 980-989. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rsap/v13n6/v13n6a10.pdf>
- Pedraza A, Valdez J, Acevedo O, Ramírez M, Ponce E. Utilidad de la hemoglobina glucosilada como indicador de la función renal en adultos mayores diabéticos y no diabéticos. *Rev Med La Paz*. 2011 Julio – Diciembre; 21(2). Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/rmcmlp/v21n2/v21n2_a03.pdf
- Ramos R, Rojas G, Solís F. Evaluación de hemoglobina glicosilada en pacientes diabéticos del Centro de Salud de Teocelo Veracruz. *Rev Med UV*. 2008;8(2). Disponible en https://www.uv.mx/rm/num_anteriores/revmedica_vol8_num2/articulos/evaluacion_hemo.pdf
- Elders I, Prohías J, García R, Almeida J. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*. 2016;22(1) ISSN: 1561-2937. ECIMED. Disponible en <http://www.medigraphic.com/pdfs/cubcar/ccc-2016/ccc161c.pdf>
- Benzadon M, Forti L, Sinay I. Actualización en el diagnóstico de la diabetes. *Medicina (B. Aires)* [online]. 2014; 74(1): pp. 64-68. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0025-76802014000100016&lng=es&nrm=iso. ISSN 0025-7680.
- Encalada L, Álvarez K, Barbecho P, Wong S. Hipertensión arterial en adultos mayores de la zona urbana de Cuenca. *Revista Latinoamericana de Hipertensión*. 2018;13(3). Disponible en: http://www.revhipertension.com/rh3_2018/4_hipertension_articulo_en_adultos_mayores.pdf
- Ogbera A. Prevalence and gender distribution of the metabolic syndrome. *Diabetology & Metabolic Syndrome*. 2012;1 Available in: <https://doi.org/10.1186/1758-5996-2-1>
- Kwame Osei, Scott Rhinesmith, Trudy Gaillard, Dara Schuster; Is Glycosylated Hemoglobin A1c a Surrogate for Metabolic Syndrome in Nondiabetic, First-Degree Relatives of African-American Patients with Type 2 Diabetes?, *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 1 October 2003;88(10): 4596–4601, Available in: <https://academic.oup.com/jcem/article-lookup/doi/10.1210/jc.2003-030686> <https://doi.org/10.1210/jc.2003-030686>
- Huh J. et al. Metabolic Syndrome Severity Score in Korean Adults: Analysis of the 2010–2015 Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *J Korean Med Sci*. 2019 Feb18; 34(6): e48. Available in: doi: 10.3346/jkms.2019.34e48
- Gonzalez R, et al. Hemoglobina glucosilada para el diagnóstico de diabetes mellitus en exámenes médicos preventivos. *Rev Cub Med Mil* [online]. 2015;44(1). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0138-65572015000100007&lng=es&nrm=iso. ISSN 0138-6557.
- Sacks D, Arnold M, Bakris G, Bruns D, Horvath A, Nathan D, et al. Guidelines and recommendations for laboratory analysis in the

- diagnosis and management of diabetes mellitus. *Clinical Chemistry* [Internet]. 2011 Jun 57(6):e1-e47. Available from: http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?sid=e13fdb83-098c-4d90-ab91_a2a9d44db41%40sessionmgr4004&vid=0&hid=4204&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=mdc&AN=21617152
24. Gurka MJ, Lilly CL, Oliver MN, DeBoer MD. An examination of sex and racial/ethnic differences in the metabolic syndrome among adults: a confirmatory factor analysis and a resulting continuous severity score. *Metabolism*. 2014;63(2):218–225.
25. Rodríguez L, Sosa J, Buchaca E, Fernández F, Bermúdez S, Mora I. Niveles de hemoglobina glucosilada y su correlación con las glucemias de ayuno y postprandial en un grupo de pacientes diabéticos. *Medigraphic*. [internet]. 2015. 1:1-14. Disponible en: <http://www.medigraphic.com/pdfs/actamedica/acm2015/acm151d.pdf>
26. Sung, K. C., & Rhee, E. J. Glycated haemoglobin as a predictor for metabolic syndrome in non-diabetic Korean adults. *Diabetic medicine: a journal of the British Diabetic Association*. (2007). 24(8), 848–854. <https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2007.02146.x>
27. Garg P, Pethusamy K, Ranjan R. Correlation between Estimated Average Glucose Levels Calculated from HbA1c Values and Random Blood Glucose Levels in a Cohort of Subjects. *J Lab Physicians*. 2022 Oct 20;15(2):217-223. doi: 10.1055/s-0042-1757719. PMID: 37323598; PMCID: PMC10264116.
28. Nkoana MK, Khine AA. Correlation between self-monitored mean blood glucose and average plasma glucose estimated from glycated haemoglobin in patients attending the diabetes clinic at Dr George Mukhari Academic Hospital, Pretoria, South Africa. *S Afr Med J*. 2020 Apr 29;110(5):416-421. doi: 10.7196/SAMJ.2020.v110i5.13959. PMID: 32657728.

Using hydroxypropyl methylcellulose as a fat substitute in making of healthy sweet while keeping sensory value

Haneen Al-TARAWNEH¹, Hadeel OBEIDAT², Khaled A. AL-NAJJAR³

1 Department of food science and nutrition, faculty of agriculture, Jerash university, postal code 26250, Jerash, Jordan.

2 Department of Nutrition and Dietetics, Faculty of Agriculture, Irbid National University, Irbid 21110, Jordan.

3 General Commission for Scientific Agricultural Research, GCSAR, 12573 Damascus, SYRIA.

Recibido: 17/septiembre/2025. Aceptado: 24/octubre/2025.

SUMMARY

Introduction: Sweet foods are among the greatest broadly consumed food products in the Middle East and the world. Traditional Middle Eastern sweets such as Maamoul and Barazek are consumed in great amounts during social festivals. However, these sweets hold a high percentage of fat, reaching around 35%, which offers them necessary sensory properties for consumers.

Objective: In this research, hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) was used as a fat substitute in sweet products such as Barazek and Maamoul, due to their low fat content, without affecting the desirable sensory possessions of consumers.

Methods: The study prepared Maamoul and Barazek by replacing ghee with hydroxypropyl methylcellulose at ratios of 10–30%, and evaluated their chemical properties in three replicates using AOAC (2011), with statistical data analysis via ANOVA, Duncan's and t-tests in SPSS (2025).

Results: The research shows that substituting fat at levels of 10%–30% with HPMC result in a significant decrease in fat and energy density, while keeping protein content and a non-significant development in starches. Sensory analysis similarly show that substituting fat with these HPMC percentages conserved the overall acceptability and taste of Maamoul, while Barazek show a more positive response when substituting higher HPMC percentages.

Conclusions: This research recommends that HPMC could be used as an appropriate fat substitute in the production of healthy old-style sweets while preserving sensory quality.

KEYWORDS

Food grade cellulose derivative, Fat reducing, Healthy formula confectionery, Sensory stability.

INTRODUCTION

Sweets are rich in food components and sensory possessions that are desirable to consumers worldwide (Guiné, 2022). In the Middle East, Barazek and Maamoul sweets are produced, which have a special consumer advantage during social and religious festivals. These sweets are made from flour, sugar, and fats ranging from 30 to 35 %. Fats contribute to determining the texture of sweets in terms of the elasticity of the dough and the mixing of elements such as starches and proteins (Obeidat et al., 2018). Significant relationships have been found between human health and food, which has contributed to increased consciousness of human food selections (Mishenin et al., 2023). Fats have been linked to health difficulties, mainly blood and heart sicknesses. This has prompted the food manufacturing to concentration on reducing the fat content of foods while maintaining value such as taste and texture (Alsaffar, 2016).

Table 1 shows that Maamoul and Barazek are two traditional Middle Eastern sweets that differ in composition and consumption. Maamoul is made with semolina or flour and filled with dates and nuts and is often consumed during special occasions, while Barazek is devoid of filling and features a thick sesame coating and a crunchy texture, making it suitable for everyday consumption (Al-Khusaibi, 2019).

Fat substitutes could be relied upon to maintain sensory properties and reduce calories, as solid fat substitutes support emulsification and durability, while preserving taste and stopping decomposition (Gao et al., 2024).

As for protein-based fatty alternatives, they contribute to improving the texture of the product. Carbohydrate-based al-

Correspondencia:
Haneen Al-Tarawneh
h.tarawneh@jpu.edu.jo

Table 1. A comparison showing the differences between locally made Maamoul and Barazek in some Middle Eastern countries

Element	Maamoul	Barazek
Basic Ingredients	Semolina or flour, butter/ghee, sugar, spices (such as mahlab)	Flour, butter/ghee, sugar
Fillings	Dates, walnuts, pistachios	No filling
Special Additions	Musk or mahlab for a special flavor	A rich layer of toasted sesame
Shape	Shaped using molds with patterns and decorations	Thin, flat discs
Texture	Soft and slightly crumbly	Crispy and crunchy
Consumption	Most commonly used for special occasions and holidays	Consume daily with tea or coffee
Nutritional Value	Higher in fat due to the fillings	High in sugar and sesame

ternatives, such as maltodextrin, inulin, and hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), bind to water and act as a fat in improving the texture of sweets Kew et al., 2020). The use of carbohydrate-based fat substitutes such as polydextrose and hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) increases the texture and taste of sweets, and in a variety of foodstuffs (Nikolic et al., 2024). Hongjuan et al., (2022) show that whey protein molecules could be used as fat substitutes to reduce their amount, improve their value, and meet users’ demand for healthy dairy products. The resulting product outperformed untreated milk powder in terms of texture, rheological properties and consistency. Because it also has a vegetable oil, emulsion added to it, it was preferred over untreated milk powder, which improved the taste.

Recent evidences show that fat substitutes based on carbohydrate and protein food polymers are effective functional tools for reducing calories and maintaining the texture and sensory properties of food products. They play a pivotal role as emulsifiers and stabilizers that promote healthy eating patterns (Syam et al., 2024). Oil gels enriched with cellulose and proteins have proven effective in baked goods, dairy products, meats, and confectionery, while maintaining their physical and sensory properties (Silva et al., 2025). Similarly, food polymers and hydrocolloids have been shown to improve the texture and flavor of meat, dairy products, sauces, and low-fat baked goods, making them promising alternatives to traditional fats (Talins et al., 2024). In this context, Al-Tarawneh and Al-Najjar (2025) indicate that probiotic yogurt produced by traditional filtration preserves probiotic viability, enhances sensory acceptance, and meets production requirements.

The primary reason for using HPMC as a partial fat substitute in Maamoul and Barazek today is related to the growing consumer interest in health and nutrition, particularly in reducing saturated fat and calorie content without significantly compromising texture and taste. The importance lies in the possibility of producing lower-fat versions that maintain ac-

ceptable sensory characteristics, making these traditional sweets more compatible with the modern diet and meeting the growing demand for healthy products while preserving food and cultural heritage.

Based on the above, this study aims to use different proportions of hydroxypropyl methylcellulose as fat substitutes in the manufacture of Maamoul and Barazek and their effect on the structural and sensory properties.

MATERIALS AND METHODS

HPMC as a Fat Substitute for Maamoul and Barazek products

Involvement different proportions of HPMC with traditional base elements, containing flour, skimmed milk, sesame seeds, sugar, and vanilla made Maamoul and Barazek. Mahlab, anise, and food coloring were also added to the Maamoul and/or Barazek. The ghee and margarine components were replaced with HPMC at 10, 15, 25, and 30% levels as fat substitutes. The filling for all of these products consists of butter, date paste, anise, almonds, pistachios, and cinnamon. All ingredients are sourced locally in City Irbid. The elements were used in preparation of the traditional Middle Eastern sweet goods, Barazek and Maamoul, as shown in Figures 1 and 2, respectively:

In Maamoul and Barazak, portions of the margarine and ghee were replaced with fat substitutes, hydroxypropyl methylcellulose, at ratios of 10%, 15%, 25%, and 30%. Control samples were prepared using traditional fat ratios without any substitutes. Details of the compositions are shown in Table 2.

Chemical Composition

Chemical properties, including protein, fat, ash, moisture, and carbohydrates, were evaluated by relative analysis. These



Source: The authors

Figure 1. Barazek products



Source: The authors

Figure 2. Maamoul products

evaluations followed guidelines established by AOAC (2011) Standard Procedures.

Sensory Evaluation of Maamoul and Barazek

The sensory evaluation of the products was conducted using a trained tasting panel of 30 consumers to measure the overall

Table 2. Concentrations of fat substitutes (hydroxypropyl methylcellulose, HPMC) used in processing

Treatments(Fat replacement with HPMC levels %)	Concentrations	
	Maamoul %	Barazak %
Control group (at 0)	0.0	0.0
First group (at 10)	10.0	10.0
Second group (at 15)	15.0	15.0
Third group (at 25)	25.0	25.0
Fourth group (at 30)	30.0	30.0

acceptability of both Maamoul and Barazek. Samples were presented under standard conditions in terms of temperature, lighting, and presentation method, and were randomly coded to ensure the neutrality of the tasting. Participants were asked to evaluate the main sensory characteristics, including overall acceptability, softness, flavor, and color. A nine-point hedonic scale ranging from "not at all acceptable" (1) to "very acceptable" (9) was used to determine the degree of satisfaction with each characteristic (Oh, et al., 2023).

Statistical Analysis

All analyses were performed in replicates, and results were expressed as mean values. To determine statistically significant differences between treatments, one-way analysis of variance (ANOVA) was used. The multiple range test of Duncan (1955) was used to compare post-experimental mean values, while independent samples t-tests were applied at a 95% confidence level. All data analyses were performed using SPSS (2025), following the methodology described by Chysirichote et al., (2011).

For sensory characteristics (overall acceptability, softness, flavor, and color), data were collected and analyzed using analysis of variance to determine significant differences for both Maamoul and Barazek at a significance level ($p < 0.05$).

RESULTS

Barazek product

When hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) is used as a fat substitute in this formulation, its proportion has been gradually increased to 0%, 10%, 15%, 25%, and 30%, as shown in Table 3.

Maamoul product

Table 4 illustrates the use of HPMC as a fat substitute in this Maamoul formulation. A gradual increase in HPMC content,

Table 3. Efficiency of edible HPMC coating on the chemical properties of Barazak

Level of HPMC%	Fat (%)	Protein (%)	Carbohydrates (%)
Control group (at 0)	25.2	9.0	62.9
First group (at 10)	23.1	9.1	63.4
Second group (at 15)	21.0	8.9	63.8
Third group (at 25)	18.3	9.3	63.6
Fourth group (at 30)	16.2	9.3	63.8

Table 4. The Efficiency of HPMC as Edible Coating on Chemical Properties of Maamoul

Level of HPMC %	Fat (%)	Protein (%)	Carbohydrates (%)
Control group (at 0)	26.8	6.1	55.7
First group (at 10)	24.3	6.1	56.5
Second group (at 15)	22.9	5.9	56.7
Third group (at 25)	21.1	6.3	56.8
Fourth group (at 30)	18.4	6.1	56.1

from 0% to 30%, results in a significant decrease in fat content (from 26.8% to 18.4%) and a corresponding decrease in energy density (from 488.4 to 414.4 kcal per 100 g). Protein levels remain constant, while carbohydrate content increases slightly. HPMC absorbs water which helps to form a dough with improved viscosity and elasticity especially when producing Maamoul and this improves the texture of the product (Dodi et al., 2007).

Figures 3 and 4 show that the calculated energy content of both Barazek and Maamoul products gradually decreased with increasing hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) content. In Barazek, energy decreased by 76.2 kcal/100 g, while in Maamoul, it decreased by 74 kcal/100 g at the 30% level. This indicates that replacing conventional fats with HPMC significantly reduced the energy content of the products, consistent with the functional role of food polymers in reducing calories while maintaining the physical and sensory properties of the food product (Sun and Fang, 2021; Sabbaghi, 2023). This pattern confirms the effectiveness of HPMC as a fat substitute in improving the health value of conventional products without significantly affecting their structure or consumer quality (Alvarez et al., 2021; Ferdaus et al., 2024; Wang et al., 2024).

Effect of HPMC on the Sensory Properties of Maamoul and Barazek

Table 5 shows the reformulation of both Maamoul and Barazek using varying levels of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) as a fat substitute, and their sensory properties were evaluated. For Maamoul, overall acceptability remained statistically similar to the control group at medium HPMC levels (mean scores between 6.9 and 7.33 ± 1.5 –1.8, rated 'A' or 'AB'), but decreased significantly at the highest substitution level (5.99 ± 1.01 , rated 'B'). A similar trend was seen for softness, high acceptability at low HPMC additions (7.3 and 7.59 ± 1.3), followed by a significant decrease at high levels (5.23 and 5.69 ± 1.3 –1.8, rated 'B'). Interestingly, flavor scores remained relatively stable across all formulations (range: 6.90–7.33, all "a"), as did color acceptability (6.93–7.97, mostly "ab"), suggesting that moderate HPMC substitution can maintain these sensory attributes. Conversely, Barazek showed a sharp decline in sensory quality with increasing HPMC: overall acceptability decreased from 8.1 ± 1.45 ("a") in the control group to only 3.99 ± 1.26 ("c") at the highest HPMC level. Softness, flavor, and color also showed significant deterioration, although the color changes were relatively subtle. These differences

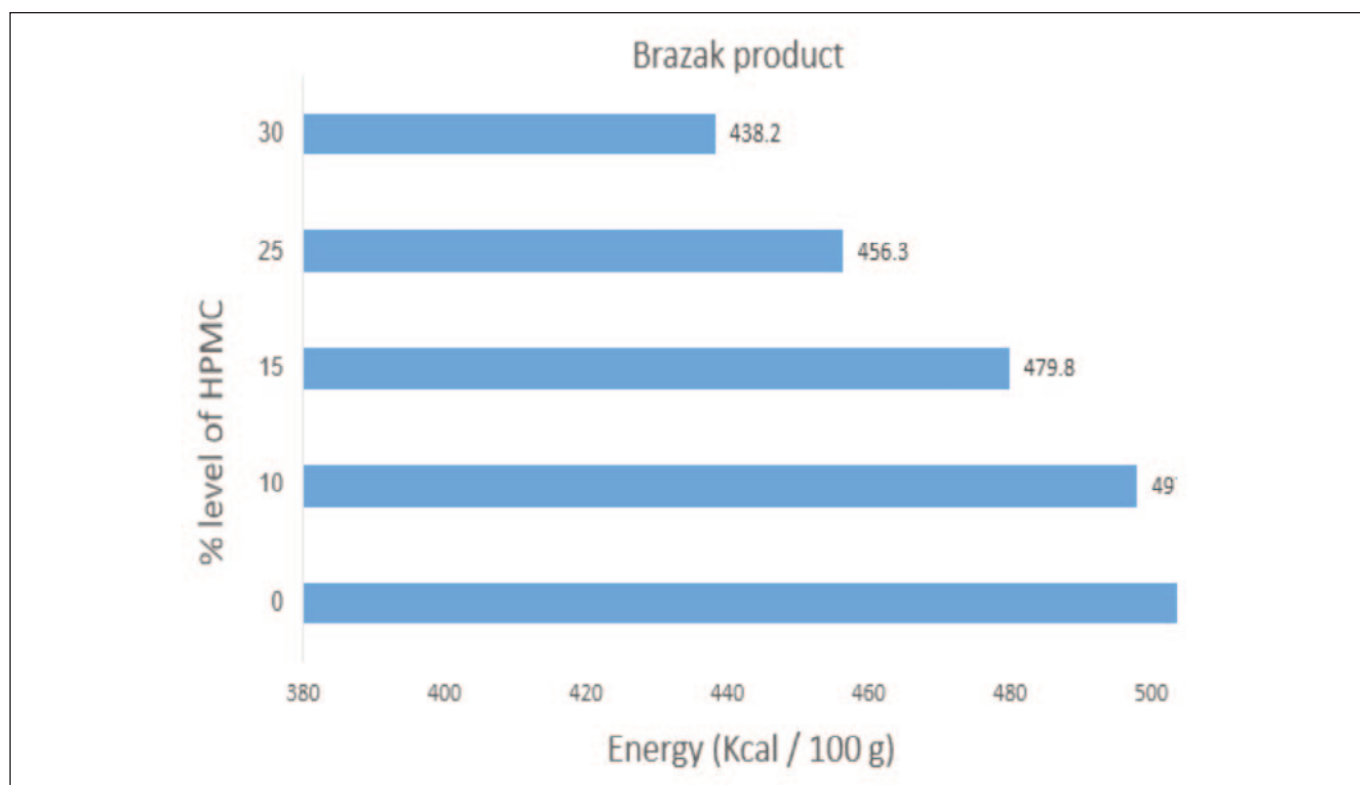


Figure 3. Calculated energy of Barazek products

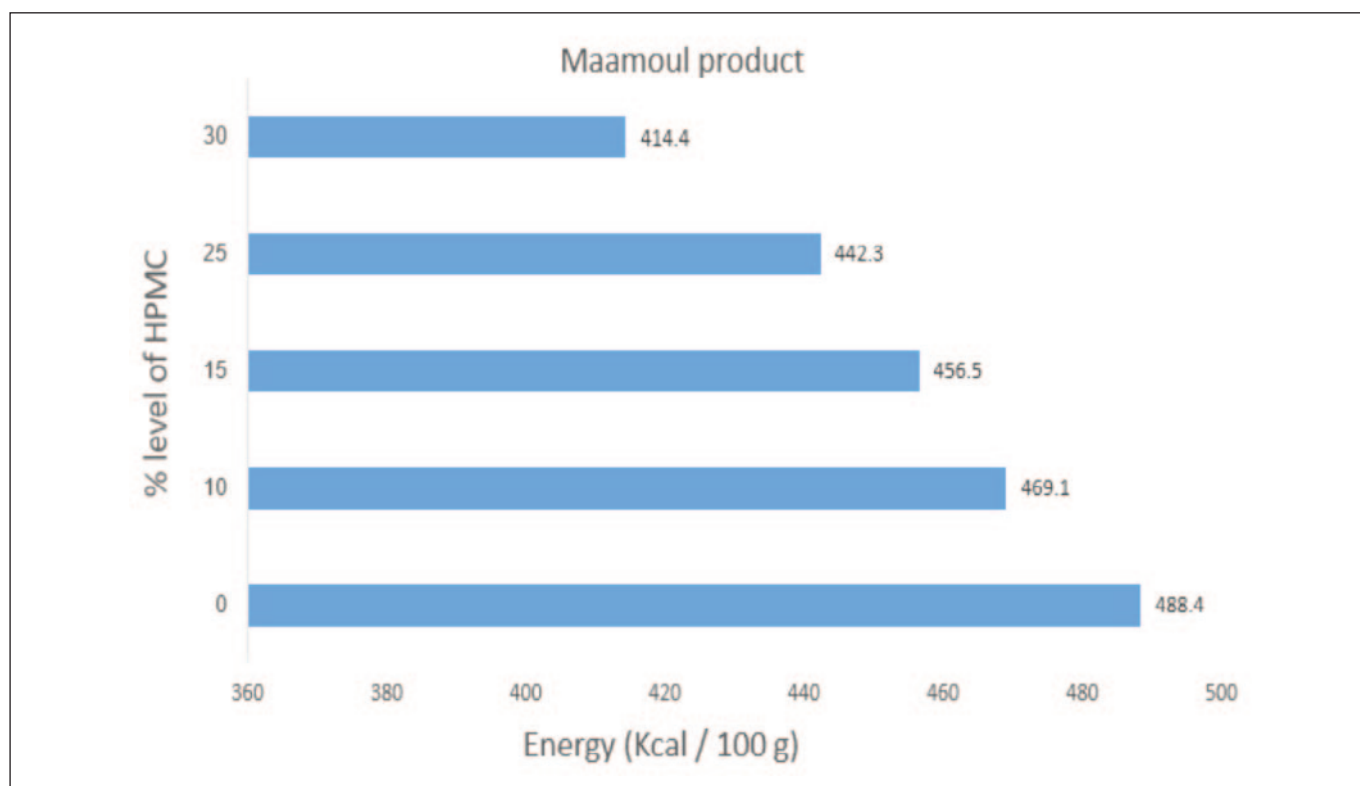


Figure 4. Calculated energy of Maamoul products

Table 5. Sensory properties (Maamoul and Barazek) made using HPMC

Product Properties	Percent of fat replaced with HPMC				
	0	10	15	25	30
Maamoul products					
Acceptance	7.1±1.77 ^a	6.9±1.46 ^a	6.99±1.59 ^{ab}	7.33±1.79 ^{ab}	5.99±1.01 ^b
Softness	7.3±1.40 ^a	7.59±1.36 ^a	6.77±1.34 ^a	5.23±1.34 ^b	5.69±1.83 ^b
Flavor	6.90±1.60 ^a	7.01±1.08 ^a	7.13±1.90 ^a	5.23±1.40 ^a	7.33±1.69 ^a
Color	7.13±1.70 ^a	7.96±1.23 ^{ab}	6.99±1.47 ^{ab}	6.93±1.9 ^{ab}	7.97±1.66 ^{ab}
Barazek products					
Acceptance	8.1±1.45 ^a	6.56±1.96 ^b	6.93±1.32 ^b	5.93±1.09 ^b	3.99±1.26 ^c
Softness	6.32±1.25 ^a	6.97±1.23 ^b	5.96±1.43 ^b	6.10±1.16 ^b	4.99±1.54 ^c
Flavor	7.99±0.93 ^a	6.98±1.72 ^b	6.01±1.57 ^{bc}	6.93±1.21 ^{bc}	6.33±1.67 ^c
Color	7.91±1.51 ^a	6.53±1.32 ^{ab}	6.89±1.37 ^{ab}	6.58±1.53 ^{ab}	6.89±1.38 ^{ab}

* Values within a row followed by a common letter are not significantly different.

suggest that the sensory properties of Maamoul are more resilient to the inclusion of moderate HPMC compared to the more intense Barazek.

DISCUSSION

The Barazak products (similar to Barazek) show a significant decrease in fat content (from 25.2% to 16.2%) and corresponding energy density (from 514.4 to 438.2 kcal per 100 g), with stable protein levels and a slight increase in carbohydrate content. These trends are closely related to the functional roles of hydroxypropyl methylcellulose during dough formation and baking. First, HPMC enhances dough viscosity, elasticity, and water-binding capacity, supporting the formation of stable and elastic doughs, as in Brazik production, and compensating for the lower fat content. This is consistent with the findings of Rosell and his colleagues 2001, who reported that HPMC-enriched dough exhibits increased water activity, moisture retention, and decreased crumb toughness (Rosell et al., 2001). Additionally, KimaCell (2025) reports that HPMC improves dough extensibility, structure, and stability, features that make it easier to shape, flatten, and even compress sesame onto its surface without cracking or breaking (KimaCell, 2025).

The baking process highlights the functional benefits of HPMC. During heating, HPMC forms thermoreversible gels and network structures that stabilize gas cells and reduce the loss of moisture and volatiles, a phenomenon that maintains dough integrity, reduces shrinkage, and maintains weight (Bárcenas & Rosell, 2005; Guarda et al., 2004). This is partic-

ularly attributable to your observations where the baked dough lost approximately 150 grams of weight; it is likely that HPMC network mitigated this loss, resulting in moisture retention and reduced fat migration compared to control groups without HPMC.

Furthermore, the slight increase in carbohydrate content may reflect a partial displacement of fat and a compensatory shift in macronutrient distribution, as HPMC binds to water and occupies volume, consistent with the broader compositional changes observed in low-fat systems. Indeed, studies of textured breads have shown that hydrocolloids such as HPMC increase crumb moisture and soften its texture, supporting the idea that HPMC-added Barazek retains a desirable mouthfeel even with reduced fat (Eduardo, 2013).

The comprehensive functionality of HPMC as a hydrocolloidal fat substitute is enhanced in this context: it enables a significant reduction in fat and energy density while maintaining or improving dough handling properties, structural stability during shaping and baking, and sensory properties such as tenderness, moisture, and overall palatability. This dual capability makes HPMC particularly suitable for Barazek formulations, where traditional methods rely on high-fat media to improve texture and mouthfeel, but health modifications are desired.

Research suggests that HPMC creates a gel network that contributes to changing the tensile properties of the dough, enhancing its stretchability, which is beneficial for dough shaping and molding (Ko, et al., 2015; Nath et al., 2022).

The use of HPMC has been associated with increased moisture retention in dough, resulting in improved texture and freshness in baked goods. Where HPMC properties help retain moisture in the dough, which is crucial to maintaining the texture and quality of the product (Nammakuna al., 2016; Zhao et al., 2021).

HPMC effectively replaces fat without compromising the nutritional value of maamoul as it reduces fat and energy while maintaining protein levels. A slight increase in carbohydrate content and its binding to water leads to fat displacement and thus a compensatory shift in macronutrient distribution. This is consistent with the structural changes observed in low-fat diets (Dizlek et al., 2017).

Eduardo et al (2013) show that the addition of HPMC contributes to increased bread moisture and thus softens the texture, supporting the idea that Maamoul with HPMC added retains a desirable texture even with low fat.

Including HPMC as a fat substitute in Maamoul formulations not only reduces the fat and energy content but also enhances the properties of the dough, contributing to a product that maintains the desired texture and quality.

The results are consistent with broader studies on the use of high-density monounsaturated fatty acids (HPMC) as a fat substitute. In biscuits, replacing 15 g/100 g of fat with HPMC contributes to maintaining texture and overall acceptability, while higher levels contribute to increased firmness and thus reduced consumer desire (Laguna et al., 2014).

In gluten-free pancakes, HPMC use at levels ranging from 2% to 3% enhanced softness, elasticity, and sensory appeal, despite increased viscosity and dark color (Maghsoud et al., 2024). In barley and oat bread, the use of HPMC was effective in improving loaf size, reducing firmness, and maintaining overall quality (Kim et al., 2015).

When making Maamoul, using high-density fatty acids (HDFAs) as a fat substitute helps maintain sensory properties such as texture, taste, and color. On the other hand, Barazek was found to be more sensitive when HPMC was used as a fat substitute. These results demonstrate the importance of using fat substitutes (HPMC) in proportions of about (10-30%) that maintain sensory properties in a healthy product (Maghsoud et al., 2024).

The results indicate that reducing fat content of Maamoul and Barazek using an edible HPMC coating caused a gradual and significant decrease in fat content while maintaining relatively constant protein and carbohydrate content. Fat content of Barazek decreased from 25.2% at 0% HPMC to 16.2% at 30% HPMC, while it decreased from 26.8% to 18.4% at the same level in Maamoul. This decrease was accompanied by an improvement in overall energy distribution (Figures 3-4), underscoring importance of investigating the nutritional composition per 100 grams when studying low-fat alternatives.

From a sensory perspective, the results in Table (5) show that inclusion of HPMC at moderate levels (10-15%) did not negatively affect softness or flavor, and maintained acceptable levels of overall acceptability and color. However, higher levels (25-30%) resulted in a significant decrease in overall acceptability (from 8.1 to 3.99). Therefore, relying on data including protein, fat, carbohydrate, and calorie content, along with sensory evaluation, allows for important conclusions about the effectiveness of fat reduction. It could be argued that Maamoul and Barazek, enhanced with HPMC at moderate levels ($\leq 15\%$), represent healthier and more balanced food alternatives while maintaining acceptable levels of sensory properties and consumer acceptance.

CONCLUSION

This research confirms that replacing 10% to 30% of the fat with Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) is suitable for maintaining product health while preserving its sensory characteristics, particularly in Maamoul. BARAZEK, however, is more sensitive to increased HPMC levels. Using HPMC as a fat substitute in sweets, especially Maamoul and Barazek, is also a valuable option, as it reduces fat levels without compromising sensory qualities. Further research is recommended to determine the optimal HPMC ratio for each product (Maamoul and Barazek) and to test a range of modified formulations to achieve a healthier product while maintaining its sensory value. In future studies, researchers will assess the long-term stability and consumer acceptance of these modified formulations to increase their use as healthy and delicious products in the market.

REFERENCES

1. Al-Khusaibi, M. Arab Traditional Foods: Preparation, Processing and Nutrition. In: Al-Khusaibi, M., Al-Habsi, N., Shafiur Rahman, M. (eds) Traditional Foods. Food Engineering Series. Springer, Cham. 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-24620-4_2
2. Alsaffar, A. A. Sustainable diets: The interaction between food industry, nutrition, health and the environment. Food Science and Technology International. 2016. 22(2), 102-111. DOI: 10.1177/1082013215572029
3. Al-Tarawneh, N.H and Al-Najjar K. Enhancing the potential of probiotic bacteria to improve labneh's nutritional value. Tianjin Daxue Xuebao (Ziran Kexue yu Gongcheng Jishu Ban)/Journal of Tianjin University Science and Technology. 2025. Vol: 58 Issue. DOI: 10.5281/ZENODO.14630684
4. Alvarez, M. D., Cofrades, S., Espert, M., Salvador, A., & Sanz, T. Thermorheological Characterization of Healthier Reduced-Fat Cocoa Butter Formulated by Substitution with a Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC)-Based Oleogel. Foods, 2021. 10(4), 793. DOI: 10.3390/foods10040793
5. AOAC, International. (2011). Official Method 963.15: Fat (Crude) in Nuts and Nut Products — Ether Extraction Method. In Official

- Methods of Analysis of AOAC International (21st ed.). AOAC International.
6. Bárcenas, M.-E., & Rosell, C. M. Hydroxypropylmethylcellulose acts as a bread improver and antistaling agent by delaying staling and improving texture. *Food Hydrocolloids*. 2005. 19(6), 1037–1043. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2005.01.005
 7. Chysirichote, T., Utaipatanacheep, A., & Varayanond, W. Effect of reducing fat and using fat replacers in the crust of flaky Chinese pastry. *Kasetsart Journal (Natural Science)*. 2011. 45, 120-127. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/245140>
 8. Dizlek, H., Ozer, M.S. The Impacts of Various Ratios of Different Hydrocolloids and Surfactants on Quality Characteristics of Corn Starch Based Gluten-free Bread. *CEREAL RESEARCH COMMUNICATIONS*. 2016. 44, 298–308. DOI: 10.1556/0806.43.2015.049
 9. Dodić, J., Pejcin, D., Dodić, S., Popov, S., Mastilović, J., Popov-Raljić, J., & Zivanovic, S. Effects of hydrophilic hydrocolloids on dough and bread performance of samples made from frozen doughs. *Journal of food science*. 2007. 72(4), S235-S241. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2007.00337.x
 10. Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1-42.
 11. Eduardo, M., Svanberg, U., & Ahrné, L. Effect of Hydrocolloids and Emulsifiers on Baking Quality of Composite Cassava-Maize-Wheat Breads. *International Journal of Food Science*. 2013. (1), 479630. DOI: 10.1155/2014/479630
 12. Ferdaus, M. J., Barman, B., Mahmud, N., & Da Silva, R. C. Oleogels as a Promising Alternative to Animal Fat in Saturated Fat-Reduced Meat Products: A Review. *Gels*, 2024. 10(2), 92. DOI: 10.3390/gels10020092
 13. Gao, Y., Zhao, Y., Yao, Y., Chen, S., Xu, L., Wu, N., & Tu, Y. Recent trends in design of healthier fat replacers: Type, replacement mechanism, sensory evaluation method and consumer acceptance. *Food Chemistry*. 2024. 447, 138982. DOI: 10.1016/j.foodchem.2024.138982
 14. Guarda, A., Benedito, C., Galotto, M. J., & Rosell, C. M. (Different hydrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*. 2004. 18(4), 601–613. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2004.02.006
 15. Guiné, R. P. F. Textural properties of bakery products: A review of instrumental and sensory evaluation studies. *Applied Sciences*. 2022. 12 (17), 8628. DOI: 10.3390/app12178628
 16. Kew, B., Holmes, M., Stieger, M., & Sarkar, A. Review on fat replacement using protein-based microparticulated powders or microgels: A textural perspective. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. 106, 457–468. DOI: 10.1016/j.tifs.2020.10.032
 17. KimaCell. Mechanism of action of HPMC in baked goods. Retrieved from Kima Chemical Co., LTD. 2025. <https://www.kimacellulose.com/>
 18. Ko, J. A., Kim, H. S., Baek, H. H., & Park, H. J. Effects of hydroxypropyl methylcellulose and temperature of dough water on the rice noodle quality. *Food Science and Technology Research*. 2015. 21(1), 129-135. DOI: 10.3136/fstr.21.129
 19. Laguna, L., Primo-Martín, C., Varela, P., Salvador, A., & Sanz, T. HPMC and inulin as fat replacers in biscuits: Sensory and instrumental evaluation. *LWT - Food Science and Technology*. 2014. 56(2), 494-501. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.12.025
 20. Li, H., Zhang, L., Jia, Y., Yuan, Y., Li, H., Cui, W., & Yu, J. Application of whey protein emulsion gel microparticles as fat replacers in low-fat yogurt: Applicability of vegetable oil as the oil phase. *Journal of Dairy Science*. 2022. 105 (12), 9404-9416. DOI: 10.3168/jds.2022-22314
 21. Maghsoud, M., Heshmati, A., Taheri, M., Emamifar, A., & Esfarjani, F. The influence of carboxymethyl cellulose and hydroxypropyl methylcellulose on physicochemical, texture, and sensory characteristics of gluten-free pancake. *Food Science & Nutrition*. 2024. 12(2), 1304-1317. DOI: 10.1002/fsn3.3844
 22. Mishenin, Y., Koblianska, I., Yarova, I., Kovalova, O., & Bashlai, S. Food security, human health, and economy: a holistic approach to sustainable regulation. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2023. 9(4), 50-78. DOI: 10.51599/are.2023.09.04.03
 23. Nammakuna, N., Barringer, S. A., & Ratanatriwong, P. The effects of protein isolates and hydrocolloids complexes on dough rheology, physicochemical properties and qualities of gluten-free crackers. *Food Science & Nutrition*. 2016. 4(2), 143-155. DOI: 10.1002/fsn3.266
 24. Nath, P. C., Debnath, S., Sridhar, K., Inbaraj, B. S., Nayak, P. K., & Sharma, M. A. Comprehensive Review of Food Hydrogels: Principles, Formation Mechanisms, Microstructure, and Its Applications. *Gels*. 2022. 9(1), 1. DOI: 10.3390/gels9010001
 25. Nikolić, I., Šoronja-Simović, D., Zahorec, J., Dokić, L., Lončarević, I., Stožinić, M., & Petrović, J. Polysaccharide-based fat replacers in the functional food products. *Processes*, 12(12), 2701. 2024. DOI: 10.3390/pr12122701
 26. Obeidat, H., Al-Ismail, K., & Saleh, M. Effects of maltodextrin as fat replacer on the chemical and sensory properties of Barazeq, Ghuribeh, and Ma'amul. *International Journal of Applied and Natural Sciences (IJANS)*. 2018. 7(6), 97-104. <https://www.researchgate.net/publication/389687150>
 27. Oh, M., Ju, J., & Ju, S. What Are the Sensory Attributes Associated with Consumer Acceptance of Yellow Oyster Mushrooms (*Pleurotus citrinopileatus*)? *Foods*. 2023. 13 (13), 2061. DOI: 10.3390/foods13132061
 28. Rosell, C. M., Rojas, J. A., & Benedito de Barber, C. (Influence of hydrocolloids on dough and bread quality. *Food Hydrocolloids*. 2001. 15(1), 75–81. DOI: 10.1016/S0268-005X(00)00054-0
 29. Sabbaghi, H. Perspective Chapter: Cellulose in Food Production – Principles and Innovations. *IntechOpen*. 2023. DOI: 10.5772/intechopen.109204
 30. Silva, R. C., Ferdaus, M. J., Foguel, A., & Da Silva, T. L. Oleogels as a Fat Substitute in Food: A Current Review. *Gels*. 2023. 9(3), 180. DOI: 10.3390/gels9030180
 31. SPSS (2025). IBM Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp. IBM Corp.

32. Sun, C., Fang, Y. Replacement of Fat or Starch. In: Fang, Y., Zhang, H., Nishinari, K. (eds) Food Hydrocolloids. Springer, Singapore. 2021. DOI: 10.1007/978-981-16-0320-4_12
33. Syan, V., Kaur, J., Sharma, K. et al. An overview on the types, applications and health implications of fat replacers. J Food Sci Technol. 2024. 61, 27–38. DOI: 10.1007/s13197-022-05642-7
34. Talens, C., Alvarez-Sabatel, S., Sanmartín, E., Garcia-Fontanals, L., & Talens, P. Comprehensive Sensory Evaluation in Low-Fat Emulsions: A Systematic Review of Diverse Food Applications. Food Science & Nutrition. 2024. 13(1), e4700. DOI: 10.1002/fsn3.4700
35. Wang, Q., Bobadilla, S., Espert, M., Sanz, T., & Salvador, A. Shortening replacement by hydroxypropyl methylcellulose-based oleogels obtained by different indirect approaches. Texture and sensory properties of baked puff pastry. Food Hydrocolloids. 2024. 153, 109936. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2024.109936
36. Zhao, F., Li, Y., Li, C., Ban, X., Cheng, L., Hong, Y., Gu, Z., & Li, Z. Co-supported hydrocolloids improve the structure and texture quality of gluten-free bread. LWT, 152, 112248. 2021. DOI: 10.1016/j.lwt.2021.112248

Recientes avances en la comprensión del eje intestino-sistema endocrino

Recent Advances in the Understanding of the gut–endocrine Axis

Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS¹, Vivian R. MENA MIRANDA²

¹ Children's Medical Center, Lake City, Florida, USA.

² Hospital Pediátrico Universitario Centro Habana, La Habana, Cuba.

Recibido: 21/agosto/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

RESUMEN

Introducción: La microbiota intestinal ha emergido como un actor clave en la regulación endocrina sistémica. Su interacción con el sistema endocrino da lugar al llamado eje intestino-endocrino, que influye en la homeostasis metabólica, la función tiroidea, la secreción de insulina y la regulación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal.

Objetivo: Explorar los avances recientes en el entendimiento del eje intestino-sistema endocrino y sus implicaciones clínicas.

Método: Revisión narrativa de la literatura científica publicada entre 2019 y 2025 en bases de datos como PubMed, Scopus y Web of Science. Se analizaron artículos originales, revisiones sistemáticas y ensayos clínicos sobre microbiota y regulación endocrina.

Resultados: Se identificaron mecanismos clave de comunicación entre la microbiota y el sistema endocrino, incluyendo metabolitos como ácidos grasos de cadena corta (SCFAs), derivados del triptófano y endotoxinas que modulan la secreción hormonal. Se observó influencia de la microbiota en la resistencia a la insulina, disfunción tiroidea, obesidad y eje HHA. El ensayo **REIMAGINE**, presentado en ENDO 2025 y publicado por Medscape, reportó una prevalencia de sobrecrecimiento

bacteriano intestinal significativamente mayor en pacientes con hipotiroidismo tratados con levotiroxina frente a controles (**33% vs. 15%**), con patrones microbianos específicos incluso en ausencia de SIBO.

Conclusiones: El eje intestino-endocrino representa una nueva dimensión en la fisiopatología de trastornos metabólicos y endocrinos, abriendo puertas a intervenciones terapéuticas basadas en la modulación de la microbiota.

PALABRAS CLAVE

Interacciones microbiota-hormonas, comunicación microbiota-endocrino, metabolismo energético, eje HHA, endocrinología trasnacional.

ABSTRACT

Introduction: The gut microbiota has emerged as a key regulator of endocrine homeostasis. Its interaction with the endocrine system defines the gut–endocrine axis, influencing metabolism, thyroid function, insulin secretion, and HPA axis regulation.

Objective: To explore recent advances in understanding the gut–endocrine axis and its clinical implications.

Methods: Narrative review of scientific literature from 2019 to 2025 in databases such as PubMed, Scopus, and Web of Science. Included original articles, systematic reviews, and clinical trials addressing microbiota and endocrine regulation.

Results: Key communication mechanisms between microbiota and endocrine organs were identified, including SCFAs,

Correspondencia:
Vicente Manuel Martínez Cárdenas
vicente7757@yahoo.com

tryptophan metabolites, and endotoxins modulating hormonal secretion. Evidence shows microbiota influences insulin resistance, thyroid dysfunction, obesity, and HPA axis.

Conclusions: The gut–endocrine axis represents a novel dimension in the pathophysiology of metabolic and endocrine disorders, offering new therapeutic targets based on microbiota modulation.

KEYWORDS

Microbiota–hormone interactions, microbiota–endocrine communication, energy metabolism, HPA axis, translational endocrinology.

INTRODUCCIÓN

La microbiota intestinal se ha consolidado como un componente esencial en la regulación de múltiples sistemas fisiológicos, más allá del aparato digestivo. Entre ellos, el sistema endocrino ha mostrado ser particularmente sensible a los productos derivados de la fermentación microbiana, lo que ha llevado al concepto emergente del **eje intestino-sistema endocrino**. Este eje abarca una red de señales bioquímicas entre la microbiota, las células enteroendocrinas y órganos endocrinos como el páncreas, la tiroides, las glándulas suprarrenales y el tejido adiposo. Los avances en metagenómica, transcriptómica y metabolómica han permitido identificar vías de comunicación con implicaciones en enfermedades como la diabetes tipo 2, el hipotiroidismo, la obesidad y el síndrome metabólico¹⁻⁴.

En este contexto, el eje endocrino intestinal constituye una pieza clave de dicha interacción, al representar la conexión entre el tracto gastrointestinal y el sistema endocrino mediante la liberación de hormonas que regulan funciones como la digestión, el metabolismo y el apetito^{5,6}. Las células enteroendocrinas, dispersas a lo largo del epitelio intestinal, detectan estímulos como la ingesta de alimentos o la presencia de nutrientes y, en respuesta, secretan hormonas que actúan localmente o a distancia⁵⁻⁷⁻¹⁴. Entre las principales hormonas intestinales se encuentran la grelina (que estimula el apetito), el péptido similar al glucagón tipo 1 (GLP-1) y el péptido YY (PYY), ambos supresores del apetito, así como la colecistoquinina (CCK), involucrada en la regulación de la digestión y la saciedad^{6,9}. Estas hormonas pueden alcanzar órganos distantes a través del torrente sanguíneo (vías endocrinas), incluyendo el cerebro, o activar señales nerviosas a través del nervio vago y otras vías neuronales, estableciendo así una comunicación bidireccional que integra el eje intestino-cerebro^{7,8}.

Este sistema interconectado refuerza la importancia de la microbiota como reguladora endocrina e ilustra cómo su alteración puede contribuir al desarrollo de trastornos metabólicos, digestivos y neuroendocrinos^{6-9,15-18}.

Esta interacción involucra mecanismos inmunológicos, neuroendocrinos y metabólicos que influyen sobre la homeostasis hormonal, la respuesta al estrés, el metabolismo energético y la función inmunitaria. Sin embargo, persisten vacíos en la integración sistemática de estos hallazgos y en la evaluación crítica de su aplicabilidad clínica.

El objetivo de este artículo es revisar y sintetizar los avances más recientes en la comprensión del eje intestino-sistema endocrino, destacando sus mecanismos fisiopatológicos, su relevancia en diferentes patologías y su potencial como diana terapéutica.

MATERIAL Y MÉTODO

Se llevó a cabo una revisión narrativa de la literatura científica con el objetivo de sintetizar el conocimiento actual sobre el eje endocrino intestinal, el papel de las células enteroendocrinas, la secreción de hormonas intestinales (grelina, GLP-1, PYY, CCK) y su interacción con la microbiota intestinal y el sistema nervioso central.

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos **PubMed, Scopus, Web of Science y Google Scholar**, abarcando publicaciones entre **enero de 2013 y julio de 2025**. Se emplearon términos MeSH y palabras clave combinadas con operadores booleanos, incluyendo: "*enteroendocrine cells*", "*gut hormones*", "*gut-brain axis*", "*intestinal microbiota*", "*SCFA*", "*GLP-1*", "*PYY*", "*vagus nerve*" y "*microbiota-gut-endocrine signaling*".

Se identificaron inicialmente **112 artículos**. Tras aplicar los criterios de selección, se incluyeron finalmente **27 artículos** en la revisión.

Los **criterios de inclusión** contemplaron artículos originales, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas y metaanálisis, siempre que se tratara de estudios realizados en humanos o en modelos animales con relevancia fisiológica. Se aceptaron publicaciones en inglés o en español, con acceso a texto completo, aparecidas entre 2013 y 2025, que abordaran de manera directa la fisiología, los mecanismos moleculares o las implicaciones clínicas del eje endocrino intestinal y su interacción con la microbiota.

Por su parte, los **criterios de exclusión** comprendieron artículos duplicados, publicaciones anteriores a 2013, estudios de opinión sin evidencia experimental, trabajos centrados exclusivamente en patologías no relacionadas con la interacción microbiota–intestino–sistema endocrino, así como artículos no revisados por pares o con deficiencias metodológicas relevantes.

Los estudios seleccionados fueron analizados y organizados temáticamente, integrando los hallazgos más relevantes en los apartados de introducción, desarrollo y discusión del presente manuscrito.

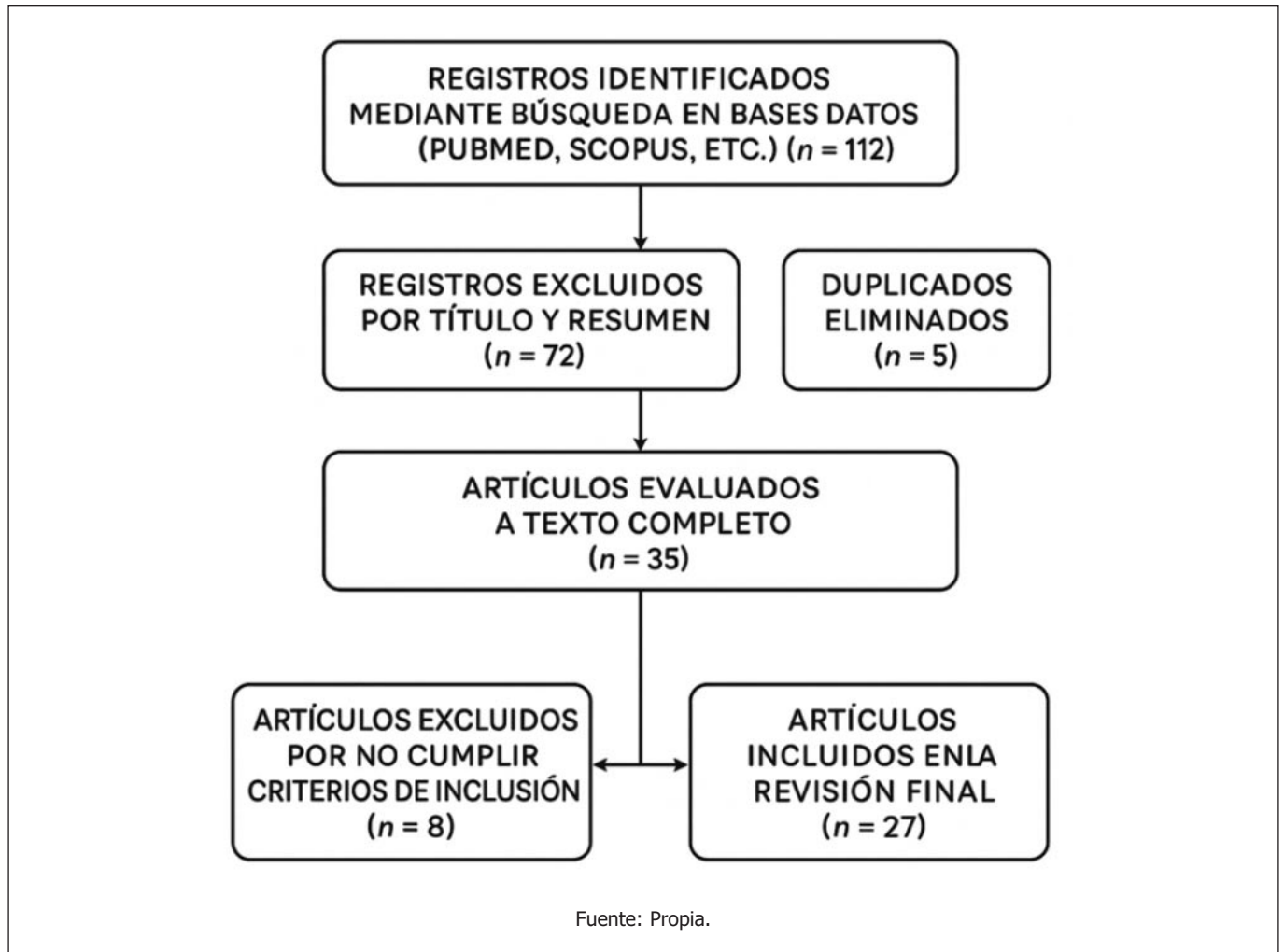


Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de los artículos en la revisión narrativa

RESULTADOS

Se analizaron 27 artículos seleccionados tras aplicar criterios de inclusión y exclusión, agrupando los hallazgos en tres ejes: mecanismos de comunicación microbiota-endocrino, implicaciones clínicas y perspectivas terapéuticas.

1. Mecanismos de comunicación entre la microbiota intestinal y el sistema endocrino

Los estudios identificaron tres vías principales mediante las cuales la microbiota regula funciones endocrinas: (Ver figura 1).

- **Ácidos grasos de cadena corta (SCFAs):** como el acetato, propionato y butirato, estimulan la secreción de GLP-1 y PYY al activar los receptores GPR41 y GPR43 presentes en las células enteroendocrinas⁵.
- **Derivados del triptófano:** como el ácido indolacético, interactúan con el receptor AhR, modulando tanto la

producción hormonal como la respuesta inmune en el epitelio intestinal⁶.

- **Lipopolisacáridos (LPS):** en estados de disbiosis, se incrementa la translocación de LPS al torrente sanguíneo, lo que induce inflamación sistémica de bajo grado, alterando la señalización de insulina y promoviendo resistencia metabólica⁷.

2. Implicaciones clínicas del eje intestino-endocrino

Se evidenció una asociación directa entre la composición de la microbiota intestinal y diversas enfermedades endocrinas:

- En **diabetes tipo 2 y obesidad**, se reportaron alteraciones microbianas que afectan la sensibilidad a la insulina y el metabolismo energético. El uso de probióticos mostró efectos positivos en la regulación glucémica y parámetros metabólicos en adultos con prediabetes^{8,9}.

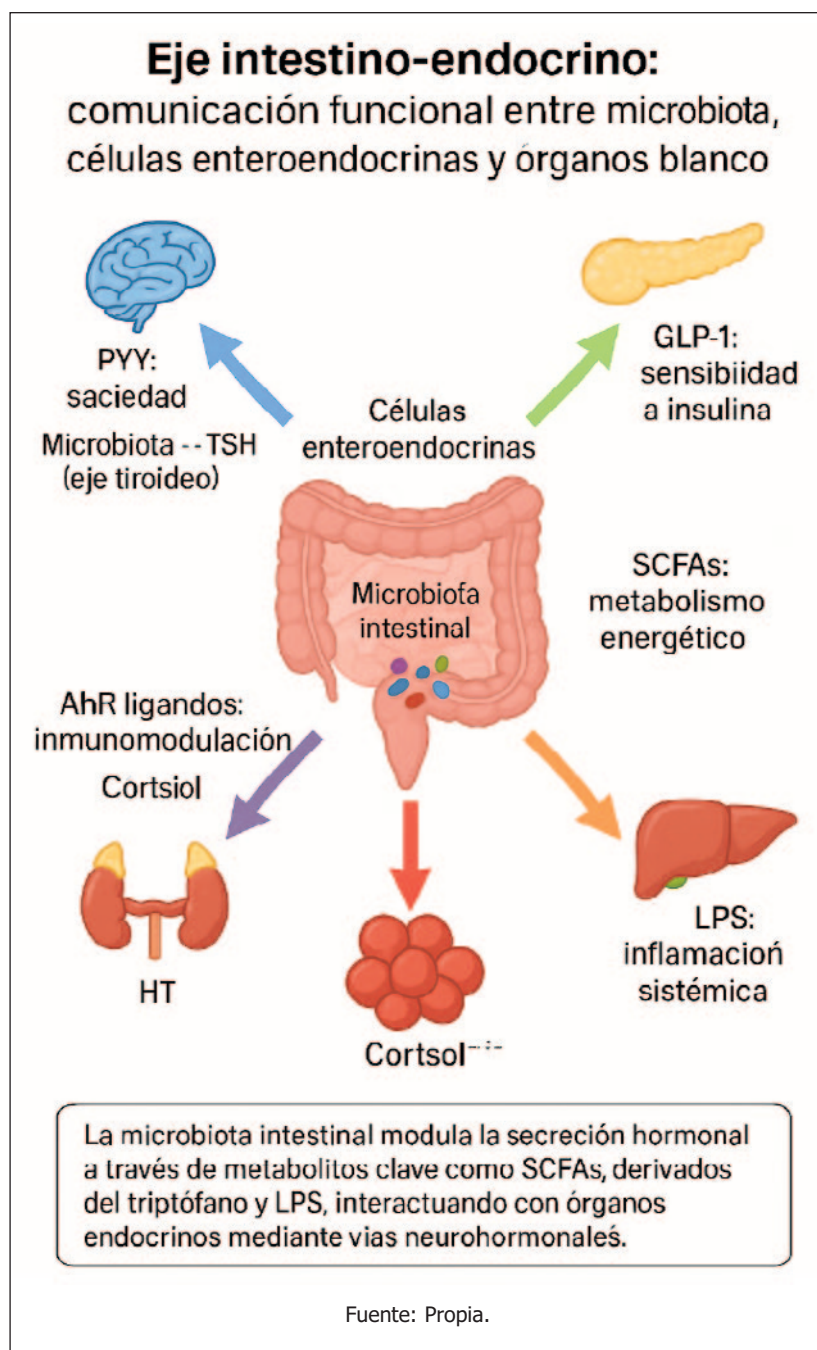


Figura 1. Eje Intestino-Sistema Endocrino

Diversos estudios han evidenciado una estrecha relación entre la microbiota intestinal y la diabetes mellitus, especialmente en los tipos 1 (DM1) y 2 (DM2). Esta interacción bidireccional influye en procesos fisiológicos clave para el metabolismo de la glucosa, como la respuesta inmunitaria, la digestión de nutrientes, la integridad de la barrera intestinal y la secreción hormonal. La microbiota intestinal no solo modula la eficacia y el metabolismo de los fármacos antidiabéticos, sino que también se ve alterada por ellos, afectando la

homeostasis metabólica y el riesgo de complicaciones asociadas.

La relación entre la microbiota intestinal y el metabolismo de la glucosa ha sido objeto de creciente interés en la última década. Diversos estudios recientes han evidenciado que los individuos con diabetes mellitus tipo 2 (DM2) presentan una composición microbiana intestinal alterada, caracterizada por una menor diversidad y riqueza bacteriana, así como por una disminución de géneros productores de butirato como *Faecalibacterium prausnitzii* y *Roseburia spp*^{18,19}. Esta pérdida de eubiosis se asocia directamente con un incremento en la resistencia a la insulina (RI), un hallazgo consistente en estudios epidemiológicos de gran escala, como el Dutch LifeLines DEEP cohort¹⁹.

El butirato, un ácido graso de cadena corta (SCFA), se ha identificado como un metabolito clave en la mejora de la sensibilidad a la insulina, debido a su capacidad para modular la inflamación intestinal y sistémica, mantener la integridad epitelial y activar vías de señalización beneficiosas como la AMPK (proteína quinasa activada por AMP)¹⁸. La disminución de su producción en pacientes con DM2 contribuye a un ambiente proinflamatorio que perpetúa la disfunción metabólica.

Por otro lado, la disbiosis también compromete la integridad de la barrera intestinal, favoreciendo el paso de productos bacterianos como los lipopolisacáridos (LPS) al torrente sanguíneo. Esta condición, conocida como "intestino permeable" o *leaky gut*, estimula la inflamación crónica de bajo grado y exacerba la RI²⁰. Estos mecanismos coinciden con el paradigma emergente que posiciona a la microbiota no solo como consecuencia, sino como causa potencial de la inflamación metabólica en la DM2.

En el caso de la diabetes mellitus tipo 1 (DM1), aunque su etiología es predominantemente autoinmune, también se ha reportado una composición microbiana alterada. Estudios recientes han demostrado diferencias significativas en la microbiota de pacientes con DM1 de larga evolución, relacionadas con el control glucémico y la presencia de complicaciones microvasculares²¹. La conexión entre microbiota e inmunidad se vuelve particularmente relevante, dado que la disbiosis puede influir en la maduración de células T reguladoras, la tolerancia inmunológica y la respuesta inflamatoria sistémica²².

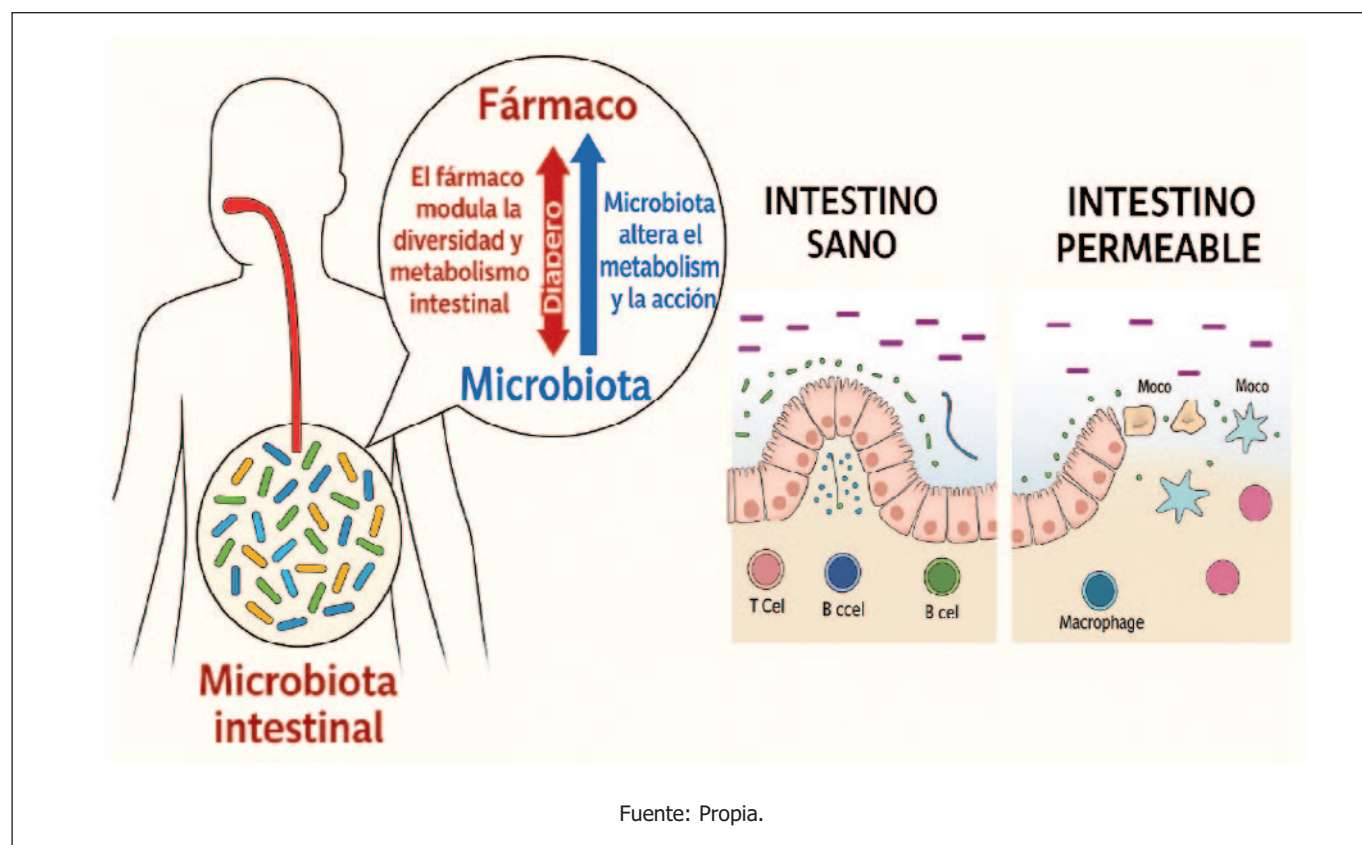


Figura 2. Interacción entre la microbiota intestinal, la farmacoterapia antidiabética y la integridad de la barrera intestinal

Frente a esta compleja interacción, se han propuesto estrategias terapéuticas orientadas a modular la microbiota como complemento en el tratamiento de la diabetes. Las intervenciones dietéticas basadas en una alta ingesta de fibra, frutas, vegetales y granos enteros han demostrado mejorar la diversidad microbiana y reducir la inflamación asociada a la RI²³. De igual manera, el uso de probióticos y simbióticos ha sido investigado por su potencial para restaurar la eubiosis, reforzar la barrera intestinal y mejorar el metabolismo de la glucosa²⁴. Aunque los resultados son prometedores, aún se requiere estandarizar las cepas, dosis y duración del tratamiento.

Una intervención emergente es el trasplante de microbiota fecal (FMT), que ha mostrado mejoras en la sensibilidad a la insulina en pacientes con síndrome metabólico; sin embargo, su aplicación en el contexto diabético todavía está en evaluación y debe abordarse con precaución²⁵.

En síntesis, el eje microbiota-intestino-metabolismo representa un campo en expansión dentro de la medicina endocrina personalizada. Si bien la evidencia respalda su participación en la patogénesis y progresión de la diabetes, aún se requieren estudios longitudinales y ensayos clínicos controlados que permitan traducir estos hallazgos en terapias eficaces y seguras.

- En **enfermedades tiroideas autoinmunes**, particularmente la tiroiditis de Hashimoto, múltiples estudios mostraron una disminución de especies protectoras y aumento de bacterias proinflamatorias¹⁰.

Datos recientes del ensayo REIMAGINE, presentados en el Congreso ENDO 2025 y publicados por Medscape, revelaron que pacientes con hipotiroidismo tratados con levotiroxina presentaron una prevalencia significativamente mayor de sobrecrecimiento bacteriano intestinal (SIBO) frente a controles (33% vs. 15%), con presencia de patrones microbianos específicos incluso en ausencia de SIBO¹².

Además, un análisis poblacional sobre más de dos millones de registros clínicos encontró que los pacientes con hipotiroidismo tenían más del doble de riesgo de presentar SIBO, riesgo que se redujo en aquellos bajo tratamiento con levotiroxina¹¹.

La evidencia actual apunta a una participación activa de la microbiota intestinal en la regulación de la función tiroidea, particularmente en el contexto de enfermedades autoinmunes como la tiroiditis de Hashimoto (HT) y la enfermedad de Graves (EG). Este vínculo se manifiesta a través de múltiples mecanismos inmunológicos, metabólicos y endocrinos que integran el denominado eje intestino-tiroides²⁶.



Figura 3. Microbiota intestinal y enfermedades tiroideas autoinmunes

Uno de los mecanismos más relevantes es la **modulación inmunológica**. La microbiota intestinal contribuye a la maduración del sistema inmune y al mantenimiento de la tolerancia inmunológica. En presencia de disbiosis, se ha observado una activación de linfocitos T proinflamatorios, una disminución de T reguladores, y una alteración del equilibrio entre citoquinas pro y antiinflamatorias, que favorecen la aparición de fenómenos autoinmunes²⁷. Estas alteraciones pueden ser desencadenantes de procesos patológicos como los observados en HT, donde se produce una destrucción progre-

siva de los folículos tiroideos mediada por autoanticuerpos y células T citotóxicas.

Asimismo, la **disbiosis intestinal afecta la integridad de la barrera epitelial**, aumentando la permeabilidad intestinal. Esta condición permite el paso de antígenos bacterianos y otros componentes microbianos al torrente sanguíneo, induciendo una respuesta inflamatoria sistémica que puede contribuir al inicio o exacerbación de la autoinmunidad tiroidea²⁸.

La microbiota también participa en la **absorción y biodisponibilidad de micronutrientes esenciales para la síntesis y función hormonal tiroidea**, tales como el yodo, el hierro, el selenio y el zinc²⁹. Deficiencias en estos elementos —frecuentes en personas con disbiosis— pueden afectar la síntesis de hormonas tiroideas o aumentar la susceptibilidad a enfermedades autoinmunes por fallas en la tolerancia inmune y mecanismos antioxidantes celulares.

El concepto del **eje intestino-tiroides** ha sido propuesto para describir esta red de señalización bidireccional entre el intestino, la microbiota y la glándula tiroidea. A través de la interacción con el sistema inmune, el sistema nervioso entérico y el metabolismo de micronutrientes, la microbiota puede influir en la producción, conversión y sensibilidad de las hormonas tiroideas^{26,30}. En particular, algunas especies bacterianas pueden modificar la conversión periférica de tiroxina (T_4) a triyodotironina (T_3), la forma activa de la hormona tiroidea, mediante la actividad de enzimas desyodinasas o indirectamente a través de la regulación de la inflamación³⁰.

Desde el punto de vista terapéutico, se ha propuesto que la **modulación de la microbiota intestinal mediante probióticos, prebióticos y dietas ricas en fibra fermentable** podría restaurar la eubiosis y disminuir la carga inflamatoria sistémica, mejorando el perfil inmunológico en pacientes con enfermedades tiroideas autoinmunes³¹.

Estudios piloto han observado beneficios clínicos modestos en la reducción de títulos de autoanticuerpos o en la mejora del bienestar general en pacientes con HT tras intervenciones dietéticas dirigidas al microbioma³². Sin embargo, aún se requiere evidencia de mayor calidad para validar su implementación clínica rutinaria.

Por último, es fundamental considerar que la disbiosis asociada a estas patologías puede ser también modulada por fac-

tores ambientales, genéticos y conductuales como el uso crónico de antibióticos, el estrés psicosocial, y los hábitos alimentarios, lo que refuerza la necesidad de un enfoque integral en el tratamiento de los trastornos tiroideos autoinmunes³³.

- En cuanto al **eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA)**, se identificó que el microbioma modula la respuesta al estrés mediante la regulación de la secreción de cortisol y sus ritmos circadianos, con potencial implicación en trastornos como ansiedad y disfunciones metabólicas relacionadas con el estrés¹¹.

El eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA) es una de las principales vías neuroendocrinas responsables de la respuesta al estrés. Recientemente, la investigación ha revelado que existe una interacción bidireccional entre el HHA y la microbiota intestinal, lo que constituye un componente fundamental del llamado **eje intestino-cerebro**. Esta comunicación se da a través de rutas neuronales, inmunológicas y endocrinas, y está mediada por metabolitos microbianos, citoquinas, neurotransmisores y hormonas del estrés^{34,35}.

Mecanismos fisiopatológicos de interacción

Activación del eje HHA por disbiosis intestinal

La disbiosis puede inducir una activación exagerada del eje HHA. En modelos animales libres de gérmenes (germ-free), se ha demostrado una hiperrespuesta al estrés con aumento de la liberación de corticotropina (ACTH) e incremento de los niveles plasmáticos de cortisol. Esta respuesta puede ser atenuada mediante la recolonización con microbiota comensal o con ciertos probióticos (*Lactobacillus rhamnosus*, *Bifidobacterium infantis*)^{34,36}.

Influencia del eje HHA sobre la microbiota

Por otro lado, la activación sostenida del eje HHA genera una elevación crónica de glucocorticoides, lo que afecta la motilidad intestinal, la permeabilidad epitelial, la secreción de moco y la composición de la microbiota, favoreciendo un entorno proinflamatorio^{35,37}.

Vía inmunológica

El estrés crónico activa células inmunitarias (macrófagos, mastocitos), que liberan citoquinas proinflamatorias (IL-6, TNF- α) capaces de alterar la microbiota. A su vez, la microbiota regula el tono inmunitario sistémico y la producción de citoquinas que actúan a nivel hipotalámico para modular la secreción de CRH (hormona liberadora de corticotropina)^{37,38}.

Producción microbiana de neuromoduladores

Algunas bacterias intestinales pueden producir GABA, serotonina (5-HT), dopamina y SCFAs (ácidos grasos de cadena corta) que modulan directamente la función del sistema nervioso entérico, el nervio vago y el eje HHA^{36,37}.

Implicaciones clínicas

Trastornos del estado de ánimo: Numerosos estudios han vinculado la disbiosis intestinal con ansiedad, depresión y trastorno de estrés postraumático (TEPT), en parte debido a la activación desregulada del eje HHA. La administración de psicobióticos (probióticos con efecto sobre el SNC) ha demostrado beneficios modestos en la modulación de cortisol y mejoría de síntomas afectivos^{36,38}.

Enfermedades inflamatorias y autoinmunes: Alteraciones del eje HHA y la microbiota contribuyen a la fisiopatología de enfermedades como el síndrome del intestino irritable (SII), enfermedades autoinmunes, obesidad, diabetes tipo 2 y trastornos neuroinflamatorios^{35,39}.

Intervenciones terapéuticas: El uso de prebióticos, probióticos y modificaciones dietéticas ha mostrado capacidad para modular la actividad del eje HHA, reducir niveles de cortisol y mejorar la homeostasis neuroendocrina e inmune^{38,39}.

3. Perspectivas terapéuticas emergentes

Las intervenciones terapéuticas identificadas incluyen:

- El uso de **probióticos específicos** como *Lactobacillus reuteri* y *Bifidobacterium longum*, que han demostrado capacidad para mejorar la secreción de insulina y reducir la inflamación sistémica^{12,13,31,32}.
- El **trasplante de microbiota fecal (FMT)** como herramienta experimental con resultados prometedores en el restablecimiento de la eubiosis intestinal en pacientes con disfunción endocrina relacionada^{4,13}.
- La **modulación del ritmo circadiano intestinal**, emergió como una estrategia innovadora para sincronizar la secreción hormonal con los ciclos fisiológicos del huésped, especialmente en el contexto de disfunción del eje HHA¹⁴⁻¹⁶.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta revisión refuerzan la concepción del eje microbiota-intestino-endocrino como un sistema de comunicación interorgánica con efectos amplios en la regulación hormonal, metabólica e inmunológica del organismo¹⁻⁴. Este eje actúa a través de metabolitos bacterianos como los ácidos grasos de cadena corta (SCFAs), los derivados del triptófano y los lipopolisacáridos (LPS), los cuales han sido identificados como moduladores clave de la secreción hormonal intestinal y de la homeostasis endocrina⁵⁻⁷.

La implicación de los SCFAs en la activación de receptores como GPR41 y GPR43 en células enteroendocrinas ha sido consistentemente demostrada, fortaleciendo su rol como mediadores entre el contenido luminal y la señalización hormonal sistémica⁵. De igual forma, los derivados del triptófano, al interactuar con el receptor AhR, vinculan la actividad micro-

biana con la inmunomodulación y la regulación del eje neuroendocrino⁶. Por su parte, la translocación de LPS en estados de disbiosis promueve una inflamación crónica de bajo grado, fenómeno descrito como “endotoxemia metabólica”, que altera profundamente la sensibilidad a la insulina y la secreción hormonal⁷.

Estas vías mecánicas tienen implicaciones clínicas relevantes. En el contexto de la diabetes tipo 2 y la obesidad, la evidencia revisada confirma que la composición microbiana intestinal influye directamente sobre la regulación de la glucosa, la sensibilidad a la insulina y el almacenamiento energético. Ensayos clínicos han demostrado que la suplementación con probióticos puede mejorar el perfil metabólico de individuos con prediabetes, lo que valida su potencial como intervención complementaria^{8,9}.

Particularmente significativo resulta el vínculo entre la disbiosis intestinal y las enfermedades tiroideas autoinmunes, como la tiroiditis de Hashimoto (HT). Estudios recientes han identificado alteraciones específicas en la microbiota intestinal de pacientes con HT, incluso en ausencia de síntomas digestivos. El ensayo REIMAGINE aportó evidencia robusta al mostrar una mayor prevalencia de SIBO en estos pacientes tratados con levotiroxina, así como un patrón microbiano característico, incluyendo un aumento en bacterias gramnegativas como *Neisseria*¹². Esta asociación sugiere que la disbiosis no es únicamente consecuencia del estado hormonal, sino un posible desencadenante de la autoinmunidad, planteando una hipótesis fisiopatológica inversa.

Además, los hallazgos de un análisis poblacional a gran escala, en el que los pacientes con hipotiroidismo mostraron un riesgo más del doble de desarrollar SIBO —riesgo atenuado por la administración de levotiroxina— refuerzan el papel modulador del tratamiento hormonal sobre el ecosistema intestinal¹². Esta bidireccionalidad entre microbiota y función tiroidea posiciona al intestino delgado como una diana diagnóstica y terapéutica emergente en la endocrinología clínica.

Otro eje importante abordado es el hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA), cuya regulación también parece estar influenciada por la microbiota intestinal¹⁵. La modulación de la secreción de cortisol y de sus ritmos circadianos por parte del microbioma ha sido documentada en modelos preclínicos, lo cual permite vincular estados de disbiosis con trastornos como la ansiedad, la depresión y la disfunción del eje del estrés^{11,37,38}.

Desde una perspectiva terapéutica, los hallazgos sustentan la aplicación de estrategias basadas en la manipulación del microbioma. Probióticos específicos han demostrado mejorar la secreción de insulina y reducir la inflamación endocrina, mientras que el trasplante de microbiota fecal (FMT) emerge como una intervención prometedora para restaurar la eubiosis intestinal en pacientes con trastornos metabólicos y autoinmunes^{12,13}. La modulación del ritmo circadiano intestinal,

aún en fase experimental, representa una estrategia innovadora para sincronizar los patrones de secreción hormonal con los ciclos fisiológicos del huésped^{14-17,40}.

En conjunto, esta revisión destaca la necesidad de incorporar el análisis de la microbiota intestinal en la evaluación de pacientes con enfermedades endocrinas, no solo como un marcador de disfunción, sino como una potencial herramienta diagnóstica y terapéutica. El eje microbiota-intestino-endocrino se perfila así como una frontera emergente en la medicina traslacional, integrando aspectos moleculares, clínicos y terapéuticos bajo un enfoque holístico.

Limitaciones: A pesar de los avances recientes en la comprensión del eje intestino-sistema endocrino, este artículo presenta limitaciones relevantes. La mayoría de los estudios revisados son preclínicos o de diseño transversal, lo que restringe la extrapolación a la práctica clínica. Existe heterogeneidad en las metodologías, poblaciones y biomarcadores utilizados, además de una escasa estandarización en la caracterización de la microbiota. Factores confusores como dieta, uso de antibióticos y estilo de vida no siempre son controlados, y las intervenciones terapéuticas propuestas (probióticos, prebióticos, dieta) aún carecen de evidencia robusta y seguimiento a largo plazo. Estos aspectos limitan la formulación de recomendaciones clínicas definitivas.

CONCLUSIONES

La evidencia revisada confirma que el eje microbiota-intestino-endocrino desempeña un papel fundamental en la regulación hormonal, metabólica e inmunológica del organismo. Los metabolitos bacterianos, como los SCFAs, los derivados del triptófano y los LPS, actúan como mediadores clave en la señalización entre el contenido intestinal y los sistemas endocrinos distales, influyendo en la secreción de hormonas como GLP-1, PYY, cortisol y hormonas tiroideas.

Los hallazgos clínicos relacionados con enfermedades metabólicas como la diabetes tipo 2 y la obesidad, así como con patologías autoinmunes como la tiroiditis de Hashimoto, consolidan la importancia de la disbiosis como factor fisiopatológico más allá de sus manifestaciones gastrointestinales. El vínculo entre hipotiroidismo y sobrecrecimiento bacteriano intestinal (SIBO), respaldado por estudios poblacionales y ensayos clínicos recientes, subraya el papel del intestino como actor activo en la disfunción endocrina.

Desde una perspectiva terapéutica, las intervenciones dirigidas a modular la microbiota —incluyendo probióticos específicos, trasplante de microbiota fecal y estrategias de crononutrición— abren nuevas oportunidades en el manejo clínico de las enfermedades endocrinas. En este contexto, se hace necesario profundizar en estudios clínicos controlados que validen estas intervenciones y permitan su implementación en la práctica médica basada en evidencia.

En conclusión, el abordaje del eje microbiota-intestino-endocrino representa una prometedora frontera en la medicina endocrina, con implicaciones diagnósticas y terapéuticas que podrían transformar el manejo de múltiples patologías crónicas.

En este contexto, futuras investigaciones deberían enfocarse en estudios longitudinales y ensayos clínicos bien controlados que evalúen la modulación de la microbiota como estrategia terapéutica en trastornos endocrinos, así como en el desarrollo de métodos estandarizados para el análisis funcional del microbioma y su interacción con sistemas hormonales específicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Carding S, Verbeke K, Vipond DT, Corfe BM, Owen LJ. Dysbiosis of the gut microbiota in disease. *Microb Ecol Health Dis.* 2015 Feb 2;26:26191. doi:10.3402/mehd.v26.26191. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25651997/>
- Tilg H, Zmora N, Adolph TE, Elinav E. The intestinal microbiota fuelling metabolic inflammation. *Nat Rev Immunol.* 2020 Jan; 20(1):40-54. doi:10.1038/s41577-019-0198-4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31388093/>
- Clarke G, Stilling RM, Kennedy PJ, Stanton C, Cryan JF, Dinan TG. Minireview: Gut microbiota: the neglected endocrine organ. *Mol Endocrinol.* 2014 Aug;28(8):1221-1238. doi:10.1210/me.2014-1108. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24892638/>
- Wu J, Wang K, Wang X, Pang Y, Jiang C. The role of the gut microbiome and its metabolites in metabolic diseases. *Protein Cell.* 2021 May;12(5):360-373. doi:10.1007/s13238-020-00814-7. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33346905/>
- Koh A, De Vadder F, Kovatcheva-Datchary P, Bäckhed F. From dietary fiber to host physiology: short-chain fatty acids as key bacterial metabolites. *Cell.* 2016 Jul 14;165(6):1332-1345. doi:10.1016/j.cell.2016.05.041. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27259147/>
- Agus A, Planchais J, Sokol H. Gut microbiota regulation of tryptophan metabolism in health and disease. *Cell Host Microbe.* 2018 Jun 13;23(6):716-724. doi:10.1016/j.chom.2018.05.003. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29902437/>
- Mohammad S, Thiemermann C. Role of metabolic endotoxemia in systemic inflammation and potential interventions. *Front Immunol.* 2021 Jan 10;11:594150. doi:10.3389/fimmu.2020.594150. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2020.594150/full>
- Sun C, Liu Q, Ye X, Li R, Meng M, Han X. The role of probiotics in managing glucose homeostasis in adults with prediabetes: a systematic review and meta-analysis. *J Diabetes Res.* 2024 Mar 18;2024:5996218. doi:10.1155/2024/5996218. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38529045/>
- Ridaura VK, Faith JJ, Rey FE, Cheng J, Duncan AE, Kau AL, et al. Gut microbiota from twins discordant for obesity modulate metabolism in mice. *Science.* 2013 Sep;341(6150):1079-1083. doi:10.1126/science.1241214. Available from: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1241214>
- Sawicka-Gutaj N, Gruszczyński D, Zawalna N, Nijakowski K, Muller I, Karpiński T, Salvi M, Ruchała M. Microbiota alterations in patients with autoimmune thyroid diseases: a systematic review. *Int J Mol Sci.* 2022 Nov 3;23(21):13450. doi:10.3390/ijms232113450. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36362236/>
- Reemst K, Tims S, Yam K, Mischke M, Knol J, Brul S, Schipper L, Korosi A. The role of the gut microbiota in the effects of early-life stress and dietary fatty acids on later-life central and metabolic outcomes in mice. *mSystems.* 2022;7(3):e00180-22. doi:10.1128/mSystems.00180-22. Available from: <https://doi.org/10.1128/mSystems.00180-22>
- No pude acceder directamente al enlace de Medscape, pero la cita correcta en estilo Vancouver, tal como debe figurar en tu bibliografía, es la siguiente:
- Melville NA. Hypothyroidism linked to gut microbiome disturbances [Internet]. *Medscape Medical News*; 2025 Jul 22 [cited 2025 Jul 19]. Available from: <https://www.medscape.com/viewarticle/hypothyroidism-linked-gut-microbiome-disturbances-2025a1000je6>
- Chao J, Coleman RA, Keating DJ, Martin AM. Gut microbiome regulation of gut hormone secretion. *Endocrinology.* 2025;166(4):bqaf004. doi:10.1210/endo/bqaf004. Available from: <https://academic.oup.com/endo/article/166/4/bqaf004/8046870>
- Zeng Y, Wu Y, Zhang Q, Xiao X. Crosstalk between glucagon-like peptide 1 and gut microbiota in metabolic diseases. *mBio.* 2024;15(1):e02032-23. doi:10.1128/mbio.02032-23. Available from: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/mbio.02032-23>
- Loh JS, Mak WQ, Tan LK, et al. Microbiota-gut-brain axis and its therapeutic applications in neurodegenerative diseases. *Signal Transduct Target Ther.* 2024;9:37. doi:10.1038/s41392-024-01743-1. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41392-024-01743-1>
- Sittipo P, Choi J, Lee S, et al. The function of gut microbiota in immune-related neurological disorders: a review. *J Neuroinflammation.* 2022;19:154. doi:10.1186/s12974-022-02510-1. Available from: <https://jneuroinflammation.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12974-022-02510-1>
- Meyer RK, Duca FA. Endocrine regulation of metabolic homeostasis via the intestine and gut microbiome. *J Endocrinol.* 2023 Jul 11;258(2):e230019. doi:10.1530/JOE-23-0019. Available from: <https://joe.bioscientifica.com/view/journals/joe/258/2/JOE-23-0019.xml>
- Gurung M, Li Z, You H, Rodrigues R, Jump DB, Morgun A, Shulzhenko N. Role of gut microbiota in type 2 diabetes pathophysiology. *EBioMedicine.* 2020 Jan;51:102590. doi:10.1016/j.ebiom.2019.11.051. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31901868/>
- Arora T, Tremaroli V. Therapeutic potential of butyrate for treatment of type 2 diabetes. *Front Endocrinol.* 2021 Nov 22;12:761834. doi:10.3389/fendo.2021.761834. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2021.761834/full>
- Yang F, Li J, Wei L, Qin S, Shi Q, Lu S, Chu S. The characteristics of intestinal microbiota in patients with type 2 diabetes and the correlation with the percentage of T-helper cells. *Front Microbiol.* 2024

- Sep 27;15:1443743. doi:10.3389/fmicb.2024.1443743. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39397795/>
22. Vatanen T, Franzosa EA, Schwager R, Tripathi S, Arthur TD, Vehik K, et al. The human gut microbiome in early-onset type 1 diabetes from the TEDDY study. *Nature*. 2018 Oct;562(7728):589-594. doi:10.1038/s41586-018-0620-2. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30356183/>
 23. Kostic AD, Gevers D, Siljander H, Vatanen T, Hyötyläinen T, Hämäläinen AM, et al. The dynamics of the human infant gut microbiome in development and in progression toward type 1 diabetes. *Cell Host Microbe*. 2015 Feb 11;17(2):260-273. doi:10.1016/j.chom.2015.01.001. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25662751/>
 24. Xu J, Lian F, Zhao L, Zhao Y, Chen X, Zhang X, et al. Structural modulation of gut microbiota during alleviation of type 2 diabetes with a Chinese herbal formula. *ISME J*. 2015 Mar;9(3):552-562. doi:10.1038/ismej.2014.177. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25279787/>
 25. Liu F, Li P, Chen M, Luo Y, Prabhakar M, Zheng H, et al. Fructooligosaccharide (FOS) and galactooligosaccharide (GOS) increase *Bifidobacterium* but reduce butyrate-producing bacteria with adverse glycemic metabolism in healthy young population. *Sci Rep*. 2017 Sep 18;7(1):11789. doi:10.1038/s41598-017-10722-2. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28924143/>
 26. Mocanu V, Zhang Z, Deehan EC, Kao DH, Hotte N, Karmali S, et al. Fecal microbial transplantation and fiber supplementation in patients with severe obesity and metabolic syndrome: a randomized double-blind, placebo-controlled phase 2 trial. *Nat Med*. 2021 Jul;27(7):1272-1279. doi:10.1038/s41591-021-01399-2. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34226737/>
 27. Zhao F, Feng J, Li J, Zhao L, Liu Y, Chen H, et al. Alterations of the gut microbiota in Hashimoto's thyroiditis patients. *Front Immunol*. 2021 Jul 12;12:579140. doi:10.3389/fimmu.2021.579140. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fimmu.2021.579140/full>
 28. Zhao L, Shen X, Tang J, Huang Y, Song X, Liu Y, et al. Association between gut microbiota and autoimmune thyroid disease: a systematic review and meta-analysis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2021 Nov 25;12:774362. doi:10.3389/fendo.2021.774362. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2021.774362/full>
 29. Gao R, Xie M, Jin H, Liu L, Wang W. Unraveling the gut-thyroid axis in Hashimoto's thyroiditis for improved patient care [Internet]. *J Med Sci Grad Res*. 2024 [cited 2025 Jul 27]. Available from: <https://jmsgr.tamhsc.edu/unraveling-the-gut-thyroid-axis-in-hashimotos-thyroiditis-for-improved-patient-care/>
 30. Giammanco M, Bonfiglio VME, Giammanco MM, Carini F. The role of selenium in autoimmune thyroiditis. *J Biol Res (Boll Soc Ital Biol Sper)*. 2024 Mar;95(1):12050. doi:10.4081/jbr.2024.12050. Available from: https://www.researchgate.net/publication/379176582_The_role_of_selenium_in_autoimmune_thyroiditis
 31. Yan K, Sun X, Fan C, Wang X, Yu H. Unveiling the role of gut microbiota and metabolites in autoimmune thyroid diseases: emerging perspectives. *Int J Mol Sci*. 2024 Oct;25(20):10918. doi:10.3390/ijms252010918. Available from: <https://www.mdpi.com/1422-0067/25/20/10918>
 32. Fang L, Ning J. Recent advances in gut microbiota and thyroid disease: pathogenesis and therapeutics in autoimmune, neoplastic, and nodular conditions. *Front Cell Infect Microbiol*. 2024 Dec 24;14:1465928. doi:10.3389/fcimb.2024.1465928. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39776440/>
 33. Shu Q, Kang C, Li J, Hou Z, Xiong M, Wang X, Peng H. Effect of probiotics or prebiotics on thyroid function: a meta-analysis of eight randomized controlled trials. *PLoS One*. 2024 Jan 11;19(1):e0296733. doi:10.1371/journal.pone.0296733. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0296733>
 34. Rusch JA, Layden BA, Dugas LR. Signalling cognition: the gut microbiota and hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023 Jun 18;14:1130689. doi:10.3389/fendo.2023.1130689. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10316519/>
 35. Sudo N, Chida Y, Aiba Y, Sonoda J, Oyama N, Yu XN, Kubo C, Koga Y. Postnatal microbial colonization programs the hypothalamic-pituitary-adrenal system for stress response in mice. *J Physiol*. 2004 Jul 1;558(Pt 1):263-275. doi:10.1113/jphysiol.2004.063388. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15133062/>
 36. Dinan TG, Cryan JF. The microbiome-gut-brain axis in health and disease. *Gastroenterol Clin North Am*. 2017 Mar;46(1):77-89. doi:10.1016/j.gtc.2016.09.007. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28164854/>
 37. Foster JA, McVey Neufeld KA. Gut-brain axis: how the microbiome influences anxiety and depression. *Trends Neurosci*. 2013 May;36(5):305-312. doi:10.1016/j.tins.2013.01.005. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23384445/>
 38. Moloney RD, Desbonnet L, Clarke G, Dinan TG, Cryan JF. The microbiome: stress, health and disease. *Mamm Genome*. 2014 Feb;25(1-2):49-74. doi:10.1007/s00335-013-9488-5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24281320/>
 39. Rusch JA, Layden BT, Dugas LR. Signalling cognition: the gut microbiota and hypothalamic-pituitary-adrenal axis. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2023 Jun 18;14:1130689. doi:10.3389/fendo.2023.1130689. Available from: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fendo.2023.1130689/full>
 40. Moya-Pérez A, Neef A, Sanz Y. *Bifidobacterium pseudocatenulatum* CECT 7765 reduces obesity-associated inflammation by restoring the lymphocyte-macrophage balance and gut microbiota structure in high-fat diet-fed mice. *PLoS One*. 2015 Jul 10;10(7):e0126976. doi:10.1371/journal.pone.0126976. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0126976>

Proximate composition, antioxidant activity, total phenol and vitamin C content of pineapple combined with orange juice

Putri Aulia ARZA¹, Andi Eka YUNianto²

¹ Nutrition Study Program, Faculty of Medicine and Health, Universitas Andalas, Padang, Indonesia.

² Nutrition Study Program, Faculty of Medicine, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.

Recibido: 22/septiembre/2025. Aceptado: 2/noviembre/2025.

ABSTRACT

Background: The development of antioxidant-rich beverages has gained increasing attention because of their potential health benefits. Pineapple and orange are readily available fruits that are naturally high in antioxidants.

Methods: Three juice formulations were prepared: F1 (100g orange juice without honey), F2 (50g orange juice + 50g pineapple juice + honey), and F3 (75g orange juice + 25g pineapple juice + honey). UV-Vis spectrophotometric analysis was used to assess the proximate composition, total phenolic content (TPC), vitamin C content (titration technique), and antioxidant activity (DPPH test). Data were tabulated and descriptively analyzed to compare the nutritional and functional properties among the formulations.

Results: Proximate analysis showed that the addition of pineapple and orange juice decreased moisture, protein, and fat contents, but increased ash, carbohydrate, and total acidity levels. Formula F3 exhibited the highest acid and ash contents, while F2 had the highest carbohydrate level among the formulations. F2 demonstrated the highest antioxidant activity (31.17%), whereas F1 had the highest total phenolic content (161.67 mg GAE/100 g). Both F1 and F2 displayed equally high vitamin C levels (0.88%). These results indicate that blending pineapple and orange with honey can synergistically improve the nutritional and bioactive properties of the beverages.

Conclusion: Formulation F2 showed the strongest antioxidant activity, with 31.17% inhibition, whereas F1 contained the highest total phenolic content at 161.67 mg GAE/100 g. Both F1 and F2 demonstrated similarly high levels of vitamin C (0.88%). These findings suggest a synergistic interaction between pineapple, orange, and honey in improving both the nutritional composition and antioxidant potential.

INTRODUCTION

The creation of antioxidant-rich drinks has garnered more attention in recent years because of the possible health advantages they may offer^{1,2}. Since oxidative stress from free radicals may cause chronic and degenerative illnesses including cancer, autoimmune disorders, aging, cataracts, rheumatoid arthritis, cardiovascular, and neurological diseases, antioxidants are essential for defending the body against this threat^{3,4}. The tropical fruit pineapple (*Ananas comosus*) is prized for its unique scent and sweet taste⁵. It is regarded as tasty because of the intricate combinations of several volatile chemicals present in trace concentrations⁶. Pineapple also has several health advantages since it is a strong source of vitamins and minerals⁷.

The tropical fruit known as pineapple (*Ananas comosus*) is prized for its unique scent and sweet taste, which are ascribed to the intricate interactions between a variety of volatile chemicals present in trace levels⁵. Pineapple has several health-promoting vitamins and minerals in addition to its organoleptic qualities⁸. Additionally, bromelain, a proteolytic enzyme with antioxidant and anti-inflammatory qualities, is present in it⁹. Contrarily, oranges (*Citrus sinensis*) are known for their high levels of vitamin C and hesperidin, flavonoids that boost immunity and provide other health advantages¹⁰.

Combining pineapple and orange in a single beverage may produce a synergistic effect, enhancing the overall antioxidant

Correspondencia:

Putri Aulia Arza

putriauliaarza@ph.unand.ac.id

capacity⁸. Such a combination not only offers a refreshing taste, with pineapple's natural sweetness and mild acidity complementing the bright sweetness of oranges, but also provides multiple functional benefits. Both fruits contribute to immune support, while bromelain in pineapple aids digestion and exhibits anti-inflammatory effects¹¹. Furthermore, the antioxidants present in this combination help neutralize free radicals and promote skin health¹².

This study aims to evaluate the proximate composition, antioxidant activity, vitamin C content and total phenol content of a beverage formulated from pineapple and orange juice.

METHODS

Design, Place and Time

The development of Pineapple Combined with Orange Juice used an experimental design. Each formula was prepared once. Formula 1 represented orange juice without the addition of honey and pineapple juice. Formula 2 included 50g pineapple juice, 50g of orange juice and 5g of honey, while Formula 3 included 75 g pineapple juice, 25g orange juice and 5g of honey. The additional ingredients used in F2 and F3. The additional ingredients used in the juice included 5 grams of honey. This research was conducted in January - June 2024. Analysis of the Proximate Composition, Antioxidant Activity, Vitamin C and Total Phenolic Content of Pineapple Combined with Orange Juice was conducted at Central Instrumentation Laboratory of Agricultural Technology Faculty, Andalas University, Padang.

Ingredients and Equipment

The ingredients used in the preparation of pineapple combined with orange juice include Sunpride brand pineapple (*Ananas comosus*), Pasaman orange (*Citrus sinensis*), and Pure Honey (TJ Brand) which are mostly available in traditional markets in west Sumatera. The equipment used in the research of Pineapple Combined with Orange Juice product development are digital scales, blender and stainless container.

The Development of Pineapple and Orange Juice Blend

The process of making a refreshing pineapple and orange juice blend, begin by peeling and coring a ripe pineapple, then cutting it into small pieces. The process of making pineapple and orange juice is shown in Figure 1. It can be seen that the process of making pineapple and orange juice includes several stages; (1) Pineapple fruits were peeled, blanched at 80 °C for 1 minute, cut into small pieces, and blended with water at a ratio of 100 g pineapple pulp to 100 mL water. (2) Oranges were cut in half, manually squeezed to obtain the juice, and filtered to remove seeds. (3) Three product formulations were prepared, **Formula 1:** 100 g pineapple juice without

honey; **Formula 2:** 50 g pineapple juice + 50 g orange juice + 5 g honey; **Formula 3:** 75 g pineapple juice + 25 g orange juice + 5 g honey. 5) To formula 2 & 3, **5 g of pure honey was added per 100 g of juice** and mixed thoroughly. (4) Blend the mixture until it achieves a smooth and homogeneous texture.

Proximate Analysis

Standard procedures were used to determine the samples' proximate analysis (AOAC, 2005)¹³. Drying at 100°C for at least 24 hours produced a steady weight, which was used to calculate the moisture content. By digesting for four hours at 550°C in a muffle furnace, the amount of ash and minerals was ascertained. An enzymatic gravimetric technique was used to measure the total amount of dietary fiber.

Analysis of Antioxidant Activity of Pineapple Combined with Orange Juice

The DPPH test, as outlined by Huang et al. (2005), was used to assess the sample's antioxidant activity¹⁴. To create a solution with a 1000 ppm concentration, 10 mg of the sample extract was first dissolved in 10 ml of methanol. After that, the solution was vortexed and ultrasonicated to guarantee adequate mixing. After that, 1 ml of the DPPH solution was added to a test tube containing 2 ml of the prepared solution that had been pipetted there. The mixture stood for half an hour in the dark. A spectrophotometer set at 517 nm wavelength was then used to test the sample's absorbance. For comparison, a blank solution comprising 1 milliliter of DPPH and 2 milliliters of methanol was utilized. Using the following formula, the sample's antioxidant activity was represented as the percentage inhibition of DPPH radicals: % Inhibition = ((Abs control – Abs sample) / Abs control) × 100%. In this case, Abs sample denotes the absorbance of the sample containing DPPH at 517 nm, whereas Abs control denotes the absorbance of the DPPH solution.

Analysis of Total Phenol of Pineapple Combined with Orange Juice

A spectrophotometer and the Folin–Ciocalteu technique can be used to measure a sample's total phenolic content (TPC). The sample extract should first be prepared by dissolving it in distilled water to the proper concentration, such as 1 mg/mL. Next, combine 2.5 mL of Folin–Ciocalteu reagent (10% of the total volume) with 0.5 mL of the sample, and let it react for five minutes. After that, carefully stir in 2 mL of a 7–10% sodium carbonate solution, and let the mixture sit at room temperature for 30–60 minutes, shielded from the sun. A spectrophotometer should be used to measure the absorbance at 765 nm following incubation. Gallic acid (0–200 µg/mL) is used to create a standard calibration curve for quantifying TPC. The phenolic content of the sample is then calculated

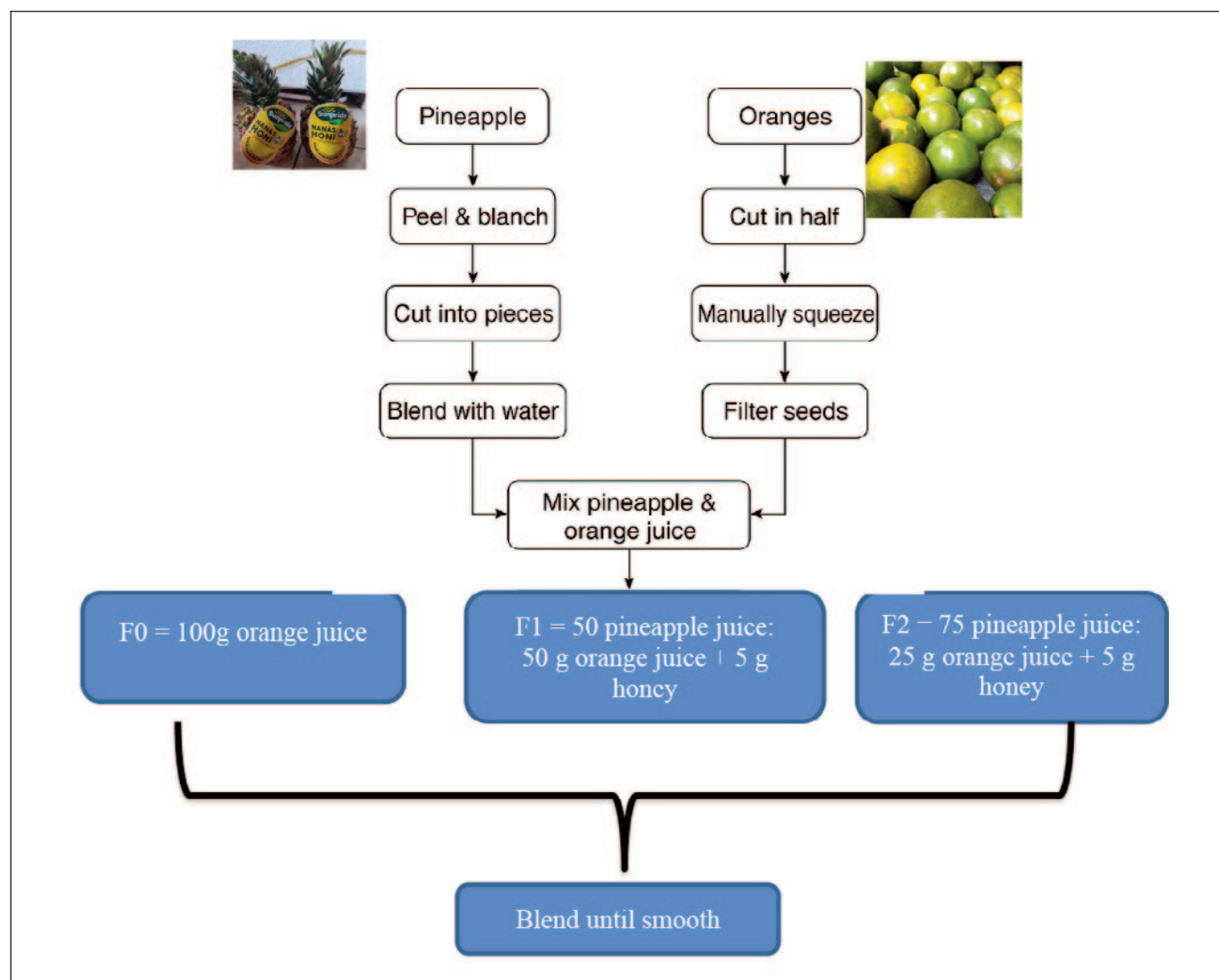


Figure 1. Procedure for making pineapple and orange juice blend

and usually represented as milligrams of gallic acid equivalents per gram of sample (mg GAE/g).

Analysis of Vitamin C of Pineapple Combined with Orange Juice

The analysis of total ascorbic acid (vitamin C) begins with sample preparation. A specific amount of the sample, such as 10 g of food or beverage, is placed in a volumetric flask and diluted with distilled water up to the mark to dissolve the vitamin C. The solution is then separated from any solid residues by filtration or centrifugation to obtain a clear filtrate. Next, a standard ascorbic acid solution with a known concentration is prepared, along with the titrant, typically an iodine solution, to be used in the titration. For the iodometric titration, a measured portion of the sample filtrate is

transferred to an Erlenmeyer flask, and a suitable indicator, such as starch solution, is added. The solution is titrated with iodine from a burette, gently mixing until the endpoint is reached, indicated by a persistent dark blue-black color. The volume of iodine titrant used is recorded, and the amount of ascorbic acid in the sample is calculated using the appropriate stoichiometric formula. Finally, the total content of ascorbic acid (vitamin C) in the sample is determined.

Data Analysis

The Social Science Statistics application (SPSS) version 16.0 for Windows and the Microsoft Excel 2016 computer application were used to examine the values of each parameter. Antioxidant activity, vitamin C, total phenol, and data proximate analysis were all tallied, descriptively assessed, and displayed in tables.

RESULTS AND DISCUSSION

Proximate Analysis of Pineapple and Orange Juice

The fresh juice extracted from the Pineapple and Orange fruit showed the three formulas (F1, F2, and F3) exhibit varying proximate characteristics. **Moisture content** is highest in F1 at 91.8%, while F2 and F3 have moisture levels of 87.7% and 87.5%, respectively. **Ash content** in F1 is 1.19%, slightly lower than F2 at 1.2%, with F3 having the highest ash content at 2.1%. Regarding **protein**, F1 has the highest value at 1.3%, while F2 contains none, and F3 has 0.4%. **Lipid (fat)** levels are highest in F1 at 1.2%, followed by F3 at 0.6%, and the lowest in F2 at 0.08%. The **crude fiber** content in F1 and F3 is identical at 0.6%, whereas F2 is slightly lower at 0.5%. **Total acid** in F1 and F2 is the same at 5.9%, but it increases significantly in F3 to 22%. Finally, **carbohydrate** content in F1 is 4.4%, lower than F2 at 10.8%, while F3 contains 9.2%. This data highlights that each formula has distinct nutritional advantages based on its composition as presented in Table 1.

Based on the table 2, the three formulas (F1, F2, and F3) demonstrate varying levels of antioxidant activity, total phenol content, and vitamin C concentration. Antioxidant activity is highest in F2, measuring 31.17%, followed by F3 at 23.95%, and the lowest is F1 at 18.25%. For total phenol content, F1 has the highest value at 161.67 mg, followed by F2 with 147.60 mg, and F3 with the lowest at 129.59 mg. Regarding vitamin C concentration, F1 and F2 share the same value at 0.88 %, while F3 has the lowest concentration at 0.66 %. This data indicates that F2 excels in antioxidant activity, while

Table 1. Proximate Analysis of Pineapple and Orange Juice per 100 g

Proximates	Formulas		
	F1	F2	F3
Asam amino esencial			
Moisture	91,8	87,7	87,5
Ash	1,19	1,2	2,1
Protein	1,3	0	0,4
Lipid (Fat)	1.2	0.08	0.6
Crude Fiber	0,6	0,5	0,6
Total acid	5,9	5,9	22,0
Carbohydrate	4,4	10,8	9,2

F1 = 100 g orange juice.

F2 = 50 g orange juice + 50 g pineapple + 5 g honey.

F3 = 75 g orange juice + 25 g pineapple + 5 g honey.

Table 2. Antioxidant Activity, total phenol and vitamin C of Pineapple and Orange Juice

Parameter	Formulas		
	F1	F2	F3
Antioxidant Activity	18,25	31,17	23,95
Total Phenol	161,67	147,60	129,59
Vitamin C (mg/100g)	0,88	0,88	0,66

F1 is superior in total phenol content and maintains a comparable vitamin C level to F2.

DISCUSSION

Proximate composition refers to the analysis of food components such as moisture, protein, fat, ash, and carbohydrates. These components provide important information about the nutritional value and quality of a food product¹⁵. By analyzing the levels of protein, fat, ash, and carbohydrates in each food sample, we can determine their overall nutritional content and make informed decisions about incorporating them into a balanced diet.

Conversely, the capacity of specific food ingredients to shield cells from harm brought on by free radicals is known as antioxidant activity¹. In order to lower the risk of chronic illnesses including diabetes, heart disease, and cancer, antioxidants are essential^{16–21}. To learn more about the nutritional qualities and health advantages of different food samples, we will examine their proximate composition and antioxidant activity in this study. Additionally, assessing the antioxidant activity of these foods will give us insight into how they can help protect our cells and potentially prevent the development of serious illnesses. Through this research, we hope to provide valuable information that will empower individuals to make healthier food choices and improve their overall well-being.

Free radicals are unstable chemicals that can cause oxidative stress and contribute to the development of chronic illnesses including cancer, kidney disease, heart disease, and Alzheimer's disease. Antioxidants are essential for defending our cells against these destructive agents. Including foods high in antioxidants in our diet can strengthen our body's defenses against these dangerous compounds²². We may encourage longevity, energy, and general health by realizing the significance of antioxidants and including them in our regular diets. Antioxidants are abundant in fruits such as oranges, pineapple, and honey^{5,23}. A healthy and more vibrant existence may be achieved by consciously choosing to eat a range of foods high in antioxidants, which can help lower inflammation, strengthen our immune system, and shield our cells from harm²⁴.

Pineapple and orange juice both contain large amounts of antioxidants, including vitamin C and other polyphenols, their combination is very interesting²⁵. These compounds have been shown to work synergistically in the body, enhancing their overall antioxidant effects. Furthermore, the anti-inflammatory qualities of both fruits are well-known and can promote general health and wellbeing. The interaction between vitamin C and phenolic compounds as antioxidants is synergistic, meaning they work together to enhance overall antioxidant activity. As a water-soluble antioxidant, vitamin C provides electrons to counteract free radicals, primarily in aqueous phases, while phenolic compounds, which can be both water- and lipid-soluble, use their hydroxyl (-OH) groups to scavenge free radicals, preventing lipid oxidation and cellular damage^{24,26–28}. In combination, vitamin C can regenerate oxidized phenolics, restoring their antioxidant capacity, while phenolics can stabilize the ascorbate radical, preventing the rapid degradation of vitamin C.

The combined effects of pineapple and orange juice as antioxidants may provide valuable insights into how certain food combinations can optimize our health and vitality. For example, a study could be conducted where participants consume a daily smoothie containing both pineapple and orange juice for a certain period of time, with regular blood tests to measure changes in antioxidant levels²⁹. The results could help illustrate how these fruits work together to promote better health outcomes and potentially inform dietary recommendations for improving antioxidant intake. Additionally, researchers could also explore how the combination of pineapple and orange juice affects other aspects of health, such as inflammation and immune function³⁰. By gaining a better understanding of the synergistic effects of these two fruits, we may be able to recommend specific fruit combinations to help individuals achieve optimal health benefits. This research could pave the way for personalized nutrition plans that incorporate specific food pairings to maximize the protective effects of antioxidants and promote overall well-being.

Furthermore, this study also used Madu TJ (Tj Pure Honey) as one of the ingredients, which provides an additional source of carbohydrates and natural sugars that may influence the overall nutritional composition of the samples. According to the nutrition label on the Madu TJ bottle, every 20 grams of pure honey contains 16 grams of total carbohydrates, 12 grams of total sugars, and 0 grams of protein, saturated fat, and total fat. These values indicate that honey mainly serves as a source of natural energy through simple sugars such as fructose and glucose. Although it contains no protein or fat, honey is known to possess natural antioxidant compounds such as flavonoids and phenolic acids, which contribute to its ability to protect cells from oxidative stress. Therefore, the relatively high antioxidant activity observed in Formula 2 compared to the other formulations may also be attributed to the presence of honey,

which enhances the overall antioxidant potential of the blend, followed by Formula 3, which also contained honey and showed moderately high antioxidant activity compare with Formula 1 without adding honey.

CONCLUSION

This study concludes that blending pineapple and orange juice with honey can enhance both nutritional composition and antioxidant activity, with F1 (100% orange juice without honey) showing the highest phenolic content, F2 (50 g orange juice + 50 g pineapple juice + honey) demonstrating the strongest antioxidant activity and comparable vitamin C levels to F1, and F3 (75 g orange juice + 25 g pineapple juice + honey) presenting higher ash and acidity values. The results indicate a synergistic effect between pineapple and orange, producing a functional beverage with potential health benefits. It is suggested that future research should include sensory evaluation and consumer acceptability testing, clinical validation of health effects, and optimization of F2 as the most promising formulation for product development, while also exploring the incorporation of other fruits or bioactive ingredients to further improve antioxidant properties and diversify applications. For further research, it is recommended to include at least one juice formulation without honey as a control sample for comparison and to provide a detailed analysis of the honey's nutritional composition.

REFERENCES

1. Gulcin İ. Antioxidants: a comprehensive review. *Archives of Toxicology*. 2025. 1893–1997 p. <https://doi.org/10.1007/s00204-025-03997-2>.
2. Islam J, Kabir Y. Effects and Mechanisms of Antioxidant-Rich Functional Beverages on Disease Prevention. In: *Functional and Medicinal Beverages*. Elsevier; 2019. p. 157–98. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816397-9.00005-4>.
3. Fidelis Silva ML, Oliveira Lopes Freitas PC, Oliveira Faria S, Bernardes Spexoto MC. Consumo de energia, macronutrientes e antioxidantes de pacientes com câncer em tratamento clínico: um estudo transversal. *Nutr Clínica y Dietética Hosp*. 2020;40(4):10–9. DOI: 10.12873/404bernardes.
4. Torres Júnior EU, Oliveira Tomiya MT, Bernardo Da Silva PM, Augusto De Andrade ES, Siqueira De Almeida S, Lacerda Da Cruz LC, et al. Association among antioxidant nutrients intake, nutritional status and side effects of cancer patients undergoing anti-neoplastic treatment. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2025;45(2):231–6. DOI: 10.12873/452nathalia.
5. Mohd Ali M, Hashim N, Abd Aziz S, Lasekan O. Pineapple (*Ananas comosus*): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products. *Food Res Int*. 2020 Nov;137:109675. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109675>.
6. Spence C. Are pineapples really delicious? The history of the pineapple's taste/flavour and the role of varietal and terroir. *Int J*

- Gastron Food Sci [Internet]. 2023;31(January):100682. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100682>
7. Mehraj M, Das S, Feroz F, Waheed Wani A, Dar S., Kumar S, et al. Nutritional Composition and Therapeutic Potential of Pineapple Peel – A Comprehensive Review. *Chem Biodivers*. 2024 May 11; 21(5). DOI: 10.1002/cbdv.202400315.
 8. Arza PA, Marliyati SA, Palupi E, Sulaeman A, Yunianto AE. Sensory evaluation, antioxidant activity, and vitamin C content of Chaya Leaf Velva combined with honey pineapple. *BIO Web Conf*. 2025;186. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202518604010>.
 9. Sarawanan T, Man RC, Arshad ZIM, Shaarani SM. Bromelain from pineapple: A mini review of its industrial applications and future prospects. *Bioresour Technol Reports*. 2025 Sep;31:102275. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2025.102275>.
 10. Saini RK, Ranjit A, Sharma K, Prasad P, Shang X, Gowda KGM, et al. Bioactive Compounds of Citrus Fruits: A Review of Composition and Health Benefits of Carotenoids, Flavonoids, Limonoids, and Terpenes. *Antioxidants*. 2022 Jan 26;11(2):239. DOI: 10.3390/antiox11020239.
 11. Kansakar U, Trimarco V, Manzi M V., Cervi E, Mone P, Santulli G. Exploring the Therapeutic Potential of Bromelain: Applications, Benefits, and Mechanisms. *Nutrients*. 2024 Jun 28;16(13):2060. DOI: 10.3390/nu16132060.
 12. Hussien NH amin, Abdulla SK, Ali NM, Ahmed VA, Hasan AH, Qadir EE. Role of antioxidants in skin aging and the molecular mechanism of ROS: A comprehensive review. *Asp Mol Med [Internet]*. 2025;5(December 2024):100063. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.amolm.2025.100063>
 13. AOAC. Official Method of Analysis. Arlington: AOAC International; 2005.
 14. Huang D, Ou B, Prior RL. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. *J Agric Food Chem*. 2005 Mar 1;53(6):1841–56. DOI: 10.1021/jf030723c.
 15. Melini V, Melini F. Compositional and nutritional analysis. In: *Innovative Food Analysis*. Elsevier; 2021. p. 1–39. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819493-5.00001-7>.
 16. Zujko ME, Witkowska AM. Dietary Antioxidants and Chronic Diseases. *Antioxidants*. 2023 Feb 2;12(2):362. doi: 10.3390/antiox12020362.
 17. Młynarska E, Hajdys J, Czarnik W, Fularski P, Leszto K, Majchrowicz G, et al. The Role of Antioxidants in the Therapy of Cardiovascular Diseases—A Literature Review. *Nutrients*. 2024 Aug 6;16(16):2587. DOI: 10.3390/nu16162587.
 18. Ayoka TO, Ezema BO, Eze CN, Nnadi CO. Antioxidants for the Prevention and Treatment of Non-communicable Diseases. *J Explor Res Pharmacol [Internet]*. 2022;000(000):000–000. Available from: <https://www.doi.org/10.14218/JERP.2022.00028>
 19. Chandimali N, Bak SG, Park EH, Lim HJ, Won YS, Kim EK, et al. Free radicals and their impact on health and antioxidant defenses: a review. *Cell Death Discov*. 2025 Jan 24;11(1):19. <https://doi.org/10.1038/s41420-024-02278-8>.
 20. Mallik S, Paria B, Firdous SM, Ghazzawy HS, Alqahtani NK, He Y, et al. The positive implication of natural antioxidants on oxidative stress-mediated diabetes mellitus complications. *J Genet Eng Biotechnol [Internet]*. 2024;22(4):100424. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2024.100424>
 21. Fatima MT, Bhat AA, Nisar S, Fakhro KA, Al-Shabeeb Akil AS. The role of dietary antioxidants in type 2 diabetes and neurodegenerative disorders: An assessment of the benefit profile. *Heliyon [Internet]*. 2023;9(1):e12698. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12698>
 22. Kalogerakou T, Antoniadou M. The Role of Dietary Antioxidants, Food Supplements and Functional Foods for Energy Enhancement in Healthcare Professionals. *Antioxidants*. 2024 Dec 10;13(12):1508. DOI: 10.3390/antiox13121508.
 23. Jayadi YI, Sulaeman A, Palupi E, Dewi, Hardinsyah M, Lathifah TN. Enhancing the bioactive profile of lemon-based beverages through varietal honey supplementation: a multi-assay antioxidant evaluation. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2025;45(3):91–6. DOI: 10.12873/453jayadi
 24. Singh DN, Bohra JS, Dubey TP, Shivahre PR, Singh RK, Singh T, et al. Common foods for boosting human immunity: A review. *Food Sci Nutr*. 2023;11(11):6761–74. DOI: 10.1002/fsn3.3628.
 25. Borghi SM, Pavanelli WR. Antioxidant Compounds and Health Benefits of Citrus Fruits. *Antioxidants*. 2023 Jul 30;12(8):1526. DOI: 10.3390/antiox12081526.
 26. Kruk J, Aboul-Enein BH, Duchnik E, Marchlewicz M. Antioxidative properties of phenolic compounds and their effect on oxidative stress induced by severe physical exercise. *J Physiol Sci [Internet]*. 2022;72(1):1–24. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12576-022-00845-1>
 27. Freeman BL, Eggett DL, Parker TL. Synergistic and Antagonistic Interactions of Phenolic Compounds Found in Navel Oranges. *J Food Sci*. 2010 Aug 17;75(6). DOI: 10.1111/j.1750-3841.2010.01717.x.
 28. Pruteanu LL, Bailey DS, Grădinaru AC, Jäntschi L. The Biochemistry and Effectiveness of Antioxidants in Food, Fruits, and Marine Algae. *Antioxidants*. 2023 Apr 2;12(4):860. <https://doi.org/10.3390/antiox12040860>.
 29. Tan KW, Graf BA, Mitra SR, Stephen ID. Daily consumption of a fruit and vegetable smoothie alters facial skin color. *PLoS One*. 2015;10(7):1–14. DOI: 10.1371/journal.pone.0133445.
 30. Miles EA, Calder PC. Effects of Citrus Fruit Juices and Their Bioactive Components on Inflammation and Immunity: A Narrative Review. *Front Immunol*. 2021;12(June):1–18. DOI: 10.3389/fimmu.2021.712608.

Evaluación sensorial de néctar de maracuyá y arándano: Análisis de la percepción del consumidor sobre atributos organolépticos

Sensory evaluation of passion fruit and blueberry nectar: Analysis of consumer perception of organoleptic attributes

Brayan Jesús SAUNA AGUILAR, Liney OSORIO PAREDES, Joandri Airton MORENO RAMOS, Hanss Leonel ESTRADA GONZALES

Universidad Tecnológica del Perú, Chimbote, Perú.

Recibido: 21/agosto/2025. Aceptado: 3/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El documento aborda la formulación de néctares a partir de mezclas de arándano, maracuyá y eucalipto, con el propósito de evaluar sus características sensoriales y fisicoquímicas. Se considera la relevancia de estos frutos por su aporte de compuestos bioactivos y propiedades funcionales, así como la necesidad de generar bebidas innovadoras que respondan a las demandas de consumidores que buscan alternativas naturales y saludables.

Objetivos: Elaborar una propuesta de desarrollo y evaluación sensorial de un néctar a base de arándano, maracuyá e infusión de eucalipto, a diferentes proporciones, con la finalidad de crear una bebida saludable, sensorialmente atractiva en sabor y con posibles ventajas por sus características nutricionales y medicinales.

Material y métodos: La investigación se realizó en la Universidad Tecnológica del Perú, utilizando frutos de las regiones de Áncash y La Libertad, en Perú, en tres formulaciones diferentes, evaluadas por 60 panelistas a través de un análisis sensorial se realizó en base a la prueba hedónica con escala Likert de 5 puntos y prueba pareada para identificar diferencias significativas en sabor, aroma, color, textura y aceptación

general. El proceso incluyó estandarización de la preparación y uso de herramientas estadísticas como ANOVA y prueba de Tukey. Se determinaron parámetros fisicoquímicos iniciales (pH y sólidos solubles totales).

Resultados: Los resultados señalaron que la formulación F1430 (50% arándano, 50% maracuyá) fue la más aceptada por los panelistas, esto por su equilibrio en dulzor, acidez y textura, mientras que la F1428 (75% maracuyá, 25% arándano) fue la menos valorada por su acidez y aroma fuerte a eucalipto. La inclusión del eucalipto en las 3 formulaciones aportó un sabor mentolado y fresco, aunque su percepción varió según la relación en contenido frutal. Finalmente, se concluye que la proporción equilibrada de frutas mejora la aceptación sensorial, y se recomienda realizar estudios adicionales sobre el atributo "olor" y análisis microbiológicos, para optimizar formulaciones futuras y asegurar la viabilidad comercial del producto.

Conclusiones: Las formulaciones evaluadas demostraron que la combinación de arándano, maracuyá y eucalipto permite obtener néctares con características diferenciadas en color, sabor y funcionalidad. El néctar con balance intermedio de frutos se posicionó como la opción más aceptada, evidenciando el potencial de esta mezcla para el desarrollo de bebidas innovadoras y funcionales.

PALABRAS CLAVE

Néctar de fruta, análisis sensorial, arándano, maracuyá, eucalipto.

Correspondencia:
Brayan Jesús Sauna Aguilar
bsauna@utp.edu.pe

ABSTRACT

Introduction: This study addresses the formulation of nectars made from mixtures of blueberry, passion fruit, and eucalyptus, with the purpose of evaluating their sensory and physicochemical characteristics. These fruits were selected for their contribution of bioactive compounds and functional properties, as well as for the growing need to develop innovative beverages that meet the demands of consumers seeking natural and healthy alternatives.

Objectives: To develop and perform the sensory evaluation of a nectar based on blueberry, passion fruit, and eucalyptus infusion, using different proportions, with the aim of creating a healthy beverage that is sensorially appealing in flavor and potentially beneficial due to its nutritional and medicinal characteristics.

Materials and Methods: The research was conducted at the Technological University of Peru, using fruits from Ancash and La Libertad, regions of Peru, in three different formulations. Sixty panelists participated in the sensory evaluation, which was carried out using a 5-point Likert hedonic scale and paired comparison tests to identify significant differences in taste, aroma, color, texture, and overall acceptance. The process included standardization of preparation and the use of statistical tools such as ANOVA and Tukey's test. Initial physicochemical parameters, including pH and total soluble solids, were determined.

Results: The results indicated that formulation F1430 (50% blueberry, 50% passion fruit) was the most accepted by panelists due to its balance of sweetness, acidity, and texture. In contrast, formulation F1428 (75% passion fruit, 25% blueberry) received the lowest ratings because of its acidity and strong eucalyptus aroma. The inclusion of eucalyptus in all three formulations contributed a mentholated and refreshing flavor, though its perception varied according to the fruit ratio. Overall, a balanced fruit proportion enhanced sensory acceptance. Further studies are recommended to analyze the "odor" attribute and to conduct microbiological analyses to optimize future formulations and ensure the product's commercial viability.

Conclusions: The evaluated formulations demonstrated that combining blueberry, passion fruit, and eucalyptus yields nectars with distinctive color, flavor, and functional properties. The nectar with an intermediate fruit balance was the most accepted, highlighting the potential of this blend for the development of innovative and functional beverages.

KEYWORDS

Fruit nectar, sensory analysis, blueberry, passion fruit, eucalyptus.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la búsqueda de una alimentación más saludable ha impulsado el desarrollo y consumo de be-

bidas funcionales elaboradas a partir de ingredientes naturales que aporten diversos beneficios¹. Como en la investigación de Muñoz et al.², en la que se desarrolló un néctar a base de pitahaya y harina de cascará de maracuyá, evaluando antioxidantes, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial para mejorar la percepción del consumidor, cuyos resultados indicaron que a mayor concentración de la harina de cascará de maracuyá aumentaban los niveles de antioxidantes en la bebida.

En este contexto, el arándano y el maracuyá destacan como frutas de alto valor nutritivo que no solo poseen propiedades sensoriales agradables, sino también compuestos con efectos positivos para la salud, como antioxidantes, vitaminas y minerales. El arándano (*Vaccinium* spp.) es ampliamente reconocido por su elevado contenido de antocianinas³, mientras que el maracuyá (*Passiflora edulis*) aporta una notable cantidad de vitamina C, fibra y compuestos fenólicos que lo convierten en un ingrediente idóneo para productos con valor añadido⁴. Frente al incremento de enfermedades asociadas a una alimentación inadecuada, como la obesidad, la hipertensión o la diabetes, surge la necesidad de formular bebidas que, además de ser saludables, resulten atractivas para el consumidor.

En el Perú, el interés por la elaboración de néctares naturales ha crecido, en parte como respuesta a la saturación de productos ultra procesados y al impacto del consumo excesivo de bebidas azucaradas⁵. Tal como destaca Café et al.⁶, existe una tendencia marcada en la población por sustituir bebidas con altos niveles de sacarosa por alternativas más saludables, en muchos casos aprovechando frutas tropicales infrutilizadas. En este marco, el maracuyá se ha convertido en una de las frutas con mayor potencial en el sector de las bebidas por su perfil sensorial y versatilidad. Asimismo, el arándano, aunque menos extendido, representa una oportunidad prometedora por sus atributos antioxidantes. Sin embargo, es fundamental diversificar la oferta incorporando ingredientes no convencionales que enriquezcan las formulaciones, tanto desde el punto de vista sensorial como funcional⁷.

En el ámbito industrial, esta investigación se orienta a explorar una innovación poco común: la incorporación del eucalipto (*Eucalyptus globulus*) como parte de la formulación de bebidas funcionales. Si bien el eucalipto es más conocido por su uso medicinal, sus hojas poseen compuestos volátiles y fenólicos que podrían complementar las propiedades organolépticas y antioxidantes del néctar. A pesar de su uso limitado en bebidas, estudios preliminares sugieren que su inclusión en pequeñas proporciones puede aportar notas aromáticas únicas y mejorar el perfil funcional del producto. Por tanto, resulta pertinente investigar cómo la adición de este ingrediente afecta la aceptación sensorial de las mezclas con arándano y maracuyá, especialmente en un entorno de consumidores locales que aún no están familiarizados con bebidas de estas características.

En ese sentido, el presente estudio tiene como objetivo elaborar un néctar a base de arándano, maracuyá y eucalipto en diferentes proporciones y evaluar su aceptación sensorial, considerando la creciente demanda de alternativas saludables y funcionales. Esta investigación se justifica en la necesidad de diversificar la industria de bebidas naturales mediante la incorporación de ingredientes con potencial funcional no explorado, como el eucalipto, evaluando no solo los beneficios nutricionales sino también la percepción sensorial del consumidor. En consecuencia, se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la proporción óptima de arándano, maracuyá y eucalipto que permite desarrollar un néctar funcional con buena aceptación sensorial por parte del consumidor?

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto se realizó en el laboratorio de procesos industriales de la Universidad Tecnológica del Perú – Sede Chimbote ubicada en Avenida Panamericana Norte Km 424, Nuevo Chimbote, Peru.

Para el presente estudio, se utilizó materias primas pertenecientes a la región Ancash, como el maracuyá (passion fruit) y eucalipto (eucalyptus), de la región de La Libertad se extrajo el arándano (blueberry). Para la formulación, se tomó la proporción de 2:1 (Agua/Fruta) y la adición de aditivos alimentarios, siendo fundamental para mantener su calidad organoléptica del néctar. En la Tabla 1, se especifica con información en detalle los insumos principales que se han utilizado para la investigación.

Para la elaboración del néctar, según la Figura 1 se tomó como referencia el trabajo de Medina et al.⁸, que corresponde a un procedimiento validado en producción de néctar. Por ende, es importante seguir de manera rigurosa la ejecución de cada fase, desde la recepción de la materia prima hasta el almacenamiento del producto final, con el fin de garantizar la calidad físico-química del néctar obtenido.

Una vez definido el proceso de elaboración del néctar, se determinaron tres formulaciones con la finalidad de determinar su aceptabilidad entre la combinación de arándano, maracuyá y la infusión de eucalipto. Para esto, se utilizó el

Software MINITAB que es un paquete estadístico que permite el análisis de datos, la comprobación de hipótesis y la evaluación de la fiabilidad futura de los productos. La Tabla 2, presenta las características de cada una de las formulaciones F1: 1427; F2: 1428 y F3: 1430, teniendo como dato relevante que el pH y los °Brix son idénticas, mientras que los aditivos alimentarios varían según cada formulación.

Luego de la preparación total de formulaciones, se programó la evaluación de aceptabilidad, dirigida a 60 personas de diferentes sexos y edades. Para asegurar una evaluación sensorial objetiva por parte de los participantes y además evitar la interferencia de sabores residuales entre muestras, se implementó un protocolo de limpieza del paladar. Tras la degustación de cada formulación de néctar, los participantes realizaron un enjuague bucal con agua a temperatura ambiente antes de proceder a la siguiente muestra. Este procedimiento reestablece la neutralidad, promoviendo así una valoración más precisa y comparable entre muestras. El procedimiento se basa en el estándar ASTM E1871-17, la cual recomienda el uso del agua a temperatura ambiente como limpiador eficaz del paladar en estudios de análisis sensoriales descriptivo y afectivo.

Para la recolección de los datos se utilizó el Microsoft Forms, consistió en preguntas de datos personales y la fre-

Tabla 2. Características de las formulaciones propuestas

Descripción	F1: 1427	F2: 1428	F3: 1430
Dilución: fruta/eucalipto	1:2	1:2	1:2
Arándano	75%	25%	50%
Maracuyá	25%	75%	50%
Brix	13	13	13
pH	3.4	3.4	3.4
CMC	0.1%	0.1%	0.1%
Sorbato Potasio	0.02%	0.02%	0.02%

Tabla 1. Características de insumos utilizados en la elaboración de nectar

Insumos	Variedad	Región	PH	°Brix	Estado
Pulpa de Arándano	Biloxi	Libertad	4,4 - 5,5	17	Congelado
Pulpa de Maracuyá	Amarilla	Áncash	3.1±0.54	13	Fresco
Hojas de Eucalipto	Eucalyptus globulus	Áncash	8.5	–	Deshidratado en infusión
Agua mineralizada	Agua de mesa	Áncash	8.52±0.04	–	Inocuo

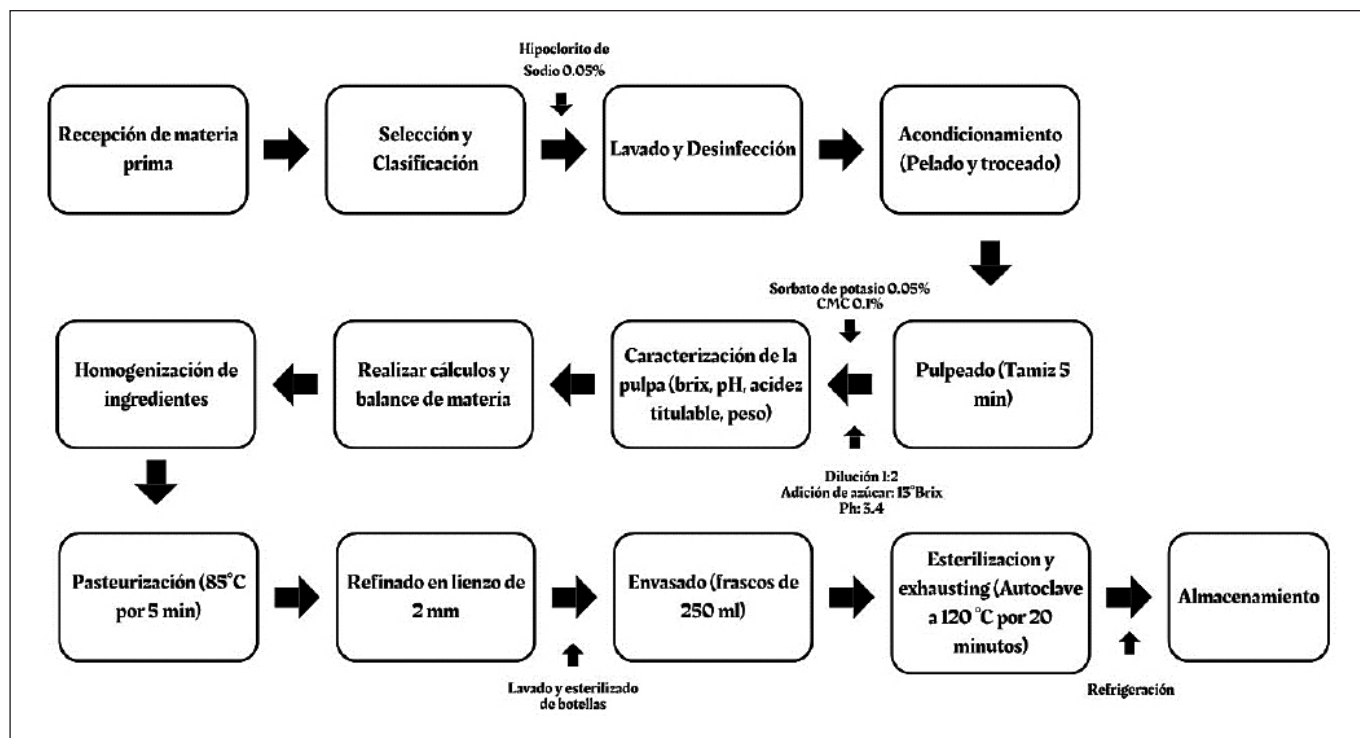


Figura 1. Diagrama de flujo de la preparación del Néctar

cuencia del consumo del néctar que tiene el panelista, como también, preguntas relacionadas a la satisfacción del néctar considerando los atributos: Color, Olor, Dulzor, Acidez y Textura, resaltando entre ellas la aplicación de la escala Likert con el objetivo de obtener la aceptabilidad en algunas de las tres formulaciones según las características planteadas. Según Matas⁹, la escala Likert es un instrumento de investigación importante para la obtención de datos, con el fin de evaluar el grado de acuerdo o desacuerdo de los encuestados sobre un tema en específico.

RESULTADOS

El procesamiento de frutas frescas permite generar bebidas innovadoras con valor agregado, orientadas a la salud y aceptación genera¹⁰⁻¹². En este estudio, se evaluaron tres formulaciones de néctar a base de arándano, maracuyá e infusión de eucalipto. La formulación F1427, con una proporción 3:1 de arándano respecto al maracuyá, se caracterizó por un néctar menos ácido, con mayor contenido de sólidos disueltos y mejor cuerpo gracias a las antocianinas y pectinas presentes en el arándano^{13,14}. Sin embargo, su aceptación fue la más baja, con solo 23% de preferencia, posiblemente por el predominio del dulzor sobre la acidez, en comparación con el maracuyá, conocido por su perfil marcadamente ácido¹⁵.

Por otro lado, la formulación F1428, con una proporción 3:1 de maracuyá respecto al arándano, alcanzó una aceptación del 30%, mostrando un balance intermedio entre acidez y

dulzura. Aunque recibió respuestas positivas, no logró superar la preferencia por la tercera alternativa. Finalmente, la formulación F1430 obtuvo la mayor aceptación general, con 47% de las respuestas a favor. Este resultado se atribuye a su combinación equilibrada de frutas en igual proporción y la presencia de notas mentoladas del eucalipto, que aportaron frescura, textura densa y un sabor más armonioso.

En la Figura 2, se muestra los resultados donde se evidencia que, aunque todas las formulaciones presentan potencial en el mercado, la F1430 es la opción más valorada sensorialmente por los consumidores, destacándose como la propuesta más innovadora y con mayor potencial de aceptación en la industria de néctares y jugos naturales.

La F1428, según el análisis sensorial, los panelistas mostraron la tendencia en señalar a esta formulación como una bebida ácida y de carácter amargo, con un sabor en el que prevalece el contenido de infusión de eucalipto. La proporción de pulpa de maracuyá en esta formulación es mayor, razón de la acidez de la bebida. De acuerdo con García et al.¹⁶, la pulpa de maracuyá para néctar tiene como característica fisicoquímica un nivel de pH de $3,10 \pm 0,054$, acidez $3,48 \pm 0,069\%$ como ácido cítrico. Según lo dicho por el autor y relacionándolo con los resultados obtenidos en el análisis sensorial en el atributo de acidez podría considerarse como una tendencia significativa estadísticamente, prueba de ello es que la F1428, es la formulación que menos aprobación alcanzo con un 50% del total, tal como se aprecia en la Figura 3.

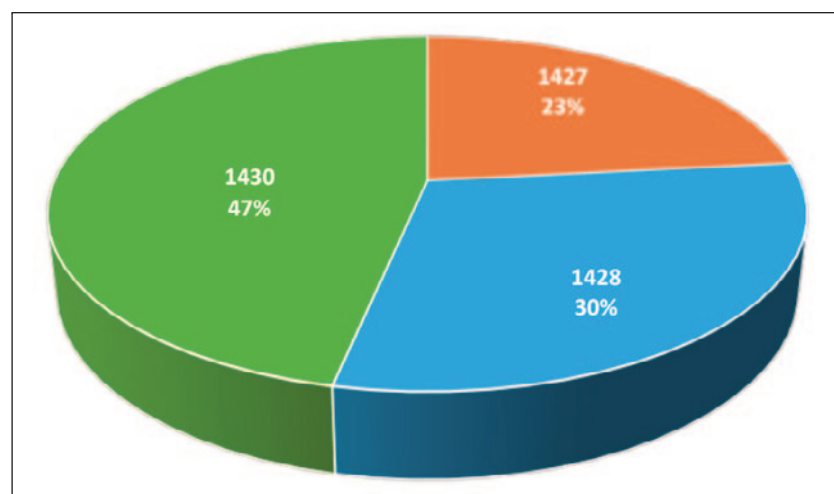


Figura 2. Nivel de aceptación general de formulación

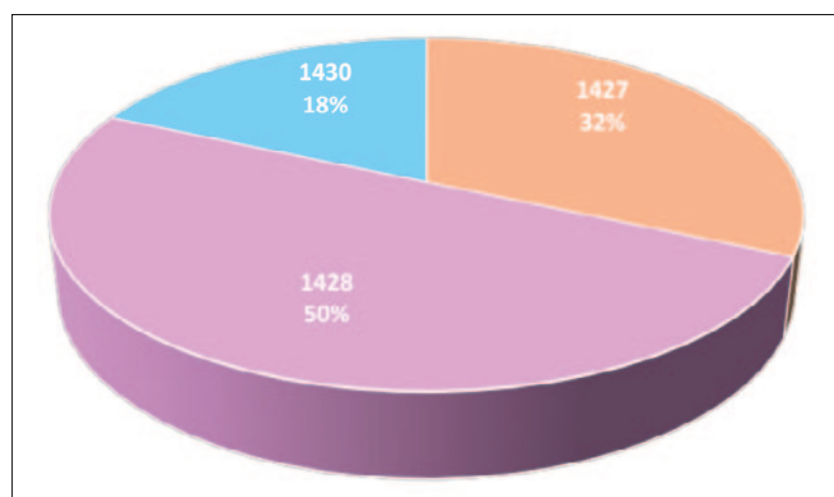


Figura 3. Nivel de aceptación por acidez de formulación

La adición de infusión de eucalipto en las tres formulaciones intensificó la frescura y aportó un matiz mentolado. En la F1428, la acidez del arándano suavizó la del maracuyá, manteniendo el carácter funcional del eucalipto, reconocido por sus propiedades terapéuticas¹⁷ y antimicrobianas¹⁸. En la F1427, destacó el color púrpura intenso por el alto contenido de antocianinas (cianidina 3-glucósido), mientras que el maracuyá aportó acidez y aroma característico, en línea con lo reportado sobre el potencial sensorial de estas frutas.

Por ende, se presenta la Figura 4, la cual, refleja la evaluación sensorial de los atributos del néctar F1430, destacando una marcada preferencia en la escala positiva. Los atributos color, dulzor y textura se concentraron principalmente en las categorías "Me gusta" y "Me gusta mucho", lo que confirma su relevancia como factores decisivos en la aceptación del producto. En particular, la textura obtuvo una valoración des-

tacada, posicionándose como uno de los atributos mejor percibidos por los panelistas, lo que coincide con la densidad y el cuerpo aportados por el arándano y el maracuyá en igual proporción.

En cuanto al olor y la acidez, la mayoría de respuestas se ubicaron en "Me gusta", sin alcanzar niveles tan altos como los otros atributos, pero manteniéndose dentro de una percepción favorable. Esto se asocia a las características fisicoquímicas de los frutos empleados, en especial el arándano, cuyo equilibrio entre acidez titulable (0,87%), pH (2,98) y sólidos solubles (14,5 °Brix) genera un perfil agridulce balanceado¹⁹.

Las valoraciones negativas ("Me disgusta" y "Me disgusta mucho") fueron mínimas, lo que refuerza la idea de que la formulación F1430 presenta un perfil sensorial ampliamente aceptado. Este comportamiento evidencia que la combinación de frutas con la infusión de eucalipto logró potenciar atributos clave de frescura, sabor y consistencia, consolidando al néctar como una alternativa innovadora y con alto potencial de consumo en el mercado.

En la Tabla 3 se presenta los resultados de análisis de varianza y prueba de comparación. En general en la evaluación sensorial, se observó cómo la variación en la composición del néctar afecta a la percepción sensorial en color, olor, dulzor, acidez, textura; según lo reportado por cada panelista. En relación a la acidez y olor de las 3 formulaciones su variación podría considerarse significativa, cuyos valores de *p* están cerca un

nivel ($\alpha = 0.05$), por lo contrario, en relación al color, textura y dulzor el valor de *p* es mayor a 0.05, lo que se interpreta que no hubo cambios significativos ante a percepción de los panelistas de estos tres últimos atributos.

En la Tabla 4 que se presentan los resultados de prueba de comparación múltiple de Tukey para los atributos de análisis sensorial. De acuerdo a los resultados las diferencias entre medias fueron comparadas con el valor crítico HSD = 0.532. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ningún atributo sensorial entre las tres formulaciones.

Cuando la proporción de maracuyá aumenta al 75%, manteniendo un contenido final de 13 °Brix sin adición de sacarosa, se observa una mayor tendencia al disgusto por parte de los evaluadores. Sin embargo, al incrementarse la proporción de sacarosa, la aceptación del producto tiende a mejorar

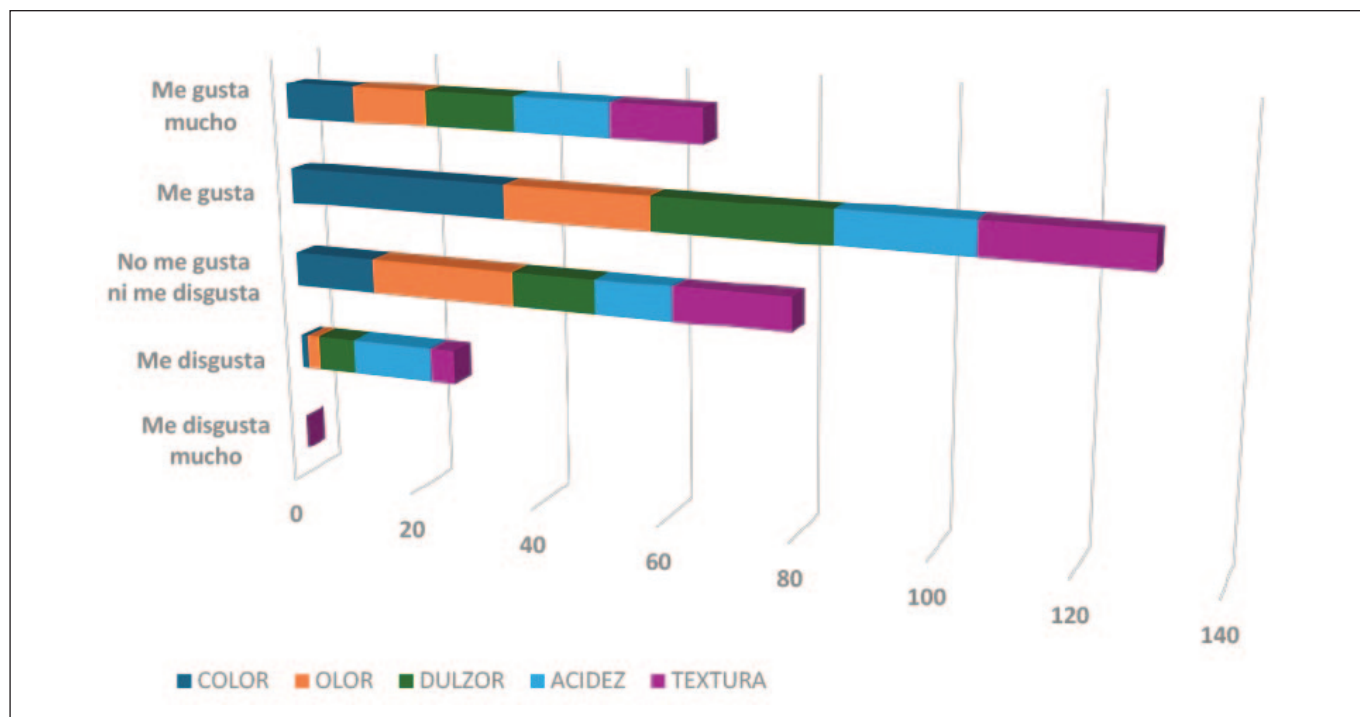


Figura 4. Frecuencia escala Likert de evaluación sensorial de atributos del néctar F1430

Tabla 3. Análisis de varianza de análisis sensorial

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Color	3	9.859	7.416	2.4720	1.65	0.180
Olor	3	6.197	11.945	3.9817	2.66	0.050
Dulzor	4	4.389	1.320	0.3300	0.22	0.927
Acidez	4	12.299	14.132	3.5331	2.36	0.056
Textura	4	6.267	6.267	1.5667	1.05	0.385
Error	161	240.989	240.989	1.4968		
Total	179	280.000				

Tabla 4. Promedios sensoriales ($\pm$ DE) de cada formulación con resultados de la prueba de Tukey HSD

Atributo	F1 (1427)	F2 (1428)	F3 (1430)	D.S
Color	3.70 $\pm$ 0.50	3.70 $\pm$ 0.50	3.90 $\pm$ 0.50	A
Aroma	3.90 $\pm$ 0.50	3.65 $\pm$ 0.50	3.73 $\pm$ 0.50	A
Dulzor	3.60 $\pm$ 0.50	3.55 $\pm$ 0.50	3.81 $\pm$ 0.50	A
Acidez	3.38 $\pm$ 0.50	3.28 $\pm$ 0.50	3.61 $\pm$ 0.50	A
Textura	3.48 $\pm$ 0.50	3.76 $\pm$ 0.50	3.80 $\pm$ 0.50	A

significativamente, tal como lo señalan Calderón et al.²⁰. Estos resultados coinciden con lo reportado en el estudio de Matsuura et al.²¹.

Los datos fueron analizados mediante ANOVA y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, siguiendo la metodología propuesta por Benedict et al.²².

DISCUSIÓN

Uno de los resultados principales del estudio es el hallazgo de la mayor aceptación sensorial de la formulación (F1430), ésta tenía una proporción equilibrada (50 % arándano / 50 %

maracuyá + infusión de eucalipto). Ello concuerda con la tendencia observada en los múltiples trabajos que señalan que las mezclas de frutas con diferentes perfiles organolépticos (dulzor, acidez, aroma) permiten "mascarar" excesos de alguno de los componentes y mejorar la aceptación general.

En el estudio de Souza et al.²³, optimizaron formulaciones de bebidas a base de frutas amazónicas (murici y tapereba) considerando tanto parámetros físico-químicos como aceptación sensorial, demostrando que ajustes en proporciones pueden producir mejoras notables en la percepción del sabor y aroma. Asimismo, en la investigación de Nascimento et al.²⁴, se evaluaron jugos mixtos con diferentes porcentajes de frutas y aplicaron la metodología "Check-All-That-Apply" (CATA) para entender cómo los consumidores describen perfiles sensoriales de mezclas, concluyendo que la mezcla óptima no necesariamente coincide con la de mayor contenido de fruta dominante, sino aquella que genera el perfil más balanceado.

Por otro lado, una investigación realizada en África se estudiaron jugos mixtos de plátano, piña y maracuyá, encontrando que la mezcla (80 % plátano + 20 % maracuyá) obtuvo el mayor puntaje hedónico en todos los atributos sensoriales como: olor, sabor y color²⁵. Estos resultados apoyan la idea de que una fruta "base" con características suaves (dulce o de menor acidez) combinada con otra fruta más ácida o aromática puede mejorar la aceptación total.

Asimismo, la adición de eucalipto en la formulación se enmarca en la tendencia de bebidas funcionales enriquecidas con hierbas, donde la dosis y el método de preparación son determinantes para la aceptación sensorial. El estudio realizado por Skąpska et al.²⁶, señalan que los extractos herbales pueden mejorar el valor funcional percibido, aunque un exceso o una preparación inadecuada reduce la aceptabilidad. En la misma línea, Bala et al.²⁷ destacan que la infusión, conserva mejor los compuestos volátiles y favorece la aceptación del consumidor.

El uso de fermentaciones también ha sido explorado por Vázquez et al.²⁸, donde se mostraron que las infusiones herbales fermentadas con consorcios tipo kombucha pueden mantener una aceptabilidad cercana a la no fermentada, siempre que se controlen factores como el tiempo o la concentración de azúcar. De igual modo, Czarnowska et al.²⁹ evidenciaron que el tipo de hoja y su concentración influyen directamente en la calidad sensorial y antioxidante, confirmando la necesidad de dosificación adecuada. En conjunto, estos hallazgos respaldan que el uso de hierbas en bebidas es viable, siempre que se optimicen proporción, técnica de extracción y combinación con frutas.

Por ende, el equilibrio entre acidez y dulzor observado en la formulación más aceptada coincide con lo descrito en la literatura, donde bebidas con acidez elevada tienden a ser rechazadas si no se compensan sensorialmente. Por ello, se destacan que compuestos fenólicos, pigmentos y volátiles determinan la percepción positiva, y que procesos no térmicos

ayudan a conservarlos³⁰. En la misma línea, Song et al.³¹ demostraron que tecnologías como la alta presión mantienen mejor los aromas que los tratamientos térmicos tradicionales.

Asimismo, estudios recientes refuerzan la importancia del balance funcional-sensorial: como la de Maulidad et al.³², donde mostraron que las combinaciones específicas de extractos (cáscara de café, roselle y jengibre rojo) potenciaron simultáneamente la capacidad antioxidante y la aceptación en atributos como aroma y regusto. Esto subraya que, más allá de las propiedades nutricionales, la sinergia entre componentes y su procesamiento es clave para garantizar la aceptación del consumidor.

Por otro lado, las formulaciones F1428 y F1427 presentaron menor aceptación sensorial en comparación con F1430 debido a desequilibrios específicos en acidez, aroma y textura. En el caso de F1428, el predominio del maracuyá incrementó notablemente la acidez, lo que generó una percepción agria poco agradable para los panelistas. Este resultado coincide con lo reportado por Sousa et al.³³, quienes demostraron que la elevada acidez en néctares de maracuyá disminuye la preferencia del consumidor si no está equilibrada con un nivel suficiente de dulzor. Además, en esta misma formulación se percibió con mayor intensidad el aroma del eucalipto, que opacó las notas frutales y redujo la armonía sensorial. De manera similar, Gous et al.³⁴ encontraron que la presencia de aromas demasiado intensos en bebidas cítricas o herbales puede generar sabores pungentes y disminuir la aceptación general.

Por su parte, la F1427, aunque aportó un mayor contenido de antocianinas debido al predominio del arándano, presentó problemas de textura relacionados con la separación de fases y sedimentación de sólidos, lo que afectó la homogeneidad del néctar y redujo su valoración sensorial. Este fenómeno se relaciona con lo descrito por Kyroglou et al.³⁵, quienes señalaron que la inestabilidad física en bebidas frutales, como la estratificación o cambios en viscosidad, tiene un impacto negativo en la percepción de calidad y en la preferencia del consumidor.

Si bien se adicionaron los aditivos alimentarios para mejorar el tema de la homogeneización de la mezcla con el fin de mejorar la estabilidad, los resultados sugieren que la concentración de carboxil metil celulosa (CMC) empleada no fue suficiente para contrarrestar la alta carga de sólidos provenientes del arándano. Estudios previos han demostrado que la eficacia del CMC depende de la dosis y de su interacción con los componentes naturales de la fruta, pudiendo incluso generar sinéresis cuando no se ajusta adecuadamente³⁶. Por su parte, el ácido cítrico contribuyó a mantener la estabilidad del color de las antocianinas al reducir el pH, aunque no influyó de manera significativa en la textura. Estos hallazgos evidencian la necesidad de optimizar la formulación de hidrocoloides o evaluar la combinación con otros estabilizantes para garantizar una mayor homogeneidad en néctares de alta concentración de arándano.

En conjunto, estos resultados muestran que el exceso de acidez, la intensidad aromática no controlada y la inestabilidad física fueron los factores principales que explican la menor aceptación de las formulaciones F1428 y F1427 frente a la F1430. Esto confirma la necesidad de ajustar las proporciones de fruta, controlar la dosis de eucalipto y garantizar la estabilidad del producto para desarrollar néctares funcionales con mayor potencial de aceptación comercial.

Además, este estudio muestra algunas limitaciones. Entre ellas, la evaluación se centró exclusivamente en el análisis sensorial inmediato, sin realizar monitoreos durante el almacenamiento, lo que impide conocer la estabilidad de los atributos del néctar en el tiempo. Asimismo, no se efectuaron análisis fisicoquímicos ni microbiológicos, los cuales habrían permitido hacer la correlación de los resultados sensoriales con parámetros objetivos de calidad y seguridad. Del mismo modo, la prueba sensorial se realizó con un número limitado de participantes y utilizando únicamente una escala hedónica, lo que restringe la generalización de los hallazgos. Por lo tanto, futuras investigaciones deberían incluir un diseño más amplio de formulaciones, análisis complementarios y pruebas de aceptación en poblaciones más diversas, con el fin de validar y ampliar los resultados obtenidos.

Por lo tanto, de las tres formulaciones analizadas organolépticamente, los resultados de la formulación (50%arándano/50%maracuyá), evidencian que el equilibrio sensorial alcanzado, sumado al valor funcional de la infusión de eucalipto con una adecuada proporción frutal y un proceso óptimo tecnológico, la convierten en una alternativa innovadora y útil, para el desarrollo de bebidas saludables que responda a las preferencias del consumidor y a las tendencias actuales de mayor aceptación en el mercado.

CONCLUSIONES

El néctar de arándano, maracuyá e infusión de eucalipto es una bebida innovadora con pH 3.8, 13°Brix y un toque mentolado fresco, evaluada por 60 panelistas. Las herramientas ANOVA y Tukey muestran que el color, la textura y el dulzor no difieren significativamente entre las formulaciones, pero el olor presenta diferencias marginales ($p = 0.050$) y la acidez una tendencia cercana a la significancia, sugiriendo ajustes futuros.

La formulación F1430 (50% arándano – 50% maracuyá) logró mayor aceptación por su equilibrio en sabor, dulzor y acidez, ideal para consumo masivo por sus propiedades saludables. La formulación F1428 (75% maracuyá – 25% arándano), tuvo menor preferencia por su alta acidez y aroma intenso a eucalipto.

La formulación F1427 (75% arándano – 25% maracuyá), rica en antocianinas, mostró baja aceptación por separación de fases y textura desfavorable. Además, se recomienda un estudio experimental del olor mediante un panel sensorial

descriptivo, análisis proximal y microbiológico del eucalipto, y evaluar su impacto en sabor y seguridad.

El trabajo se centró en el análisis sensorial, sin abordar en profundidad variables fisicoquímicas. Estas restricciones limitan la extrapolación de los resultados y justifican la necesidad de estudios posteriores que integren análisis más amplios para asegurar la calidad y viabilidad comercial del producto.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Tecnológica del Perú – Sede Chimbote por el apoyo en el uso de instalaciones, equipos y financiamiento para la realización del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Escobar J, Capajaña M, Arcata-Maquera E. Perspectivas en el desarrollo y consumo de alimentos funcionales y su promoción en la salud: Una revisión de alcance. *Ingeniería Investiga*. 2024; 6:e956. <https://doi.org/10.47796/ing.v6i00.956>
- Muñoz P, García J, Saltos S. Néctar a base de pitahaya (*Hylocereus undatus*) con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*): Compuestos antioxidantes, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2020;43(3):63–73. <https://doi.org/10.12873/433MUNOZ>
- Olcina E, Herreros B. Cranberry preparations but of doubtful efficacy for urinary tract infection in children. *Pediatría Atención Primaria*. 2012;14(55):265–273. <https://dx.doi.org/10.4321/S113976322012000400015>
- Enriquez-Valencia S, Salazar-López N, Robles-Sánchez M, González-Aguilar G, Ayala-Zavala J, Lopez-Martinez L. Propiedades bioactivas de frutas tropicales exóticas y sus beneficios a la salud. *Arch Latinoam Nutr*. 2020;70(3):205–214. <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.006>
- Meera P, Sharon C, Panjikkaran S, Aneena E, Lakshmy P, Gomez S. Process Optimisation and Quality Evaluation of Passion Fruit and Pineapple based Probiotic Drink. *Asian Journal of Dairy and Food Research*. 2021;40(4):428–433. <https://doi.org/10.18805/ajdfr.DR-1617>
- Café A, De Oliveira C, Novais R, Bila W, Da Silva D, Romano M, et al. Consumo de bebidas açucaradas, leite e sua associação com o índice de massa corporal na adolescência: Uma revisão sistemática. *Revista Paulista de Pediatria*. 2018;36(1):91–99. <https://doi.org/10.1590/1984-0462/2018;36;1;00010>
- Quispe R, Belizario J, Quispe H, Paredes Y, Cahuana P, Valles M, et al. Capacidad antioxidante del néctar de ungurahú (*Oenocarpus bataua*). *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2020; 42(1):80–86. <https://doi.org/10.12873/421QUISPE>
- Medina D, Vargas Y, Quintero E. Costos y rendimientos de producción de tres néctares de manzana (*pyrusmalus*) variedades Anna, Pensilvania y Winter. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 2016;7(2):157–169. <https://doi.org/10.22490/21456453.1565>
- Matas A. Diseño del formato de escalas tipo Likert: Un estado de la cuestión. *Revista Electronica de Investigacion Educativa*. 2018; 20(1):38–47. <https://doi.org/10.24320/REDIE.2018.20.1.1347>

10. Angami T, Assumi S, Kalita H, Saloi B, Singh K, Touthang L, et al. Preparation and evaluation of fresh pineapple, passion fruit and ginger blended ready-to-serve drink. *Environ Conserv J*. 2023; 24(3):63–66. <https://doi.org/10.36953/ECJ.16252518>
11. Rathinasamy M, Ayyasamy S, Velusamy S, Suresh A. Natural fruits based ready to serve (RTS) beverages: a review. *J Food Sci Technol*. 2022;59(12):4563–4569. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05275-2>
12. Amaravathi T, Vennila P, Hemalatha G, Parimalam P. Spiced Pineapple Ready-To-Serve Beverages. *Indian J Sci Technol*. 2014;7(11):1827–1831. <http://dx.doi.org/10.17485/ijst/2014/v7i11.20>
13. Zapata L, Heredia A, Quinteros C, Malleret A, Clemente G, Cárcel J. Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. 2014;25(49):166–192.
14. Feng L, Zhou Y, Ashaolu T, Ye F, Zhao G. Physicochemical and rheological characterization of pectin-rich fraction from blueberry (*Vaccinium ashei*) wine pomace. *Int J Biol Macromol*. 2019; 128:629–637. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.01.166>
15. Li J, Zhang C, Liu H, Liu J, Jiao Z. Profiles of Sugar and Organic Acid of Fruit Juices: A Comparative Study and Implication for Authentication. *J Food Qual*. 2020;2020(1):7236534. <https://doi.org/10.1155/2020/7236534>
16. García-Mogollon C, Alvis-Bermudez A, Romero P. Application of the External Preferences Map in the Formulation of a Flavored Drink made from Whey and Passion Fruit Pulp. *Información tecnológica*. 2015;26(5):17–24. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500004>
17. Márquez D, Mejía E, Cantú M, Rivera A, Fuentes L, Díaz E. Uso Terapéutico del Eucalipto "Eucalyptus Globulus" como Medicina Tradicional en una Comunidad Indígena Otomí. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2023;7(6):1921–1929. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8822
18. Sadatrasul M, Fiezi N, Ghasemian N, Shenagari M, Esmaeili S, Jazaeri E, et al. Oil-in-water emulsion formulated with eucalyptus leaves extract inhibit influenza virus binding and replication in vitro. *AIMS Microbiology* 2017 4:899. 2017;3(4):899–907. <https://doi.org/10.3934/microbiol.2017.4.899>
19. Luna J, Christian G, Arriola P, Esther S, Ovalle T, Medina J. Efecto del proceso de elaboración de zumo de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) sobre la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. 2021;4(3):4256–4275. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-112>
20. Calderón E, Arteaga H, Castro. P, Nolasco I, Siche R. El Método de Superficie Respuesta y la Programación Lineal en el desarrollo de un néctar mixto de alta aceptabilidad y mínimo costo. *Scientia Agropecuaria*. 2013;3(4):309–318. <http://www.sci-agropecu.uni-tru.edu.pe/>
21. Matsuura F, da Silveira M, Cardoso R, Ferreira D. Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola. *Sci Agric*. 2004;61(6):604–608. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000600007>
22. Benedict T, Onyango F, Karanjah A, Njuguna E. Construction of Non-Symmetric Balanced Incomplete Block Design through Combination of Symmetric Disjoint Balanced Incomplete Block Designs. *Open J Stat*. 2023;13(6):789–802. <https://doi.org/10.4236/ojs.2023.136040>
23. de Souza V, Aniceto A, Abreu J, Montenegro J, Boquimpani B, de Jesus V, et al. Fruit-based drink sensory, physicochemical, and antioxidant properties in the Amazon region: Murici (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth and *verbascifolia* (L.) DC) and tapereba (*Spondia mombin*). *Food Sci Nutr*. 2020;8(5):2341. <https://doi.org/10.1002/FSN3.1520>
24. Nascimento R, Tavares P, Meireles S, Dos Anjos E, de Andrade R, Machado B, et al. Study on the sensory acceptance and check all that apply of mixed juices in distinct Brazilian regions. *Wood Sci Technol*. 2020;40:708–17. <https://doi.org/10.1590/FST.37619>
25. Matabura V, Kibazohi O. Physicochemical and Sensory Evaluation of Mixed Juices from Banana, Pineapple and Passion Fruits during Storage. *Tanzania Journal of Science*. 2021;47(1):332–43. Available from: <https://www.ajol.info/index.php/tjs/article/view/203899>
26. Skąpska S, Marszałek K, Woźniak Ł, Szczepańska J, Danielczuk J, Zawada K. The Development and Consumer Acceptance of Functional Fruit-Herbal Beverages. *Foods*. 2020;9(12):1819. <https://doi.org/10.3390/FOODS9121819>
27. Bala E, Patra S, Singha S. Flavour enhancement strategy for herbal beverages and kinetic modelling of their antioxidant and sensory properties in accelerated storage conditions. *Int J Gastron Food Sci*. 2023;33:100788. <https://doi.org/10.1016/J.IJGFS.2023.100788>
28. Vázquez-Cabral B, Rocha-Guzmán N, Gallegos-Infante J, González-Herrera S, González-Laredo R, Moreno-Jiménez M, et al. Chemical and sensory evaluation of a functional beverage obtained from infusions of oak leaves (*Quercus resinosa*) inoculated with the kombucha consortium under different processing conditions. *Nutrafoods*. 2015;13(4):169–78. <https://doi.org/10.1007/S13749-014-0035-0>
29. Czarnowska-Kujawska M, Klepacka J, Starowicz M, Lesińska P. Functional Properties and Sensory Quality of Kombucha Analogs Based on Herbal Infusions. *Antioxidants*. 2024;13(10):1191. <https://doi.org/10.3390/antiox13101191>
30. Pinto T, Vilela A, Cosme F. Chemical and Sensory Characteristics of Fruit Juice and Fruit Fermented Beverages and Their Consumer Acceptance. *Beverages*. 2022;8(2):33. <https://doi.org/10.3390/BEVERAGES8020033>
31. Song Q, Li R, Song X, Clausen M, Orlie V, Giacalone D. The effect of high-pressure processing on sensory quality and consumer acceptability of fruit juices and smoothies: A review. *Food Research International*. 2022;157:111250. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2022.111250>
32. Maulida I, Al Marsam M, Purnama I, Mutamima A. A novel beverage with functional potential incorporating cascara (*Coffea arabica*), roselle (*Hibiscus sabdariffa*), and red ginger (*Zingiber officinale* Rosc. var. *rubrum*) extracts: chemical properties and sensory evaluation. *Discover Food*. 2024;4(1):1–12. <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00180-x>

33. Sousa R, Cazelatto A, Muniz C, Faria G, Augusto D, de Sousa M, et al. Impact of sweetness on the sensory acceptance of passion fruit nectar in Brazilian geographic regions. *Int J Food Sci Technol*. 2021;56(6):3055–65. <https://dx.doi.org/10.1111/ijfs.14949>
34. Gous A, Almli V, Coetzee V, de Kock H. Effects of Varying the Color, Aroma, Bitter, and Sweet Levels of a Grapefruit-Like Model Beverage on the Sensory Properties and Liking of the Consumer. *Nutrients*. 2019;11(2):464. <https://doi.org/10.3390/nu11020464>
35. Kyroglou S, Ritzoulis C, Theocharidou A, Varelzis P. Physicochemical Factors Affecting the Rheology and Stability of Peach Puree Dispersions. *ChemEngineering*. 2024;8(6):119. <https://doi.org/10.3390/chemengineering8060119>
36. Amar A, Suryawati A, Nurani D. The effect of carboxy-methyl-cellulose (CMC) concentration on suspension stability of red guava syrup (*Psidium guajava* L) during storage. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2020;472(1):012005. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/472/1/012005>

Assessing food security among fisher households in the coastal regions of central and west Lombok, Indonesia

Joyeti DARNI¹, Sri YUNITA², Retno WAHYUNINGSIH¹, Yuli LARAENI¹

1 Department of Nutrition, Health Polytechnic of Mataram, Mataram City, Indonesia.

2 Department of Midwifery, Faculty of Mathematics and Natural Science, Universitas Bengkulu, Bengkulu City, Indonesia.

Recibido: 22/septiembre/2025. Aceptado: 5/noviembre/2025.

ABSTRACT

Background: Malnutrition and stunting remain significant public health issues in Indonesia, with national stunting prevalence at 19.8%. Coastal communities face distinct challenges, including unstable income, limited access to diverse foods, and reliance on fisheries, which may compromise child nutrition. This study investigated the relationship between food security and nutrient adequacy among households with children under five in coastal areas.

Methods: This cross-sectional study was conducted in districts and cities with high stunting prevalence, involving 344 randomly selected households with children aged 6–59 months. Children's food consumption was assessed using a 1x24-hour food recall, while other data were collected through interviews using structured questionnaires. Nutrient intake was calculated based on the Indonesian food composition table and compared with the Ministry of Health's 2019 recommended dietary allowance (RDA). Instruments included the Household Dietary Diversity Score (HDDS), Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS), and Food Consumption Score (FCS). Data were analyzed using IBM SPSS version 26.0 with Spearman's correlation test.

Results: Nutritional status based on height-for-age indicated 75.0% normal, 16.9% stunted, and 4.1% severely stunted children. Mean protein adequacy was high ($123.9 \pm 34.7\%$), while fat adequacy was low ($67.0 \pm 19.4\%$), with more than half experiencing deficits. Micronutrient deficiencies, particularly in vitamin A, vitamin C, iron, and calcium, exceeded 50%. Half

of households (50.3%) were food secure. HDDS, FCS, and HFIAS scores were significantly correlated with nutrient adequacy levels.

Conclusions: Household food security strongly influences nutrient adequacy among coastal children under five. Enhancing dietary diversity, food access, and nutrition education is essential to reduce stunting in vulnerable communities.

KEYWORDS

Dietary diversity, micronutrients, growth, food access, poverty.

INTRODUCTION

Numerous studies have demonstrated that economic, social, and environmental factors significantly influence the food security status of fisher households¹⁻³. Low household income often results in a higher proportion of expenditure on food, thereby increasing the risk of food insecurity⁴. Moreover, limited access to natural resources and inadequate infrastructure could also contribute to food insecurity, especially in remote coastal areas where communities have fewer opportunities to obtain diverse and nutritious food compared to those living near economic centers⁵. Food security includes not only food availability but also food access, stability, and utilization⁶. Previous research showed that a fisher household's income plays an important role in determining the level of food security. The income of hook-dependent fishermen is unstable due to weather and seasonal factors. This means that fisher households often appear food insecure⁷. In addition, geographical conditions further affect the food security of fisher households, as households in remote areas face more challenges to access adequate food compared to those in urban areas⁸.

Correspondencia:

Joyeti Darni
ummunailah21@gmail.com

Food security in fisher households is influenced by a combination of economic conditions, market and resource accessibility, and the broader socio-economic context of coastal communities⁹. Low household income often compels families to allocate a larger share of their expenditure to food, thereby heightening the risk of food insecurity. Moreover, limited access to natural resources and inadequate infrastructure exacerbates this risk, particularly in remote coastal areas where communities have fewer opportunities to obtain diverse and nutritious food compared to those residing near economic centers¹⁰. The inhabitants of the coastal regions, particularly in rural communities, also face daunting challenges of poverty due to scarce resources¹¹. The poverty-stricken coastal population is further reinforced by the lack of essential resources such as land and crops, which are critical for securing livelihoods and ensuring household food security¹².

Food security is essential for a country's development, as emphasized in the SDGs' goal of zero hunger. It refers to the ability of households to access sufficient quantity and quality food consistently. Geographical location also plays an important role in determining food access¹³. Currently, several single indicators are widely used to assess household food security based on the dimension of food access, including the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS), Household Hunger Scale (HHS), Household Food Security Scale Module (HFSSM), Latin American and Caribbean Food Security Scale (LCSA), and the Food Consumption Score (FCS)¹⁴.

MATERIAL AND METHOD

Design, Location, and Time

This study employed a cross-sectional study and was conducted in March 2024. The research took place in the coastal areas of Central Lombok and West Lombok Regency, West Nusa Tenggara Province. Study sites were selected based on recapitulation data identifying coastal areas vulnerable to food insecurity, covering four Community Health Center (Puskesmas) areas. In West Lombok, the study included West Sekotong and Lembar Selatan villages, which fall under the Pelangan and Jembatan Kembar Community Health Centers. In Central Lombok, the sites included Selong Belanak village, under the Mangkung Community Health Center, and Mertak village, under the Pelabuhan Awang Community Health Center. Informed consent was obtained from all participants before data collection. This study adhered to ethical guidelines for research involving human subjects. Ethical approval was granted by the Ethics Commission of the Mataram Ministry of Health Polytechnic (No. LB.01.03/6/137/2024) and research permission was issued by Kesbangpol of West Nusa Tenggara Province (No. 070/342/II/R/BKBPDPN/2024).

Population and Sample

This study involved toddlers and their primary caregivers, either fathers or mothers. The inclusion criteria for child

participants were aged 6 to 59 months and absence of serious illness or undergoing routine treatment. Accordingly, subjects included were 344, consisting of one caregiver and one child per household. Participants were selected from each Community Health Center using a simple random sampling without substitution.

Data Types and Collection Methods

The instruments employed were internationally standardized and validated tools commonly used in global food security assessments. The Household Dietary Diversity Score (HDDS) developed by FAO, was a method to assess the quality of household food consumption. Meanwhile in the family-level, we used the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) by FAO. In addition, The Food Consumption Score (FCS), developed by the World Food Programme, was employed to evaluate food security based on dietary diversity, consumption frequency, and food groups categorized by nutritional value.

Enumerator training was conducted over two days to ensure that enumerators understood how to complete the questionnaire and practiced anthropometric measurement procedures. Data quality control was considered essential to maintain data security, accuracy, and consistency throughout the study. The research team supervised the data collection process directly, assisting enumerators in the field, checking the completeness of questionnaires, and ensuring that no questions were left unanswered. Supervision by the research team was carried out every day for six days across each village. Additional quality controls include limiting the enumerator to 7-10 respondents per day, with each interview lasting 30-40 minutes per respondent.

Statistical Analysis

Data processing included coding, editing, entry, cleaning, and analysis. The process was carried out using Microsoft Excel 2019 software and IBM Statistical Program for Social Sciences (SPSS) version 26.0. Univariate analysis was performed to describe the frequency of each variable, while the Spearman correlation test was applied to measure the relationship between variables. Before bivariate analysis, a data normality test was carried out using Kolmogorov-Smirnov.

RESULTS

The toddlers included in this study were aged 1-59 months and categorized into two groups: under two years old and two years or older. Table 1 showed that the majority were aged two years or older (70.3%). The distribution of gender is nearly equal between boys (50.3%) and girls (49.7%).

The nutritional status of toddlers was assessed using anthropometric methods with weight-for-age (W/A), height-for-age (H/A), and weight-for-height (W/H) parameters, following

the indicators and classification standards defined in the Indonesian Ministry of Health Regulation (Permenkes) No. 2 of 2020. The distribution of toddlers based on their nutritional status is presented in Table 1. According to the W/A parameter, the majority of toddlers (75.0%) have normal nutritional status. However, the table shows that the prevalence of underweight is 20.9%, and severe underweight is 2.6%. The nutritional status of toddlers based on the height-for-age (H/A) parameter shows that 75.0% of toddlers have normal nutritional status. For the parameter of weight-for-height (W/H) presented in Table 1, it shows that 86.3% of individuals have normal nutritional status. The percentages of wasted and severely wasted are 9.9% and 0.9%, respectively.

In addition to nutritional status assessed through anthropometric methods, an evaluation of toddler food consumption is also conducted to determine the sufficiency of energy and nutrient intake, referring to the Indonesian Ministry of Health Regulation (Permenkes) No. 28 of 2019 on Recommended Dietary Allowances (RDA). Table 2 presents the levels of energy and macro-nutrient sufficiency in toddlers. All respondents experienced a deficit in energy intake, meaning their energy needs were not met. The majority of respondents (59.0%) had a severe energy deficit, with 38.1% having a moderate deficit and 2.9% having a mild deficit. The average energy sufficiency level is $87.6 \pm 35.0\%$. Regarding protein sufficiency, the majority of toddlers (55.2%) have an excess level of protein intake, with fewer than 20% experiencing a protein deficit. The average protein sufficiency level is $123.9 \pm 34.7\%$.

The average level of fat sufficiency in toddlers is $67.0 \pm 19.4\%$. The majority of toddlers (>50%) experience a severe deficit in meeting daily fat requirements. Only 1.7% of toddlers have an excess level of fat intake. Additionally, 11.6% of toddlers meet the recommended daily allowance for fat. The average level of carbohydrate sufficiency in toddlers is $92.4 \pm 54.5\%$. The largest proportion, 41.3%, has a normal level of carbohydrate sufficiency, while 9.6% of toddlers have an excess of carbohydrate intake, and nearly half of the respondents have a carbohydrate sufficiency level categorized as deficient.

The overview of micronutrient sufficiency in toddlers is presented in Table 2. The average intake of Vitamin A in toddlers meets the requirement, with an average sufficiency level of $123.5 \pm 129.7\%$. Most toddlers (61.0%) have sufficient levels, while 39% are still categorized as inadequate. For Vitamin C, 79.4% of toddlers experience a deficit, and only 20.6% meet the requirement. The average sufficiency level for Vitamin C is $62.1 \pm 131.9\%$. Besides Vitamin A and Vitamin C, assessments of calcium and iron intake show that the majority have not met sufficiency. The average level of iron sufficiency in toddlers is $81.2 \pm 98.8\%$, with 70.6% still classified as deficient and 29.4% meeting the requirement. Calcium intake is very low, failing to reach half of the sufficiency level, as indicated by an average sufficiency level of only $46.5 \pm 32.7\%$. A

Table 1. Distribution of respondent characteristics in coastal areas

Toddlers characteristics	n	%
Gender		
Male	173	50.3
Female	171	49.7
Age		
12-24 months	102	29.7
25-59 months	242	70.3
Age Average (months)	34.3±13.8	
Toddlers nutritional status		
Weight/Age (z-score)*		
Severe underweight (<-3 SD)	9	2.6
Underweight (- 3 SD sd <- 2 SD)	72	20.9
Normal (-2 SD sd +1 SD)	258	75.0
Risk of overweight (> +1 SD)	5	1.5
Weight Average (kg)	11.7±2.6	
Height/Age (z-score)*		
Severe stunting (<-3 SD)	14	4.1
Moderate stunting (- 3 SD sd <- 2 SD)	58	16.9
Normal (-2 SD sd +3 SD)	272	79.1
Tall (> +3 SD)	0	0.0
Height Average (cm)	88.3±10.8	
Weight/Height (z-score)*		
Severly wasted (<-3 SD)	3	0.9
Wasted (- 3 SD sd <- 2 SD)	34	9.9
Normal (-2 SD sd +1 SD)	297	86.3
Risk of overweight (> + 1 SD sd + 2 SD)	8	2.3
Overweight (> + 2 SD sd + 3 SD)	2	0.6
Obese (> + 3 SD)	0	0.0

* Indonesian Ministry of Health standard for Child Nutrition Status.

Table 2. The Sufficiency of Energy and Nutrient Intake in Toddlers

Levels of sufficiency	n	%
Energy		
Severe deficit (<70%)	203	59.0
Moderate deficit (70% - 79%)	131	38.1
Mild deficit (80% - 89%)	10	2.9
Normal (90% - 119%)	0	0.0
Excess (≥120%)	0	0.0
Average	87.6±35.0	
Protein		
Severe deficit (<70%)	16	4.7
Moderate deficit (70% - 79%)	18	5.2
Mild deficit (80% - 89%)	26	7.6
Normal (90% - 119%)	94	27.3
Excess (≥120%)	190	55.2
Average	123.9±34.7	
Fat		
Severe deficit (<70%)	196	57.0
Moderate deficit (70% - 79%)	53	15.4
Mild deficit (80% - 89%)	49	14.2
Normal (90% - 119%)	40	11.6
Excess (≥120%)	6	1.7
Average	67.0±19.4	
Carbohydrate		
Severe deficit (<70%)	64	18.6
Moderate deficit (70% - 79%)	52	15.1
Mild deficit (80% - 89%)	53	15.4
Normal (90% - 119%)	142	41.3
Excess (≥120%)	33	9.6
Average	92.4±54.5	
Vitamin A		
Insufficient	134	39.0
Sufficient	210	61.0
Average	123.5±129.7	

Levels of sufficiency	n	%
Vitamin C		
Insufficient	273	79.4
Sufficient	71	20.6
Average	62.1±131.9	
Fe		
Insufficient	243	70.6
Sufficient	101	29.4
Average	81.2±98.8	
Ca		
Insufficient	305	88.7
Sufficient	39	11.3
Average	46.5±32.7	

significant 88.7% of toddlers experience a calcium intake deficit, with only 11.3% meeting the requirement.

Table 3 shows that the majority of households (86.0%) are classified as food secure based on the modified cut-off point¹⁵, while 14% of households have a low Food Consumption Score (FCS). The average FCS score is relatively high (≥ 89), at 115.5 $\pm$ 33.1. The high FCS score is observed in almost all households due to the significant points derived from animal protein sources (meat, fish, eggs, and their products). The households participating in this study frequently consume protein-rich foods, resulting in a high FCS. Additionally, the FCS score for these food groups carries the highest weight.

The Household Dietary Diversity Score (HDDS) is used to assess the diversity of food consumption at the household level. Based on HDDS, 73.3% of households have high food diversity (≥ 9), while 26.7% have low food diversity (< 9). The average score among households is 9.6 $\pm$ 1.8. Differences in HDDS scores can also provide information about which food groups are prioritized by households at each level of HDDS.

Unlike the HDDS and FCS methods, the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) assesses food security or insecurity in a more qualitative manner. This method is an adaptation of an approach used to estimate the prevalence of food insecurity. The distribution of households based on food security/insecurity categories is presented in Table 3. Among the households surveyed in this study, 50.3% are classified as

Table 3. Distribution of Household Food Security

Household Food Security	n	%
HFIAS (Household food insecurity access scale)		
Food Secure (0-1)	173	50.3
Mildly Food Insecure (2-7)	123	35.8
Moderately Food Insecure (8-14)	33	9.6
Severely Food Insecure (15-27)	15	4.4
Average	2.9±3.6	
FCS (Food Consumption Score)		
Low (<89)	48	14.0
High (≥89)	296	86.0
Average	115.5±33.1	
HDDS (Household Dietary Diversity Score)		
Low (<9)	92	26.7
High (≥9)	252	73.3
Average	9.6±1.8	

food secure. Additionally, 35.8% are categorized as mildly food insecure, 9.6% as moderately food insecure, and 4.4% as severely food insecure. The average HFIAS score is 2.9±3.6, with higher scores indicating greater food insecurity. This method focuses on the household's perception of food

access, both physically and economically, rather than assessing food intake or nutritional status.

Table 4 illustrates the relationship between food security variables and the levels of energy and nutrient sufficiency. Table 4 illustrates the relationship between food security variables and the levels of energy and nutrient sufficiency. Correlation test results show that HDDS scores are associated with energy, protein, carbohydrate, and micronutrient sufficiency levels. Higher HDDS values indicate a higher level of sufficiency. The food diversity represented by HDDS scores affects the amount of energy and nutrients consumed. Food security and sufficient amounts of fat, vitamin A, vitamin C, iron, and calcium are significantly correlated, as shown by FCS scores. Iron, energy, and macronutrient sufficiency levels are significantly correlated with the food security status as measured by HFIAS scores. Lowered HFIAS scores indicate improved food security, which is accompanied by higher levels of energy and nutrients that are sufficient for young children. On the other hand, lower levels of energy and nutritional sufficiency are associated with higher HFIAS scores. A state of food insecurity is qualitatively indicated by elevated HFIAS scores.

DISCUSSION

Based on the height-for-age (H/A) parameter, 75.0% of toddlers had normal nutritional status. The prevalence of stunting was 16.9%, while severe stunting accounted for 4.1%. The prevalence of stunting in this study was lower than the national prevalence of 19.8%¹⁶. Mean protein adequacy was 123.9±34.7%. The average protein adequacy level was 123.9±34.7%. Similar results were reported in a previous study, which found that toddlers living in fishpond areas had

Table 4. Relationship between household food security and energy and nutrient sufficiency

Variable	HDDS		FCS		HFIAS	
	p-value	r	p-value	r	p-value	r
Energy	0.022	0.123*	0.050	0.050	0.000	-0.361**
Protein	0.005	0.152**	0.187	0.071	0.000	-0.320**
Fat	0.000	0.221**	0.028	0.118*	0.014	-0.133*
Carbohydrates	0.128	0.082	0.916	-0.006	0.000	-0.354**
Vitamin A	0.000	0.221**	0.009	0.141**	0.533	0.034
Vitamin C	0.000	0.221**	0.010	0.139*	0.088	-0.092
Iron	0.010	0.138*	0.030	0.117*	0.000	-0.335**
Calcium	0.021	0.124*	0.015	0.131*	0.090	0.092

protein adequacy levels above 135%¹⁷. The findings of this study are consistent with earlier research showing that energy and nutrient adequacy influence toddler nutritional status, with stunting associated with low energy and protein intake¹⁸. There is a relationship between fish consumption and the incidence of stunting in children. Fish nuggets are one alternative to increase fish consumption¹⁹. Other studies have also reported correlations between toddler nutritional status and factors such as exclusive breastfeeding practices and personal hygiene²⁰.

The average fat adequacy level among toddlers was $67.0 \pm 19.4\%$. More than half of the toddlers had a severe deficit in meeting daily fat requirements, while 1.7% had excessive fat intake. A total of 11.6% of toddlers met the recommended daily fat adequacy level. These findings differ from previous studies reporting that most toddlers had normal fat adequacy level²¹. However, other studies have indicated that toddler fat adequacy levels were generally deficient, ranging from 17.3% to 80.2%²². Regarding household food security, 43.34% of fishermen's households were classified at the food shortage level, 10% were categorized as food insecure, and only 23.33% were food secure. This fishing community lives under difficult conditions on La Borracha Island, maintaining a distinctive dietary structure and cultural patterns that present challenges in promoting food sufficiency and healthier lifestyles through nutrition education programs²³.

Previous studies reported that only vitamin C adequacy had reached 90.5%, while vitamin A, iron, and calcium adequacy levels were 42.2%, 61.9%, and 74.4%, respectively²⁴. Micronutrient deficiencies such as iron, zinc, and calcium are common nutritional problems in Indonesia, particularly among infants and toddlers after the introduction of complementary foods²⁵. In the present study, the prevalence of micronutrient deficiencies, especially vitamin C, iron, and calcium, exceeded 50%. Inadequate intake of both macro- and micronutrients among toddlers from food-insecure households is indirectly associated with poor health outcomes and suboptimal nutritional status²⁶.

Food security measured by the FCS showed a significant association with fat, vitamin A, vitamin C, iron, and calcium adequacy levels. Adequate intake of all nutrients, particularly energy, protein, zinc, calcium, and iron, is essential for children under five years of age to support growth, activity, and basal metabolic needs²⁷.

Food security assessed using the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) also demonstrated a significant association with energy and macronutrient adequacy as well as iron intake. Lower HFIAS scores, indicating greater food security, were associated with higher energy and nutrient adequacy among toddlers. Conversely, higher HFIAS scores reflected poorer food security and were linked to lower energy and nu-

trient intake. A high HFIAS score also indicates qualitative food insecurity, where households tend to provide energy-dense foods lacking in micronutrients, leading to nutritional deficiencies in children²⁸.

The distribution of households based on food security status is presented in Table 3. Among the surveyed households, 50.3% were classified as food secure. Fishing households in coastal areas have higher food security than agricultural areas, although they continued to face challenges in accessing adequate food due to geographical constraints and limited infrastructure⁶.

Correlation analysis showed that the HDDS was positively associated with energy, protein, carbohydrate, and micronutrient adequacy. These findings are consistent with previous studies showing that areas with a high prevalence of stunting are often characterized by low consumption of dietary diversity²⁹. Higher HDDS values reflected greater nutrient adequacy. Dietary diversity, as measured by HDDS, directly influenced energy and nutrient intake. The food consumption diversity score has been validated and found to correlate positively with both macronutrient and micronutrient adequacy among toddlers. Food security is related to demographic conditions, and income plays an important role in overcoming food insecurity³⁰.

CONCLUSION

Based on the Household Dietary Diversity Score (HDDS), most coastal households demonstrated high food diversity. According to the Food Consumption Score (FCS), the majority of households were food secure, while the Household Food Insecurity Access Scale (HFIAS) classified 50.3% of households as food secure. HDDS was positively associated with energy, protein, carbohydrate, and micronutrient adequacy, with higher scores reflecting better nutritional intake. Food security measured by FCS was significantly related to fat, vitamin A, vitamin C, iron, and calcium adequacy. Similarly, food security assessed through HFIAS was significantly associated with energy adequacy, macronutrients, and iron intake.

Future nutrition education programs should emphasize appropriate preparation of diverse foods to support optimal child growth and development. Additionally, further studies that integrating factors that affect the child nutritional status, such as birth weight, breastfeeding history, and exclusive breastfeeding status, are recommended to provide a more comprehensive understanding.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express their gratitude to all participants and their families for their valuable contributions to this research. Special thanks are extended to the Neys-van Hoogstraten Foundation, the Netherlands, and IPB University

for providing major funding through the "Research grant proposal inter-university collaboration program in food and nutrition security." The authors are also grateful to the Pelangan Health Center, Jembatan Kembar Health Center, Selong Belanak Health Center, and Mertak Health Center for granting permission and support during data collection. Appreciation is further extended to the Ministry of Health Polytechnic Mataram for their academic assistance throughout the study.

REFERENCE

1. Solihati Y, Dayanti WT. Food Security of Fisher Households in Coastal Areas in Indonesia: a Review. *Journal of Health Science and Pharmacy*. 2025;2(2):224–234. <https://doi.org/10.36685/jhsp.v2i2.1226>
2. Rahman MohS, Toiba H, Huang W-C. The Impact of Climate Change Adaptation Strategies on Income and Food Security: Empirical Evidence from Small-Scale Fishers in Indonesia. *Sustainability*. 2021;13(14):7905. <https://doi.org/10.3390/su13147905>
3. Onyenekwe C, Okpara U, Opatu P, Egyir I, Sarpong D. The Triple Challenge: Food Security and Vulnerabilities of Fishing and Farming Households in Situations Characterized by Increasing Conflict, Climate Shock, and Environmental Degradation. *Land (Basel)*. 2022;11(11):1982. <https://doi.org/10.3390/land11111982>
4. Niazi R, Liu A, Han J, Hassan S, Elham H, Osewe M. Household Income Diversification and Food Insecurity: A Case Study of Afghanistan. *Foods*. 2025;14(12):2048. <https://doi.org/10.3390/foods14122048>
5. Solihati Y, Dayanti WT. Food Security of Fisher Households in Coastal Areas in Indonesia: a Review. *Journal of Health Science and Pharmacy*. 2025;2(2):224–234. <https://doi.org/10.36685/jhsp.v2i2.1226>
6. Setyorini DT, Mukson M, Dwiloka B. Analysis Of Household Food Security In Agricultural And Coastal Areas Of Demak Regency. *Journal of Nutrition College*. 2023;12(1):1–8. <https://doi.org/10.14710/jnc.v12i1.36398>
7. Nainggolan HL, Tampubolon MM, Ginting A, Tampubolon YR, Panjaitan STT. Analysis Of Income And Food Security Of Traditional Fishermen In Sibolga City, North Sumatera Province. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. 2024;20(4):214–221. <https://doi.org/10.14710/ijfst.20.4.214-221>
8. Titaley C, Sallatalohy NM, Adam FP. Food Security Status and Socio-Economic Factors in Coastal Communities in South Buru Regency. *agriTECH*. 2020;40(1):1. <https://doi.org/10.22146/agritech.37009>
9. Solihati Y, Dayanti WT. Food Security of Fisher Households in Coastal Areas in Indonesia: a Review. *Journal of Health Science and Pharmacy*. 2025;2(2):224–234. <https://doi.org/10.36685/jhsp.v2i2.1226>
10. Solihati Y, Dayanti WT. Food Security of Fisher Households in Coastal Areas in Indonesia: a Review. *Journal of Health Science and Pharmacy*. 2025;2(2):224–234. <https://doi.org/10.36685/jhsp.v2i2.1226>
11. Kabir J, Cramb R, Alauddin M, Gaydon DS, Roth CH. Farmers' perceptions and management of risk in rice/shrimp farming systems in South-West Coastal Bangladesh. *Land use policy*. 2020;95:104577. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104577>
12. Roy B, Penha-Lopes GP, Uddin MS, Kabir MH, Lourenço TC, Torrejano A. Sea level rise induced impacts on coastal areas of Bangladesh and local-led community-based adaptation. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2022;73:102905. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102905>
13. Dewi P, Khomsan A, Dwiriani CM, Sukandar D. Household food security and children's food consumption diversity in the different agroecological regions in West Java, Indonesia. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2024;44(4). <https://doi.org/10.12873/444khomsan>
14. Maxwell D, Vaitla B, Coates J. How do indicators of household food insecurity measure up? An empirical comparison from Ethiopia. *Food Policy*. 2014;47:107–116. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2014.04.003>
15. Sembiring AC, Briawan D, Baliwati YF. Food Consumption Score Method For Assessing Household Food Security. *The Journal of Nutrition and Food Research*. 2015;38(1). <https://doi.org/10.22435/pgm.v38i1.4419.31-40>
16. Kemenkes. Health Ministry of Indonesia. Indonesian Nutrition Status Survey (SSGI). 2024;
17. Andadari DPPS, Mahmudiono T. Food Diversity and Energy and Protein Adequacy Levels in Toddlers. *Amerta Nutrition*. 2017;1(3):172. <https://doi.org/10.20473/amnt.v1i3.2017.172-179>
18. Wulandari RC, Muniroh L. The Relationship between Nutritional Adequacy Level, Mother's Knowledge Level, and Parental Height with Stunting in the Working Area of Tambak Wedi Community Health Center, Surabaya. *Amerta Nutrition*. 2020;4(2):95. <https://doi.org/10.20473/amnt.v4i2.2020.95-102>
19. Darni J, Wahyuningsih R. Tuna, Tempe, and Moora-Based Nuggets Prevent Stunting: Organoleptic Tests, Water Content, and ASH Content. *Prime Nutrition Journal*. 2023;8(2):68. <https://doi.org/10.32807/jgp.v8i2.430>
20. Imamaturrodiyah RK, Sumarmi S. Risk Factors for Stunting Seen from Exclusive Breastfeeding and Family Sanitation Hygiene in Children Aged 6-36 Months in the Sidoarjo Community Health Center Work Area. *Media Gizi Kesmas*. 2023;12(2):766–772. <https://doi.org/10.20473/mgk.v12i2.2023.766-772>
21. Firman AN, Mahmudiono T. Lack Of Energy And Fat Intake Associated With Nutritional Status In Toddlers Aged 25-60 Months. *The Indonesian Journal of Public Health*. 2019;13(1):50. <https://doi.org/10.20473/ijph.v13i1.2018.50-60>
22. Arini HRB, Hadju V, Thomas P, Ferguson M. Nutrient and Food Intake of Indonesian Children Under 5 Years of Age: A Systematic Review. *Asia Pacific Journal of Public Health*. 2022;34(1):25–35. <https://doi.org/doi/10.1177/10105395211041001>
23. Cohen hurtado Y, Ekmeiro Salvador J, Moreno Rojas R. Perfil sociodemográfico, económico y nutricional de una aldea de pescadores en las Dependencias Federales Venezolanas. *Nutrición*

- Clínica y Dietética Hospitalaria. 2020;40(3). <https://doi.org/10.12873/403moreno>
24. Dalimunthe NK, Ekayanti I, Dwiriani CM. Prevalence and Risk Factors of Inadequate Micronutrient Intake among Children Aged 6-23 Months in Indonesia. *Amerta Nutrition*. 2022;6(4):342–350. <https://doi.org/10.20473/amnt.v7i4.2022.342-350>
 25. UNICEF East Asia and Pacific Region. Southeast Asia Regional Report on Maternal Nutrition and Complementary Feeding. 2021;
 26. Puspasari N, Andriani M. The Relationship between Mothers' Knowledge about Nutrition and Toddler Food Intake with Toddler Nutritional Status (W/A) Aged 12-24 Months. *Amerta Nutrition*. 2017;1(4):369. <https://doi.org/10.20473/amnt.v1i4.2017.369-378>
 27. Syam A, Palutturi S, Djafar N, Budu B, Astuti N, Thaha A. Micronutrients and growth of children: a literature review. *Int J Med Sci Public Health*. 2016;5(10):1981. <https://doi.org/doi/10.5455/ijmsph.2017.10062016596>
 28. Gebremedhin S, Baye K, Bekele T, et al. Predictors of dietary diversity in children ages 6 to 23 mo in largely food-insecure area of South Wollo, Ethiopia. *Nutrition*. 2017;33:163–168. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.06.002>
 29. Juntra Utama L, I Gde Narda Widiada, Lina Yunita, Lalu Khairul Abdi, Made Darawati, AASP Chandradewi. Household Food Security, Dietary Diversity and Nutritional Status of Children 6-59 Months Old In Lombok Tengah, Indonesia. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2025;45(2). <https://doi.org/10.12873/452juntra>
 30. Utama LJ, Abdi LK, Yunita L, Saudia BEP, Kristiandi K, Nur A. Food security of farmer households in Central Lombok Regency. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*. 2024;44(3). <https://doi.org/10.12873/443utama>

Valoración de la calidad de la dieta y de los hábitos alimentarios saludables mediante el cuestionario SEDCADiet

Assessment of the quality of the diet and healthy eating habits using the SEDCADiet questionnaire

María Dolores MARRODÁN SERRANO¹, Rafael Pablo TOMÁS CARDOSO², Noemí LÓPEZ EJEDA², Andrea CALDERÓN FERNÁNDEZ³, Roberto PEDRERO TOMÉ³, Antonio VILLARINO MARÍN⁴, Jesús Román MARTÍNEZ ÁLVAREZ¹

1 Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación. Grupo de Investigación EPINUT-UCM. Universidad Complutense de Madrid.

2 Grupo de Investigación EPINUT-UCM. Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Complutense de Madrid.

3 Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación. Grupo de Investigación EPINUT. Universidad Europea de Madrid.

4 Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación. Universidad Complutense de Madrid.

Recibido: 30/octubre/2025. Aceptado: 5/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: La Dieta Mediterránea (DM) es un patrón alimentario con reconocidos beneficios para la salud, pero los cuestionarios existentes para medir la adherencia presentan limitaciones de aplicabilidad en la población adulta contemporánea. Ante esta necesidad, la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA) desarrolló y validó un nuevo instrumento: el cuestionario SEDCADiet, diseñado para evaluar tanto la calidad de la dieta como actitudes y conductas alimentarias protectoras de la salud.

Metodología: El estudio se planteó como un análisis transversal basado en encuesta *online* distribuida entre 2021 y 2024, completada por 1.227 adultos. El cuestionario consta de 16 ítems dicotómicos distribuidos en cuatro subescalas: (1) consumo frecuente de productos frescos; (2) dieta diversa y evitación de procesados; (3) evitación de azúcares y carbohidratos refinados, y (4) comportamientos de autocuidado y prevención. Se analizó la dificultad y capacidad discriminativa de los ítems, así como la consistencia interna mediante coeficiente KR20.

Resultados: Todos los ítems presentaron dificultad adecuada (p entre 0,5 y 0,7). El cuestionario global obtuvo una fiabilidad aceptable ($KR20 = 0,716$) y la capacidad discriminativa fue satisfactoria, destacando la lectura de etiquetas nutricionales y la evitación de productos azucarados en el desayuno.

Discusión: El cuestionario SEDCADiet incorpora información hasta ahora no contemplada en cuestionarios previos de evaluación de la DM. Se propone una clasificación en tres categorías de adherencia, sobre una puntuación máxima de 16: necesita mejorar (≥ 5), hábitos mejorables (6-10) y buenos hábitos (≥ 11).

Conclusiones: El cuestionario SEDCADiet es una herramienta sencilla, fiable y aplicable en contextos clínicos, educativos y poblacionales, que permite evaluar integralmente tanto la adherencia a la DM como las conductas alimentarias saludables.

PALABRAS CLAVE

Dieta Mediterránea; Hábitos Alimentarios; Cuestionarios; Conducta Alimentaria; Adultos.

ABSTRACT

Introduction. The Mediterranean Diet (MD) is a dietary pattern with recognized health benefits, but existing question-

Correspondencia:
Jesús Román Martínez Álvarez
jesusroman@nutricion.org

naires to measure adherence have limitations of applicability in the contemporary adult population. Faced with this need, the Spanish Dietetic Society and Food Sciences (SEDCA) developed and validated a new instrument: the SEDCADiet questionnaire, designed to assess both diet quality and health-protective eating attitudes and behaviours.

Methodology. The study was proposed as a cross-sectional analysis based on *an online survey* distributed between 2021 and 2024, completed by 1,227 adults. The questionnaire consists of 16 dichotomous items distributed in four subscales: (1) frequent consumption of fresh products; (2) diverse diet and avoidance of processed foods; (3) avoidance of sugars and refined carbohydrates, and (4) self-care and prevention behaviors. The difficulty and discriminative capacity of the items were analyzed, as well as the internal consistency using the KR20 coefficient.

Results. All items presented adequate difficulty (p between 0.5 and 0.7). The global questionnaire obtained an acceptable reliability ($KR20 = 0.716$) and the discriminating capacity was satisfactory, highlighting the reading of nutritional labels and the avoidance of sugary products at breakfast.

Discussion. The SEDCADiet questionnaire incorporates information not previously considered in previous DM assessment questionnaires. A classification in three categories of adherence is proposed, out of a maximum score of 16: needs improvement (≥ 5), habits that can be improved (6-10) and good habits (≥ 11).

Conclusions. The SEDCADiet questionnaire is a simple, reliable tool that can be applied in clinical, educational and population contexts, which allows for a comprehensive assessment of both adherence to DM and healthy eating behaviours.

KEY WORDS

Mediterranean Diet; Feeding Behavior; Questionnaires; Eating Behavior; Adults.

ABREVIATURAS (por orden de aparición en el texto)

DM: Dieta mediterránea.

MDS: Mediterranean Diet Score .

MDQI: Mediterranean Diet Quality Index .

MAI: Mediterranean Adequacy Index.

MEDAS: Mediterranean Diet Adherence Screener.

PREDIMED: Prevención con Dieta Mediterránea.

KIDMED: Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents.

MDSS: Mediterranean Diet Serving Score.

MEDLIFE: Mediterranean Lifestyle Index.

INTRODUCCIÓN

La Dieta Mediterránea (DM) es un patrón alimentario ampliamente reconocido por sus efectos protectores sobre la salud cardiovascular y metabólica. Se caracteriza por un alto consumo de frutas, verduras, legumbres, cereales integrales y aceite de oliva, ingesta moderada de pescado y productos lácteos, y bajo consumo de carnes rojas y alimentos ultraprocesados¹. Este modelo dietético no solo favorece la prevención de enfermedades cardiovasculares, diabetes tipo 2 y obesidad, sino que también contribuye a la longevidad y al bienestar general, promoviendo hábitos alimentarios sostenibles y un estilo de vida saludable².

Para evaluar el grado de adherencia a este modelo, se han desarrollado diversos cuestionarios a lo largo de los años. Entre los más relevantes se encuentra el *Mediterranean Diet Score* (MDS) creado originalmente para la población griega, que asigna puntuaciones a nueve componentes de la dieta según su consumo diario³. Otro ejemplo es el *Mediterranean Diet Quality Index* (MDQI), adaptación del *Diet Quality Index*⁴, que incorpora la ingesta de aceite de oliva, pescado y sustitutos de la carne, aplicado inicialmente en población francesa⁵. El *Mediterranean Adequacy Index* (MAI) presenta un enfoque más complejo, ya que calcula la razón entre la energía aportada por alimentos típicamente mediterráneos y la derivada de alimentos no mediterráneos, ofreciendo así una medida global de adecuación a este patrón dietético⁶.

En España, los instrumentos más utilizados son el *Mediterranean Diet Adherence Screener*, (MEDAS) un cuestionario derivado del ensayo clínico sobre PREvención con DIeta MEDiterránea (PREDIMED), aplicado a más de 7.000 participantes adultos para estudiar la relación entre alimentos típicos de la dieta mediterránea y el riesgo cardiovascular⁷ y el *Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents* (KIDMED), diseñado para niños y adolescentes⁸. Otros cuestionarios recientes dirigidos a adultos incluyen el *Mediterranean Diet Serving Score* (MDSS), que evalúa el cumplimiento de las raciones recomendadas de alimentos característicos de la dieta mediterránea⁹ y el *Mediterranean Lifestyle Index* (MEDLIFE), que incorpora alimentación, actividad física y hábitos sociales, ofreciendo un enfoque más integral¹⁰.

No obstante, estos instrumentos presentan limitaciones importantes cuando se aplican a población adulta contemporánea. Algunos ítems reflejan hábitos alimentarios que han evolucionado en las últimas décadas; por ejemplo, el consumo de pasta y pan refinado, considerado ideal en cuestionarios históricos, ha sido reemplazado espontáneamente por versiones integrales. Esto se debe a que los productos integrales y ricos en fibra han demostrado, tener efectos beneficiosos sobre indicadores de salud—como la reducción de la mortalidad por causas específicas, obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes, o cáncer en comparación con los granos refinados—

mientras que el consumo excesivo de estos últimos, carece de ese valor nutricional, y, por ende, de dichos beneficios¹¹.

En el caso del alcohol, la mayor parte de los cuestionarios destinados a evaluar la adherencia a la DM, contabilizan el consumo de bebidas como vino o cerveza de manera positiva, aunque la evidencia más reciente indica que los niveles bajos de consumo no se asocian con una reducción significativa del riesgo de mortalidad en comparación con quienes no consumen alcohol a lo largo de su vida y, por el contrario, se relacionarían con un incremento del riesgo¹².

La evaluación de la DM en entornos clínicos y educativos se ve restringida por la complejidad de los instrumentos existentes, la variabilidad en la definición de porciones y la necesidad de procedimientos estadísticos complejos para el cálculo de las puntuaciones. Algunos cuestionarios requieren análisis detallado de la frecuencia y cantidad de alimentos, definición de cuartiles de consumo o la cuantificación en gramos en lugar de porciones, limitando su aplicabilidad práctica y la interpretación de resultados para recomendaciones individualizadas. Estas restricciones justifican el desarrollo de herramientas más simples, estandarizadas y adaptadas a la población adulta actual, capaces de evaluar la calidad de la dieta y los hábitos alimentarios de manera integral y directa.

En este contexto, la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA) ha desarrollado un nuevo cuestionario que facilita el análisis del seguimiento de la DM en la población adulta actual. La herramienta que se presenta está diseñada no solo para evaluar la adherencia a la DM, sino también para analizar actitudes y comportamientos relacionados con un patrón alimentario protector de la salud, incluyendo aspectos conductuales, motivacionales y actitudinales. Esta característica permite que el cuestionario sea especialmente útil para valorar cambios de comportamiento tras intervenciones educativas, como se ha comprobado en trabajos previos de la SEDCA junto con otras entidades como, por ejemplo, *el programa Vives-Emplea de Acción Contra el Hambre y el grupo de investigación EPINUT*¹³. Además, busca superar las limitaciones de los cuestionarios tradicionales y ofrecer una evaluación integral, sencilla y aplicable en entornos clínicos y educativos.

OBJETIVOS

El objetivo principal de este estudio fue diseñar y validar el cuestionario SEDCADiet como un instrumento actualizado para evaluar la calidad de la dieta y los hábitos alimentarios saludables en población adulta, incorporando no solo la adherencia a la DM, sino también las actitudes hacia comportamientos alimentarios protectores de la salud. De manera específica, se buscó:

1. Evaluar la dificultad y la capacidad discriminadora de cada ítem del cuestionario.

2. Analizar la fiabilidad interna del cuestionario global y de sus subescalas.
3. Establecer una clasificación de la puntuación total que permita identificar distintos niveles de adherencia a hábitos alimentarios saludables.

METODOLOGÍA

Diseño del estudio e instrumento de evaluación

Se diseñó un estudio transversal basado en encuesta *online*, difundida a través de la página web y canales de la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA) entre enero de 2021 y diciembre de 2024. La participación fue voluntaria y anónima, considerando como criterio de inclusión que la persona fuese mayor de 18 años y solicitando que los participantes prestaran su consentimiento informado antes de iniciar el cuestionario, cuyas preguntas se presentan en la Tabla 1. Consta de 16 ítems de respuesta dicotómica (Sí/No) y en cada uno de ellos, la contestación que refleja el hábito saludable puntúa positivamente (+1 punto), mientras que la respuesta alternativa no otorga puntuación (0 puntos). De este modo, la puntuación total del cuestionario oscila entre 0 y 16 puntos, siendo 16 el valor indicativo de una mejor calidad de la dieta y de los hábitos alimentarios.

En función de la temática abordada, los ítems se agrupan en cuatro subescalas, que corresponden a dimensiones relevantes del comportamiento alimentario: nutricional, conductual, motivacional y actitudinal. (Figura 1)

- Subescala de Consumo Frecuente de Productos Frescos (CFPF): ítems 1, 2, 3 y 6.
- Subescala de Dieta Diversa y Evitación de productos Procesados (DDEP): ítems 4, 5, 10 y 13.
- Subescala de Evitación del Azúcar y otros carbohidratos Refinados (EAR): ítems 7, 8, 11 y 12.
- Subescala de Comportamientos de Autocuidado y Prevención (CAP): ítems 9, 14, 15 y 16.

Cada subescala puede puntuar entre 0 y 4 puntos, siendo 4 el valor indicativo de un comportamiento más saludable y en consonancia con el patrón mediterráneo.

En la encuesta *online* no se recopilaron variables sociodemográficas (edad, nivel educativo), dado que el objetivo principal del trabajo fue examinar la validez y fiabilidad interna del cuestionario. Esta decisión metodológica permitió simplificar el proceso de recogida de datos y garantizar la confidencialidad de los participantes. En consecuencia, el análisis se centra de manera exclusiva en las propiedades psicométricas de las respuestas.

El estudio se llevó a cabo de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki¹⁴; al tratarse de una encuesta

Tabla 1. Cuestionario SEDCADiet de calidad de la dieta y hábitos alimentarios

Ítem	Formulación de la pregunta	Puntuación de la respuesta
1	¿Consumes al menos entre 2 y 3 piezas de fruta fresca todos los días?	Si = +1 punto No = 0 puntos
2	¿Consumes una ración completa de verdura y hortalizas de forma habitual en cada comida y en cada cena (en torno a un tercio o mitad de los platos)?	Si = +1 punto No = 0 puntos
3	¿Consumes semanalmente un mínimo de 2-3 raciones de legumbre?	Si = +1 punto No = 0 puntos
4	¿Sueles tomar frutos secos crudos o tostados (no fritos ni con sal) o semillas crudas o tostadas (de chía, lino, sésamo, girasol, calabaza...) de forma habitual en tu alimentación (varias veces a la semana)?	Si = +1 punto No = 0 puntos
5	Cuando consumes cereales de desayuno, pan, pasta, harinas ... ¿escoges la versión integral en lugar de los cereales blancos o refinados?	Si = +1 punto No = 0 puntos
6	¿Consumes semanalmente al menos 3-4 raciones de pescado (incluyendo latas de pescado) siendo algunas de ellas en forma de pescado azul?	Si = +1 punto No = 0 puntos
7	¿Consumes habitualmente cereales de desayuno azucarados, galletas, bollería, dulces (más de 3 veces a la semana de media)?	Si = 0 puntos No = +1 punto
8	¿Tomas refrescos ya sean azucarados o en su versión light o cero varias veces a la semana (más de 2 refrescos/semana)?	Si = 0 puntos No = +1 punto
9	Cuando compras alimentos envasados, ¿ lees el etiquetado nutricional para escoger las mejores opciones (sin azúcar añadido, con grasa de calidad, más bajo en sal, con harina integral...)?	Si = +1 punto No = 0 puntos
10	¿Consumes más de 4-5 raciones de carne y derivados cárnicos (embutidos, salchichas, preparados cárnicos...) a la semana?	Si = 0 puntos No = +1 punto
11	¿Incluyes en tus desayunos habitualmente cereales con azúcar, galletas, mermeladas comerciales, cacao azucarado, azúcar, bollería...?	Si = 0 puntos No = +1 punto
12	¿Sueles azucarar alimentos como el café o el yogur o recurrir a sus versiones ya azucaradas?	Si = 0 puntos No = +1 punto
13	¿Sueles emplear aceites refinados (de girasol, de palma, palmiste...) en lugar del aceite de oliva virgen para cocinar o compras a menudo productos que los contengan (precocinados, galletas, cereales de desayuno...)?	Si = 0 puntos No = +1 punto
14	¿Procuras habitualmente saltarte comidas para reducir el aporte calórico de la dieta, comer las menores cantidades posibles, practicar dietas muy restrictivas... hasta el punto de llegar con mucha hambre a la siguiente comida, sentir ansiedad por comer o encontrarte con malestar?	Si = 0 puntos No = +1 punto
15	¿Te saltas comidas o picoteas cualquier cosa entre horas para evitar parar en el trabajo, por falta de tiempo para preparar los menús...?	Si = 0 puntos No = +1 punto
16	¿Recurres a menudo a cenas rápidas a base de productos precocinados de peor calidad nutricional, pedir comida rápida, embutidos, galletas con leche o similares (2 o más veces a la semana)?	Si = 0 puntos No = +1 punto

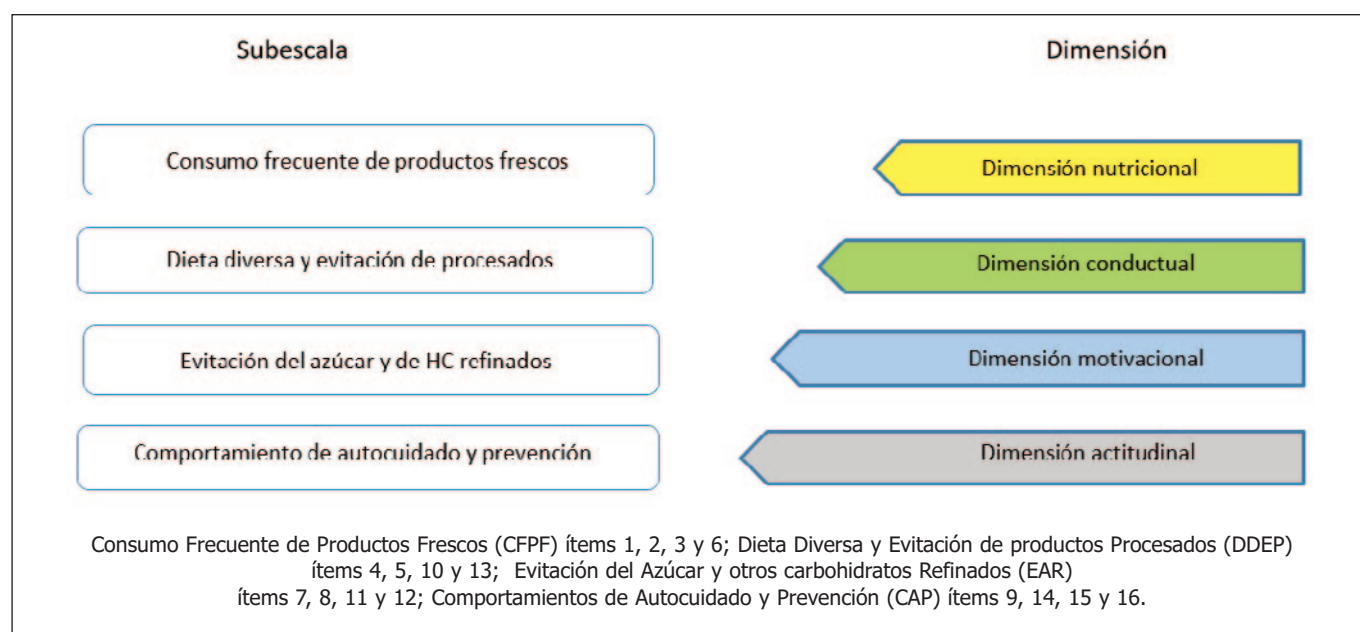


Figura 1. Subescalas y dimensiones que definen el comportamiento alimentario en el cuestionario SEDCADiet

anónima y voluntaria sin recogida de datos personales, no se consideró necesaria la aprobación por un comité de ética.

Análisis psicométrico de los ítems

Para analizar la dificultad de cumplimiento de cada ítem se empleó la metodología propuesta por el *International Institute for Educational Planning* de la UNESCO¹⁵ originalmente diseñada para instrumentos de evaluación de conocimientos (aprendizaje) de forma que clasifica los ítems como fáciles o difíciles en función de las respuestas acertadas o incorrectas. En el presente estudio, dado que se están evaluando comportamientos, este parámetro serviría para evaluar la facilidad o dificultad de cumplimiento con el comportamiento considerado saludable. La fórmula para el cálculo de la dificultad de cada ítem es $p = R / T$ donde:

p = dificultad del ítem

R = número de respuestas saludables obtenidas en ese ítem (las que puntúan +1)

T = total de respuestas recogidas en el ítem

Por tanto, el valor de la dificultad corresponde con la proporción de respuestas positivas expresada en valores entre 0 y 1 y se clasificará como "ítem demasiado difícil" si $p < 0,20$, "ítem válido" entre $0,20 - 0,90$ o "ítem demasiado fácil" si $p > 0,90$, siendo el valor óptimo de dificultad $p = 0,62$.

Así mismo, se evaluó la capacidad discriminatoria de cada ítem entendida como la capacidad de diferenciar correcta-

mente entre las personas en el grupo de puntuación más alta respecto a las de puntuación más baja. Para ello, se empleó la fórmula descrita por Kline¹⁶ que considera dentro de estos grupos al 27% de los casos en los extremos, lo que corresponde aproximadamente a una puntuación superior al percentil 73 y menor al percentil 27 respectivamente. La fórmula para calcular la capacidad discriminatoria es $D = (GS - GI) / n$ donde:

D = índice de discriminación

GS = grupo superior (personas que obtienen una puntuación total mayor al p73)

GI = grupo inferior (personas que obtienen una puntuación total menor al p27)

n = número de personas totales en los grupos superior e inferior

Los resultados de discriminación de cada ítem pueden variar entre -1 y +1 y se clasificaron según las recomendaciones de Ebel¹⁷ reportadas por Owvigho¹⁸, los ítems con resultado negativo deben ser eliminados y, los que obtienen un valor positivo, se clasificarían de forma que se considera un ítem con poca capacidad discriminante si $D < 0,19$, ítem con una capacidad aceptable si D está entre $0,20 - 0,29$, un ítem razonablemente bueno si está entre $0,30 - 0,39$ y un ítem muy bueno si $D \geq 0,40$.

El análisis de fiabilidad del instrumento y de sus dimensiones analíticas, se realizó en el software estadístico SPSS v.26 que, en el caso de ítems dicotómicos, aplica la fórmula de

Kuder-Richardson conocida como KR20 (IBM, 2022). En el caso de encontrar grandes discrepancias en la dificultad de los ítems se aplica la versión modificada KR21 (IBM, 2020). A continuación, se muestran las fórmulas a aplicar en cada caso:

$$KR20 = \frac{n}{n-1} \left(\frac{DS^2 - \sum PQ}{DS^2} \right) \quad KR21 = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{M - \frac{(M)^2}{n}}{DS^2} \right)$$

Donde:

n = número de ítems en el cuestionario

DS2 = varianza de las puntuaciones obtenidas (desviación estándar al cuadrado)

P = proporción de personas que puntúan positivamente (hábito saludable)

Q = proporción de personas que no puntúan (hábito no saludable)

M = media de las puntuaciones obtenidas

Junto al valor del coeficiente alfa, se proporciona el p-valor del test de chi-cuadrado de Cochran que es la prueba equivalente al ANOVA en el análisis de cuestionarios politómicos. De acuerdo con las recomendaciones de Bowling¹⁹ (2014) y Wombaker²⁰ (2018) el cuestionario se puede considerar fiable si el coeficiente alfa de Kuder-Richardson supera el valor 0.7.

RESULTADOS

La Tabla 2 recoge los resultados de dificultad y capacidad de discriminación de cada uno de los 16 ítems que componen el cuestionario. El ítem con mayor proporción de respuestas saludables fue el 14, relativo a las dietas restrictivas, y los que obtienen menos respuestas saludables, los ítems 5 y 6 relativos al consumo de cereales integrales y pescado. Se comprueba que no hay ningún ítem que sea muy fácil o muy difícil y, en la mayoría de ellos, los valores de dificultad se sitúan cercanos al óptimo.

En cuanto a la capacidad discriminatoria, los percentiles que delimitaron los grupos superior e inferior fueron 12 y 8 puntos, respectivamente. Los ítems con mejor capacidad discrimi-

Tabla 2. Análisis de la dificultad y capacidad discriminatoria de los ítems propuestos

Ítem	Respuestas saludables % (N)	Dificultad	Dificultad clasificada	Discriminación	Discriminación clasificada
1	52,7% (647)	0,53	Válida	0,32	Buena
2	59,5% (730)	0,60	Válida	0,29	Aceptable
3	69,1% (848)	0,69	Válida	0,15	Aceptable
4	53,1% (651)	0,53	Válida	0,33	Buena
5	50,0% (614)	0,50	Válida	0,33	Buena
6	50,0% (614)	0,50	Válida	0,28	Aceptable
7	63,2% (776)	0,63	Válida	0,38	Buena
8	68,4% (839)	0,68	Válida	0,31	Buena
9	53,1% (662)	0,53	Válida	0,41	Muy buena
10	46,6% (572)	0,47	Válida	0,30	Buena
11	66,2% (812)	0,66	Válida	0,40	Muy buena
12	64,8% (795)	0,65	Válida	0,34	Buena
13	78,6% (964)	0,79	Válida	0,28	Aceptable
14	81,4% (999)	0,81	Válida	0,18	Mala
15	72,5% (889)	0,73	Válida	0,29	Aceptable
16	73,9% (907)	0,74	Válida	0,35	Buena

nante fueron el 9, relacionado con la lectura de etiquetas nutricionales, y el 11, relativo al consumo de productos azucarados en el desayuno. De los 16 ítems, únicamente el ítem 14 mostró una baja capacidad discriminatoria.

Los resultados para el cuestionario global y las subescalas propuestas se muestran en la Tabla 3. Dado que la dificultad de los ítems es válida en todos los ítems y con valores entre 0,5 y 0,7 en la mayoría de los ítems, se empleó la fórmula KR20. El cuestionario global obtiene una consistencia interna aceptable con un coeficiente que supera el valor de 0,7. Entre las subescalas, la dimensión "Evitación del Azúcar y carbohidratos Refinados" alcanzó un valor ligeramente inferior, mientras que las demás subescalas mostraron valores más bajos.

La Tabla 4 presenta la contribución de cada ítem a la puntuación total y a la fiabilidad del cuestionario, incluyendo el coeficiente alfa y la variación en la puntuación si un ítem fuera eliminado. Ninguno de los ítems mostró correlación total corregida negativa, y la eliminación de cualquiera de ellos no aumentaría de manera significativa la fiabilidad ni alteraría la media o la varianza de la puntuación promedio, lo que

Tabla 3. Análisis de fiabilidad del cuestionario y las dimensiones analíticas

	Alfa de Kuder-Richardson	Chi ² de Cochran	
		Valor Q	p-valor
Cuestionario global (16 ítems)	0,716	1072,959	<0,001
Subescala CFPF (ítems 1, 2, 3 y 6)	0,328	121,034	<0,001
Subescala DDEP (ítems 4, 5, 10 y 13)	0,390	357,194	<0,001
Subescala EAR (ítems 7, 8, 11 y 12)	0,611	10,779	0,013
Subescala CAP (ítems 9, 14, 15 y 16)	0,479	304,396	<0,001

CFPF: Consumo frecuente de productos frescos; DDEP: Dieta diversa y evitación de procesados; EAR: Evitación del azúcar y carbohidratos refinados; CAP: Comportamiento de autocuidado y prevención.

Tabla 4. Análisis de la contribución de cada ítem a la puntuación y fiabilidad del cuestionario

Ítem	Media de escala si el ítem se suprime	Varianza de la escala si el ítem se suprime	Correlación total de los elementos corregida	Alfa de Kuder-Richardson si el elemento se suprime
1	9,50	9,702	0,289	0,705
2	9,44	9,763	0,275	0,707
3	9,34	10,427	0,070	0,727
4	9,50	9,588	0,327	0,701
5	9,53	9,556	0,337	0,700
6	9,53	9,952	0,205	0,714
7	9,40	9,346	0,431	0,689
8	9,35	9,694	0,324	0,701
9	9,50	9,260	0,441	0,688
10	9,57	9,724	0,282	0,706
11	9,37	9,323	0,451	0,687
12	9,38	9,617	0,339	0,700
13	9,25	9,840	0,327	0,701
14	9,22	10,330	0,147	0,717
15	9,31	9,854	0,284	0,705
16	9,29	9,486	0,433	0,690

indica un equilibrio consistente en la contribución de todos los ítems.

La puntuación promedio de la muestra fue de $10,03 \pm 3,29$ puntos. La Tabla 5 muestra la distribución de las puntuaciones en cada una de las subescalas propuestas. En general, no se observaron grandes diferencias entre las cuatro subescalas. Las dimensiones relacionadas con el consumo frecuente de alimentos específicos (CFPF y DDEP) presentaron una distribución similar, con aproximadamente 6% de los casos en la categoría mínima (0 puntos) y 16% en la categoría máxima (4 puntos). Por su parte, las subescalas asociadas a comportamientos (EAR y CAP) registraron una mayor concentración en la puntuación máxima, alrededor del 33%, mostrando también algo más de variabilidad en las categorías inferiores.

Finalmente, se evaluaron distintas clasificaciones de la puntuación final para definir categorías de hábitos alimentarios. Se planteó usar una clasificación de dos o tres categorías y dado que hay 17 posibles resultados, valor impar, una de las categorías debería contener un punto más que el resto. La Tabla 6 muestra la distribución de la muestra aplicando las cuatro posibles clasificaciones. Los autores deciden recomendar la adopción de la propuesta 4 (necesita mejorar ≤ 5 puntos; hábitos mejorables entre 6-10 puntos; buenos hábitos ≥ 11 puntos) para la clasificación del seguimiento de la DM. Ello permite establecer un paralelismo con algunos sistemas previos como el PREDIMED-Plus utilizado en el estudio de Alvarez et al. 2018²¹ que clasifica en tres niveles de adhesión o calidad de la dieta sobre una escala de 17 puntos (baja ≤ 7 ; media 7-11 y alta ≥ 11) o el empleado por San Onofre et al.²² quienes también consideran tres niveles de adecuación progresivos. Además, la clasificación propuesta (número 4) facilita la interpretación clínica y epidemiológica

Tabla 6. Distribución de la muestra según distintas propuestas de clasificación de la puntuación total del cuestionario

Propuesta 1		Hábitos mejorables	Buenos hábitos
		(≤ 8 puntos)	(≥ 9 puntos)
		31,1% (382)	68,9% (845)
Propuesta 2		Hábitos mejorables	Buenos hábitos
		(≤ 7 puntos)	(≥ 8 puntos)
		23,0% (282)	77,0% (945)
Propuesta 3	Necesita mejorar	Hábitos mejorables	Buenos hábitos
		(≤ 5 puntos)	(entre 6-11 puntos)
		10,7% (131)	54,0% (662)
Propuesta 4	Necesita mejorar	Hábitos mejorables	Buenos hábitos
		(≤ 5 puntos)	(entre 6-10 puntos)
		10,7% (131)	40,7% (499)

de los resultados obtenidos con el cuestionario, asegurando que las categorías reflejen diferencias claras entre los hábitos alimentarios entre los sujetos de la muestra.

DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio muestran que el cuestionario SEDCADiet presenta una validez aceptable en sus ítems y una consistencia interna global adecuada, lo que respalda su utilidad como herramienta para evaluar la calidad de la dieta y los comportamientos alimentarios saludables en po-

Tabla 5. Distribución de las puntuaciones totales obtenidas por los participantes en cada subescala del comportamiento alimentario contemplada en el cuestionario SEDCADiet

	Escala CFPF % (N)	Escala DDEP % (N)	Escala EAR % (N)	Escala CACP % (N)
0 puntos	5,9% (72)	5,6% (69)	7,5% (92)	3,7% (45)
1 punto	18,6% (228)	21,1% (259)	15,2% (187)	10,7% (131)
2 puntos	30,2% (370)	29,3% (359)	18,1% (222)	19,2% (235)
3 puntos	29,1% (357)	27,4% (336)	25,5% (313)	34,1% (418)
4 puntos	16,3% (200)	16,6% (204)	33,7% (413)	32,4% (398)

CFPF: Consumo frecuente de productos frescos; DDEP: Dieta diversa y evitación de procesados; EAR: Evitación del azúcar y carbohidratos refinados; CAP: Comportamiento de autocuidado y prevención.

blación adulta. La principal aportación de este cuestionario radica en su simplicidad y aplicabilidad clínica y poblacional, características especialmente relevantes en un contexto donde, a pesar de la abundancia de cuestionarios propuestos, muchos resultan poco prácticos en la práctica diaria.

Tal como señala la revisión crítica de Chiriaco et al.²³, en los últimos 25 años se han desarrollado una gran cantidad de instrumentos para evaluar la adherencia a la DM, pero su uso sigue siendo limitado debido a la complejidad de muchos de ellos, la falta de claridad en las puntuaciones y la ausencia de sugerencias prácticas para mejorar la dieta. La mayoría de los cuestionarios existentes requieren un análisis estructurado de frecuencias de consumo, la definición de cuartiles poblacionales o incluso estimaciones en gramos, lo cual dificulta su utilización en consultas con tiempo reducido o en contextos educativos y epidemiológicos. Frente a esta situación, el cuestionario SEDCADiet ofrece una propuesta directa y comprensible, que puede integrarse fácilmente en la consulta dietética y en programas de salud pública y educación nutricional, aportando además la evaluación de hábitos y conductas alimentarias más allá de la mera frecuencia de consumo.

El análisis de dificultad muestra que los ítems se distribuyen dentro de un rango adecuado, sin que ninguno resulte excesivamente fácil o difícil. Este hallazgo es positivo, ya que permite discriminar entre diferentes niveles de adherencia sin sesgos extremos. Además, la capacidad discriminatoria fue en general satisfactoria, destacando ítems como la lectura de etiquetas (ítem 9) o la evitación de productos azucarados en el desayuno (ítem 11).

La lectura de etiquetas nutricionales (ítem 9) se asocia con una mejor calidad dietética, incluyendo menor ingesta de azúcares añadidos y grasas saturadas como señalan Anastasiou et al.²⁴ y hasta una ingesta de 4 veces más de fibra²⁵ lo que subraya su valor como indicador de conductas alimentarias saludables.

Por su parte, el desayuno constituye una fuente importante de azúcares añadidos en la dieta, especialmente a través del consumo de cereales azucarados. Un estudio reciente de *JAMA Network Open*²⁶ muestra que el contenido de azúcar en estos cereales aumentó significativamente entre 2010 y 2023, contribuyendo de manera considerable a la ingesta diaria de azúcares añadidos en la población. Estos hallazgos apoyan la inclusión de este ítem como medida discriminativa de adherencia a hábitos alimentarios saludables, permitiendo distinguir entre cereales integrales sin azúcar añadido y cereales azucarados.

A diferencia de cuestionarios clásicos de adherencia a la dieta mediterránea, como el MDS³, el MDQI⁵, el MAI⁶ el MEDAS⁷, el KIDMED⁸, el MDSS⁹ y el MEDLIFE¹⁰, que solo puntúan positivamente el consumo de cereales sin discriminar entre azucarados y no azucarados ni incluyen ítems sobre lectura de etiquetas nutricionales, el cuestionario SEDCADiet incorpora

explícitamente ambos aspectos, mejorando su capacidad para identificar comportamientos dietéticos más precisos y saludables.

En cuanto al consumo de fruta, SEDCADiet incluye un ítem que distingue entre fruta fresca y zumo, preguntando si se consumen 2-3 piezas de fruta al día. Esta diferenciación es relevante, ya que los efectos metabólicos y en la salud global de la fruta entera y los zumos derivados no es equiparable²⁷. A diferencia de cuestionarios clásicos de adherencia a la DM, como los anteriormente citados MDS, MDQI, MAI, MEDAS, KIDMED, MDSS y MEDLIFE, que en sus versiones originales no hacían esta distinción, SEDCADiet y la versión más reciente del KIDMED (2.0)²⁸ incorporan este detalle, permitiendo una evaluación más precisa de la adherencia a hábitos alimentarios saludables.

Por último, destacar la inclusión del ítem 10 "¿Consumes más de 4-5 raciones de carne y derivados cárnicos (embutidos, salchichas, preparados cárnicos...) a la semana?". Este punto es relevante porque aborda un aspecto específico de la dieta que no se evalúa de manera tan detallada en otros cuestionarios de adherencia a la DM. Mientras que herramientas como MEDAS o KIDMED solo consideran carne roja o productos procesados, y otros cuestionarios como el MDS, el MDQI y el MAI no incluyen preguntas específicas sobre el consumo de carne.

La inclusión de este ítem número 10, permite evaluar de manera integral la ingesta de carne y derivados cárnicos, lo cual es relevante, ya que no solo el consumo excesivo de carne roja y procesada puede tener efectos negativos sobre la salud, sino que también está demostrado que reducir la ingesta global de carne en favor de proteínas vegetales aporta importantes beneficios para la salud²⁹ y, al mismo tiempo, resulta más sostenible para el medio ambiente³⁰.

Un aspecto particular que comentar es la baja capacidad discriminante del ítem 14, relativo a las dietas restrictivas. Aunque desde un punto de vista psicométrico podría cuestionarse su inclusión, se ha decidido mantenerlo en la herramienta debido a la relevancia clínica y de salud pública de esta conducta. La práctica de dietas muy restrictivas y la tendencia a saltarse comidas como estrategia para adelgazar no solo comprometen el bienestar físico a corto plazo, sino que constituyen un factor de riesgo importante para el desarrollo de trastornos de la conducta alimentaria y problemas de salud mental³¹.

Además, el ítem 15, que indaga sobre saltarse comidas o picotear entre horas por falta de tiempo, es relevante, ya que la literatura evidencia que los horarios de comida desorganizados se asocian con una peor calidad de la dieta y un mayor consumo de alimentos ultraprocesados, lo que incrementa el riesgo de enfermedades metabólicas y cardiovasculares³². Este aspecto tampoco se contempla en otros cuestionarios de adherencia a la DM o de evaluación de la calidad dietética.

El presente trabajo presenta limitaciones que deben ser tenidas en cuenta. En primer lugar, al tratarse de una encuesta online voluntaria, no se dispone de información sociodemográfica de la muestra (edad, sexo, nivel educativo), lo que impide analizar la validez del cuestionario en subgrupos poblacionales específicos. Además, este método de recogida puede haber introducido un sesgo de selección, ya que es posible que personas de mayor edad o con menor alfabetización digital hayan estado infrarrepresentadas.

En segundo lugar, aunque el cuestionario mostró una buena consistencia global, las subescalas individuales presentaron valores de fiabilidad más bajos, lo que sugiere que será necesario seguir evaluando y refinando estos dominios en futuras investigaciones. Finalmente, aunque se ha demostrado la validez interna de los ítems, todavía no se han realizado estudios de validez externa que comparen el cuestionario con biomarcadores de adherencia dietética u otros instrumentos validados.

A pesar de estas limitaciones, el estudio presenta fortalezas importantes que refuerzan su relevancia práctica. El cuestionario SEDCADiet destaca por su simplicidad, utilidad clínica, poblacional y rapidez de aplicación, lo que lo convierte en un recurso valioso para profesionales que trabajan en contextos de tiempo limitado. Además, su enfoque va más allá de la mera frecuencia de consumo, incorporando actitudes, conductas de autocuidado y dimensiones motivacionales, lo que permite una evaluación más completa de la calidad dietética y de los hábitos saludables. Estas características facilitan la identificación de áreas de mejora en la dieta y apoyan intervenciones individualizadas, programas educativos, e intervenciones en el marco de la epidemiología nutricional.

Para consolidar su utilidad, futuros estudios deberían validar el cuestionario en poblaciones más amplias y diversas, incluyendo distintos grupos de edad y condiciones clínicas; evaluar la estabilidad temporal del instrumento mediante análisis test-retest; explorar la validez predictiva en relación con desenlaces de salud o indicadores clínicos de riesgo cardiovascular y metabólico; y comparar el cuestionario con otros instrumentos validados y con biomarcadores, para reforzar su validez externa y capacidad de seguimiento longitudinal.

CONCLUSIONES

El cuestionario SEDCADiet, diseñado para ser sencillo, aplicable y clínicamente útil, proporciona un nuevo instrumento para evaluar la adherencia a la DM en población adulta. Tras un riguroso análisis psicométrico, se ha demostrado que presenta una validez interna aceptable y una consistencia global adecuada, lo que respalda su uso para identificar hábitos alimentarios saludables y conductas de autocuidado.

Gracias a su simplicidad y enfoque en actitudes y comportamientos, SEDCADiet puede integrarse fácilmente en la práctica clínica y en programas de educación nutricional, facilitando

la identificación de áreas de mejora en la dieta y la planificación de intervenciones individualizadas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a todas las personas que participaron en el estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kiani AK, Medori MC, Bonetti G, Aquilanti B, Velluti V, Matera G, Iaconelli A, Stuppia L, Connelly ST, Herbst KL, Bertelli M. Modern vision of the Mediterranean diet. *J Prev Med Hyg.* 2022 Oct 17;63(2 Suppl 3):E36-E43. doi: 10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2745.
2. Dominguez LJ, Di Bella G, Veronese N, Barbagallo M. Impact of Mediterranean Diet on Chronic Non-Communicable Diseases and Longevity. *Nutrients.* 2021 Jun 12;13(6):2028. doi: 10.3390/nu13062028.
3. Trichopoulou A, Kouris-Blazos A, Wahlqvist ML, Gnardellis C, Lagiou P, Polychronopoulos E, et al. Diet and overall survival in elderly people. *BMJ.* 1995;311(7018):1457-60. doi: 10.1136/bmj.311.7018.1457.
4. Patterson RE, Haines PS, Popkin BM. Diet quality index: capturing a multidimensional behavior. *J Am Diet Assoc.* 1994 Jan; 94(1):57-64. doi: 10.1016/0002-8223(94)92042-7.
5. Gerber M. Qualitative methods to evaluate Mediterranean diet in adults. *Public Health Nutr.* 2006 Feb;9(1A):147-51. doi: 10.1079/phn2005937.
6. Alberti A, Fruttini D, Fidanza F. The Mediterranean Adequacy Index: further confirming results of validity. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2009 Jan;19(1):61-6. doi: 10.1016/j.numecd.2007.11.008.
7. Estruch R, Ros E, Salas-Salvadó J, Covas MI, Corella D, Arós F, et al. Primary prevention of cardiovascular disease with a Mediterranean diet. *N Engl J Med.* 2013;368:1279-90. doi: 10.1056/NEJMoa1200303.
8. Serra-Majem L, Ribas L, Ngo J, Ortega RM, García A, Pérez-Rodrigo C, Aranceta J. Food, youth and the Mediterranean diet in Spain. Development of KIDMED, Mediterranean Diet Quality Index in children and adolescents. *Public Health Nutr.* 2004 Oct; 7(7):931-5. doi: 10.1079/phn2004556.
9. Monteagudo C, Mariscal-Arcas M, Rivas A, Lorenzo-Tovar ML, Tur JA, Olea-Serrano F. Proposal of a Mediterranean Diet Serving Score. *PLoS One.* 2015 Jun 2;10(6):e0128594. doi: 10.1371/journal.pone.0128594.
10. Sotos-Prieto M, Moreno-Franco B, Ordovás JM, León M, Casasnovas JA, Peñalvo JL. Design and development of an instrument to measure overall lifestyle habits for epidemiological research: the Mediterranean Lifestyle (MEDLIFE) index. *Public Health Nutr.* 2015 Apr;18(6):959-67. doi: 10.1017/S1368980014001360.
11. Liu H, Zhu J, Gao R, Ding L, Yang Y, et al. Estimating effects of whole grain consumption on type 2 diabetes, colorectal cancer

- and cardiovascular disease: a burden of proof study. *Nutr J*. 2024 May 14;23(1):49. doi: 10.1186/s12937-024-00957-x.
12. Zhao J, Stockwell T, Naimi T, Churchill S, Clay J, Sherk A. Association Between Daily Alcohol Intake and Risk of All-Cause Mortality: A Systematic Review and Meta-analyses. *JAMA Netw Open*. 2023 Mar 1;6(3):e236185. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2023.6185.
 13. Acción Contra el Hambre – EPINUT. Vives – Emplea saludable. Innovación social en la inserción laboral: promoción de hábitos de vida saludable y su impacto en el empleo. Madrid, 2024. Disponible en URL: <https://accioncontraelhambre.us21.list-manage.com/track/click?u=ebf6f8a6fc3e3b4bfa9452abc&id=ba78785130&e=244aa96ae7>
 14. Editorial E. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial. *Arbor* [Internet]. 30 de abril de 2008 [citado 24 de septiembre de 2025];184(730):349-52. Disponible en: <https://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/183>
 15. Izard J. For Educational Planning II. Trial testing and item analysis in test construction. Paris: International Institute for Educational Planning/UNESCO; 2005.
 16. Kline TJ. Classical test theory: Assumptions, equations, limitations, and item analyses. In: *Psychological testing: A practical approach to design and evaluation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 2005. p. 107–66.
 17. Ebel RL. *Essentials of educational measurement*. Prentice Hall; 1972.
 18. Owigbo BO. Empirical demonstration of techniques for computing the discrimination power of a dichotomous item response test. *IOSR J Res Method Educ*. 2013;3(2):12–17.
 19. Bowling A. *Research methods in health: Investigating health and health services*. UK: McGraw-Hill Education; 2014.
 20. Wombacher K. Reliability, Kuder-Richardson formula. In: Allen M, editor. *The SAGE encyclopedia of communication research methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications; 2018.
 21. Álvarez-ÁlvarezMartínez-González MÁ, Sánchez-Tainta A, Corella D, Díaz-López A, Fitó M, et al. Adherence to an Energy-restricted Mediterranean Diet Score and Prevalence of Cardiovascular Risk Factors in the PREDIMED-Plus: A Cross-sectional Study. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*. 2019 Nov;72(11):925-934. English, Spanish. doi: 10.1016/j.rec.2018.08.010. Epub 2018 Oct 2. PMID: 30287240.
 22. San Onofre Bernat Nadia, Trescastro-López Eva MaríaQuiles Izquierdo Joan. Diferente clasificación de una población adulta por dos índices validados de adherencia a la dieta mediterránea. *Nutr. Hosp.* [Internet]. 2019 Oct [citado 2025 Oct 26]; 36(5): 1116-1122. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000500018&lng=es. Epub 24-Feb-2020.
 23. Chiriaco M, Tubili C, Bo S, Parillo M, Vetrani C, Mazzotti A, Pistis D, Marelli G, Grandone I, Natali A. Critical evaluation of the questionnaires assessing adherence to the Mediterranean diet that are based on servings. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2023 Apr;33(4):724-36. doi: 10.1016/j.numecd.2023.01.024.
 24. Anastasiou K, Miller M, Dickinson K. The relationship between food label use and dietary intake in adults: A systematic review. *Appetite*. 2019 Jul 1;138:280-91. doi: 10.1016/j.appet.2019.03.025.
 25. Sortz MA. Nutrition facts labels: who is actually reading them and does it help in meeting intake recommendations for nutrients of public health concern? *BMC Public Health*. 2023 Oct 7;23(1):1947. doi: 10.1186/s12889-023-16859-2.
 26. Zhao S, Li Q, Chai Y, Zheng Y. Nutritional Content of Ready-to-Eat Breakfast Cereals Marketed to Children. *JAMA Netw Open*. 2025;8(5):e2511699. doi:10.1001/jamanetworkopen.2025.11699
 27. Mavadiya HB, Roh D, Ly A, Lu Y. Whole Fruits Versus 100% Fruit Juice: Revisiting the Evidence and Its Implications for US Healthy Dietary Recommendations. *Nutr Bull*. 2025 Sep;50(3):411-20. doi: 10.1111/mbu.70009.
 28. López-Gajardo MA, Leo FM, Sánchez-Miguel PA, López-Gajardo D, Soulas C, Tapia-Serrano MA. KIDMED 2.0, An update of the KIDMED questionnaire: Evaluation of the psychometric properties in youth. *Front Nutr*. 2022 Nov 8;9:945721. doi: 10.3389/fnut.2022.945721. PMID: 36424923; PMCID: PMC9679638.
 29. Glenn AJ, Wang F, Tessier AJ, Manson JE, Rimm EB, Mukamal KJ, Sun Q, Willett WC, Rexrode KM, Jenkins DJ, Hu FB. Dietary plant-to-animal protein ratio and risk of cardiovascular disease in 3 prospective cohorts. *Am J Clin Nutr*. 2024 Dec;120(6):1373-86. doi: 10.1016/j.ajcnut.2024.09.006.
 30. Van Daalen KR, Tonne C, Semenza JC, Rocklöv J, Markandya A, Dasandi N, et al. The 2024 Europe report of the Lancet Countdown on health and climate change: unprecedented warming demands unprecedented action. *Lancet Public Health*. 2024 Jul;9(7):e495-e522. doi: 10.1016/S2468-2667(24)00055-0. Erratum in: *Lancet Public Health*. 2024 Jul;9(7):e420. doi: 10.1016/S2468-2667(24)00129-4.
 31. Fan J, Nagata JM, Cuccolo K, Ganson KT. Associations between dieting practices and eating disorder attitudes and behaviors: Results from the Canadian study of adolescent health behaviors. *Eat Behav*. 2024 Aug;54:101886. doi: 10.1016/j.eatbeh.2024.101886.
 32. Wennberg M, Gustafsson PE, Wennberg P, Hammarström A. Irregular eating of meals in adolescence and the metabolic syndrome in adulthood: results from a 27-year prospective cohort. *Public Health Nutr*. 2016 Mar;19(4):667-73. doi: 10.1017/S1368980015001445.

Recursos web:

- IBM SPSS Statistics. Kuder-Richardson reliability coefficients KR20 and KR21. 2020 [cited 2025 Sep 9]. Available from: <https://www.ibm.com/support/pages/kuder-richardson-reliability-coefficients-kr20-and-kr21>
- IBM SPSS Statistics. Análisis de fiabilidad: estadísticos. 2021 [cited 2025 Sep 9]. Available from: https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/25.0.0?topic=SSLVMB_25.0.0/spss/base/idh_reli_sta.htm
- Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA). SEDCA: Sociedad científica de profesionales de la alimentación y nutrición. 1986 [cited 2025 Sep 9]. Available from: <https://nutricion.org>

Caracterización y formulación de una bebida en polvo a base de suero de leche, mezquite (*Prosopis spp*), cebada y proteína de arroz integral: evaluación fisicoquímica y sensorial

Characterization and formulation of a powdered beverage based on whey, mesquite (*Prosopis spp*), rice protein and barley: Physicochemical and Sensory Evaluation

Gloria Nieves ACEVEDO OSORIO, Paulina Itzel CALVARIO YÁÑEZ, María Elena CAMACHO PARRA, Margarita MONTIEL ROMERO

Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Ciudad de México, México.

Recibido: 6/octubre/2025. Aceptado: 5/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: En México el consumo de bebidas endulzadas (85.8%) provocó un aumento en peso y diabetes, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 (ENSANUT). El desarrollo de bebidas saludables y funcionales para la población en general y con padecimientos presentan beneficio si se integra en su dieta: Suero de leche fuente de aminoácidos ramificados y mejora el metabolismo de lípidos; mezquite presenta bajo índice glucémico, bajo contenido de carbohidratos, libre de gluten y alto en fibra dietética; cebada rica en vitaminas, minerales y alta en fibra dietética; proteína de arroz integral contiene algunos aminoácidos esenciales.

Objetivos: Formular y caracterizar una bebida en polvo a base de suero de leche, mezquite (*Prosopis spp*), cebada y proteína de arroz integral, con referencia a los requerimientos de la NOM-015-SSA2-2010.

Material y Métodos: Se evaluaron propiedades fisicoquímicas (humedad, cenizas, proteína, extracto etéreo, fibra dietética y carbohidratos), microbiológicas y caracterización (tamaño de partícula, densidad aparente y compactada, ángulo de reposo, fluidez, índice de humectabilidad, de solubilidad e

insolubilidad y pH) a materias primas y producto terminado. Se propusieron 4 formulaciones tomando como referencia los requerimientos en la NOM-015-SSA2-2010. Se realizaron evaluaciones sensoriales de nivel de agrado.

Resultados y discusión: De las 4 formulaciones se seleccionó la formulación 1, por los resultados de su caracterización y características fisicoquímicas: menor índice de insolubilidad 5mL/50mL muestra, mayor índice de solubilidad 90% y menor tiempo de humectabilidad 126s. La evaluación sensorial final (nivel de agrado) con 120 sujetos voluntarios, de 3 sabores evaluados, vainilla fue el de mayor agrado.

Conclusiones: La integración de las materias primas propuestas permitió la obtención de una bebida con aporte calórico de 198.37 kcal por ración de 52g, puede integrarse en una dieta habitual, al incluirla como colación, será un apoyo para evitar ayunos prolongados y el consumo de productos azucarados.

PALABRAS CLAVE

Formulación; bebida; polvo; funcional.

ABSTRACT

Introduction: In Mexico, the consumption of sweetened beverages (85.8%) led to weight gain and diabetes, according to the 2018 National Health and Nutrition Survey (ENSANUT). The development of healthy and functional beverages for the general population and for individuals

Correspondencia:
Acevedo Osorio Gloria Nieves
gloria.acevedoo@incmnsz.mx

with specific health conditions presents benefits if integrated into their diet: Whey is a source of branched-chain amino acids and improves lipid metabolism; mesquite has a low glycemic index, low carbohydrate content, is gluten-free, and high in dietary fiber; barley is rich in vitamins and minerals and high in dietary fiber; Brown rice protein contains some essential amino acids

Objectives: Objectives: To formulate and characterize a powdered beverage based on whey, mesquite (*Prosopis spp*), barley, and brown rice protein, using the requirements of NOM-015-SSA2-2010 as a reference.

Materials and Methods: Physicochemical properties (moisture, ash, protein, ether extract, dietary fiber, and carbohydrates), microbiological parameters, and characterization (particle size, bulk and tapped density, angle of repose, flowability, wettability index, solubility and insolubility index, and pH) were evaluated for both raw materials and the final product. Four formulations were proposed according to the requirements established in NOM-015-SSA2-2010. Sensory evaluations of acceptability levels were carried out.

Results and Discussion: Among the four formulations, formulation 1 was selected due to its physicochemical characteristics and performance: lower insolubility index (5mL/50mL sample), higher solubility index (90%), and shorter wettability time (126s). The final sensory evaluation (acceptability level) with 120 volunteers showed that, among the three flavors tested, vanilla was the most preferred.

Conclusions: The integration of the proposed raw materials allowed for the production of a beverage with a caloric content of 198.37 kcal per 52g serving. It can be integrated into a regular diet, and by including it as a snack, it will help to avoid prolonged fasting and the consumption of sugary products.

KEYWORDS

Formulation; beverage; powder; functional.

ABREVIATURAS

ENSANUT: Encuesta Nacional de Salud y Nutrición.

UNAM: Universidad Nacional Autónoma de México.

INCMNSZ: Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán.

ANOVA: Análisis de varianza.

NOM: Norma Oficial Mexicana.

NMX: Norma Mexicana.

INTRODUCCIÓN

En México, con base en la ENSANUT 2018, hasta el momento vigente, en la categoría de los alimentos no recomen-

dables para una población de edad de más de 20 años, el consumo de bebidas endulzadas fue de un 85.8 % y en bebidas lácteas endulzadas el 16.8 %¹. Este consumo conlleva a un aumento excesivo de peso corporal, que es un proceso gradual, y que puede iniciar desde la infancia y adolescencia, a partir de un desequilibrio entre la ingesta de alimentos y el gasto energético que se tenga de estos, entre otros factores².

Por otra parte, presentar obesidad o sobrepeso aumenta el riesgo de padecer otras afecciones como enfermedades coronarias, diabetes tipo 2, cáncer, hipertensión arterial, dislipidemia, accidente cerebrovascular, enfermedad de hígado y vesícula, apnea del sueño, problemas respiratorios, problemas ginecológicos, entre otros^{1,3}.

En 2018, se reportó que del 12 al 14 % de la población mayor de 20 años fueron diagnosticados con diabetes, y los estados donde hubo mayor prevalencia según la ENSANUT fueron: Campeche, Tamaulipas, Hidalgo, Ciudad de México y Nuevo León. Para las personas con sobrepeso y obesidad los resultados obtenidos corresponden al 75.2 % (39.1 % sobrepeso y 36.1 % obesidad), en 2012 se reportó el 71.3 %¹. De acuerdo con estas estadísticas, estos grupos poblacionales son a los que se deben poner atención para el desarrollo de productos que, además de garantizar un buen estado nutricional, permita mantener un equilibrio metabólico normal, evitando de primera instancia variaciones glucémicas⁴; por lo que se requiere desarrollar alimentos y bebidas que sean adecuados para personas que viven con diabetes y con obesidad, caracterizados por un bajo aporte energético, libres de hidratos de carbono simples o bien formulados con materias primas que no produzcan un efecto rápido hiperglucémico. Por ejemplo, bebidas instantáneas como alternativa para cubrir las necesidades de la población por ser de consumo rápido, así como, utilizar diferentes ingredientes que contengan componentes y nutrimentos como: carbohidratos, lípidos, proteínas y que cumpla con los requerimientos nutricionales de personas con diabetes y con obesidad para consumir como colación y evitar ayunos prolongados.

Con base en lo anterior se propone el desarrollo de una bebida en polvo con las siguientes materias primas innovadoras por su funcionalidad:

- Proteína de arroz integral: Fuente de aminoácidos esenciales con presencia limitante de lisina, es una opción adecuada para personas que sufren alergias o intolerancias alimentarias al gluten, soja, huevo o a los lácteos, puede ayudar a la pérdida de peso y al control de este, reduce el colesterol en conjunto con una dieta balanceada^{6,7}.
- Mezquite en polvo: Es una leguminosa libre de gluten con bajo índice glucémico. La proteína contiene 8 aminoácidos esenciales, es una harina baja en carbohidratos, lípidos y alta en fibra dietética⁸.

- Harina de cebada: Contiene 10 % de proteína, es rica en vitaminas, minerales, ácidos grasos esenciales y es una buena fuente de fibra dietética, la integración de este en una dieta balanceada en conjunto con actividad física podría beneficiar a un buen mantenimiento de la salud, debido al porcentaje de esta que se va a utilizar para formular, no se tendrá impacto significativo en el contenido de hidratos de carbono⁶.
- Suero de leche: Presenta aminoácidos ramificados, los cuales tienen un efecto en el funcionamiento del sistema inmune, aporta minerales y oligoelementos de los cuales destacan calcio, potasio, fósforo, magnesio, sodio, zinc, hierro y cobre. Su integración en una alimentación balanceada y alta en fibra puede ayudar a normalizar el funcionamiento del sistema digestivo promoviendo una correcta estimulación de movimientos intestinales, además de promover una mejora en el metabolismo de los lípidos⁹.

Basada en los requerimientos establecidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus⁵, para su consumo como colación, conocer el nivel de agrado de la bebida y el sabor de preferencia de acuerdo con sus atributos.

OBJETIVOS

Formular y caracterizar una bebida en polvo a base de suero de leche, mezquite (*Prosopis spp*), cebada y proteína de arroz integral, tomando como referencia los requerimientos de la NOM-015-SSA2-2010.

MATERIALES Y MÉTODOS

La normatividad utilizada como referencia para el desarrollo del proyecto corresponden a Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y Normas Mexicanas (NMX).

Materias primas y acondicionamiento de la bebida

Se realizó una búsqueda de proveedores de las materias primas (Proteína de arroz integral, mezquite, cebada y suero de leche) para el desarrollo de la bebida, que estuvieran disponibles en el mercado nacional y que contaran con las características de calidad para la elaboración de la mezcla en polvo.

Se utilizó un secador atmosférico de charolas marca APEX, modelo SSE17M, para obtener una humedad máxima de 5 % en las materias primas de acuerdo con la NOM-218-SSA1-2011¹⁰, con una temperatura máxima de 55 °C.

Elaboración de la mezcla para la bebida en polvo

La mezcla para la bebida en polvo se basó en los requerimientos de personas con diabetes y obesidad tomando como referencia la NOM-015-SSA2-2010⁵, donde se mencionan los valores calóricos totales por día para pacientes con diabetes.

En la Figura 1 se muestra el diagrama de proceso utilizado para la elaboración de la bebida.

Análisis Químico

Se realizaron las siguientes determinaciones: humedad y sólidos (NOM-116-SSA1-1994¹¹), cenizas (NMX-F-607-NORMEX-2020¹²), proteína (NMX-F-608-NORMEX-2011¹³), extracto etéreo (NMX-F-615-NORMEX-2018¹⁴), fibra dietética (NOM-086-SSA1-1994¹⁵), hidratos de carbono (cálculo por diferencia) llevados a cabo en el Laboratorio de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Análisis Físico

Se realizó la caracterización de polvos con las siguientes pruebas: índice de insolubilidad (NMX-F-734-COFOCALEC-2009¹⁶), índice de humectabilidad¹⁷, índice de solubilidad¹⁸, tamaño de partícula (granulometría) con el tamizador Ro-Tap marca Tyler Industrial Products, modelo B (NMX-F-303-SCFI-2011¹⁹), pH (NMX-F-317-NORMEX-2013²⁰), densidad aparente²¹, densidad compactada²², ángulo de reposo²³, fluidez²³ y mezclado con una mezcladora de pantalón marca MICRON modelo RVVTLTS (MPO-PP-20²⁴). Todas las pruebas se realizaron por triplicado en la Planta Piloto del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ).

Análisis microbiológico

Se realizó el análisis microbiológico con las siguientes determinaciones: Cuenta de bacterias mesófilas (NOM-092-SSA1-1994²⁵), *Salmonella* en alimentos (NOM-114-SSA1-1994²⁶), bacterias coliformes totales. Técnica del número más probable (NOM-210-SSA1-2014²⁷) y *Escherichia coli*, número más probable (NOM-210-SSA1-2014²⁷) llevados a cabo en el Laboratorio de Microbiología, del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del INCMNSZ.

Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial se realizó en un período de tres días en un horario de 10:00 a 14:00 h con 120 sujetos voluntarios entre 18 y 60 años, que fueran de preferencia consumidores de bebidas proteicas, con cereales o leguminosas. Se invitó a personal y público en general que se encontraban dentro del INCMNSZ, evaluaron 3 muestras de bebida, con la misma formulación y diferente sabor (vainilla, café y chocolate) mediante la prueba de nivel de agrado con una escala hedónica de 5 puntos. Se descartaron aquellos sujetos voluntarios que presentaran alergias o intolerancias alimentarias, haber consumido alimentos antes de la prueba, fumado, tomado café o haber mascado chicle al menos una hora antes de la evaluación. Los resultados se analizaron con el programa JAMOV²⁸, utilizando

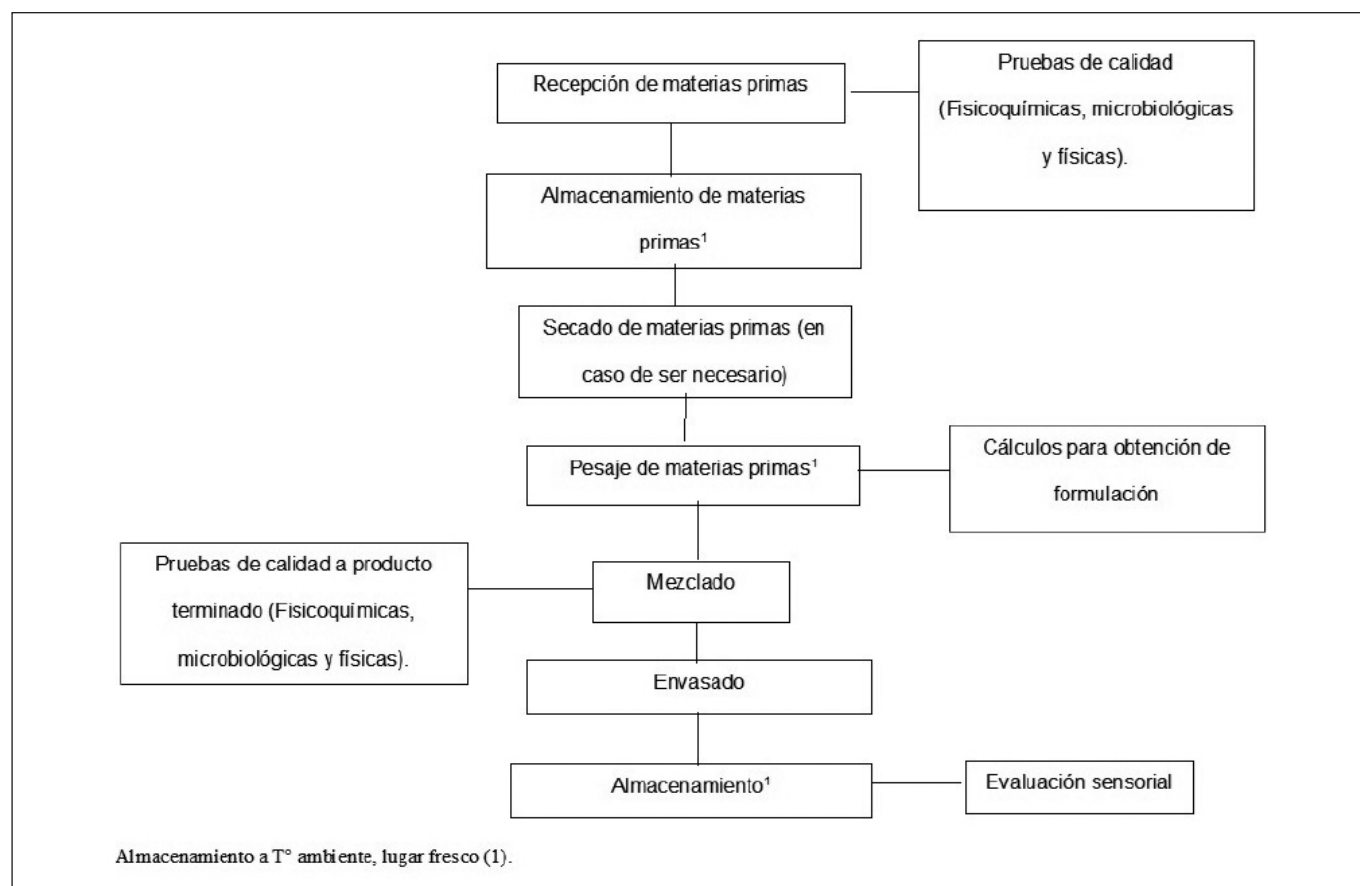


Figura 1. Diagrama de proceso

análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas, prueba no paramétrica de Friedman. Esta Evaluación Sensorial se realizó en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos del INCMNSZ.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se presenta el análisis fisicoquímico para determinar la composición química de las materias primas y las determinaciones físicas, que permiten la caracterización de los polvos con la finalidad de conocer su comportamiento durante la integración de la mezcla de polvos, como su solubilidad, dispersión, entre otras que permitieron el cálculo de las 4 formulaciones (Tabla 2) para la bebida en polvo, la cual se basó en los requerimientos de la NOM-015-SSA2-2010⁵ antes mencionada.

En cuanto a los resultados microbiológicos a las materias primas, se encuentran dentro de los límites permitidos de acuerdo con la normatividad vigente (ver sección de materiales y métodos).

A partir de los resultados (Tabla 2) se seleccionaron las formulaciones 1 y 2, a las cuales se les realizó una prueba de

Evaluación Sensorial de aceptación con 10 sujetos voluntarios para seleccionar una formulación, con una aceptación del 70 % para la formulación 1.

En la Tabla 3 se muestran los resultados del análisis fisicoquímico de la formulación 1, así como los valores energéticos y nutricionales de una ración de 52 g de la bebida, la cual aporta 198.37 kcal y 4.98 g de fibra, que se compara de acuerdo con los requerimientos diarios de una dieta de 1600 kcal en función de lo mencionado en el punto 8.4.4 y el apéndice normativo B² de la norma mexicana NOM-015-SSA2-2010. En la Tabla 4 están las escalas utilizadas para la prueba de nivel de agrado que se realizó a 120 sujetos (dulzor, sabor y amargor). Para la preparación de la bebida se adicionaron 52 g de polvo en 200 mL de agua.

Los resultados obtenidos de la prueba de la Evaluación Sensorial se analizaron estadísticamente con el programa JAMOV²⁸.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados físicos que se muestran en la Tabla 1, se observa que el tamaño de partícula de las ma-

Tabla 1. Análisis Fisicoquímicos de las materias primas

Determinación Química	Proteína de arroz	Harina de cebada	Suero de leche	Mezquite en polvo
Materia seca (%)	97.04	86.94	98.33	93.47
Humedad (%)	2.96	13.06	1.67	6.53
Proteína cruda (%)	78.95	11.52	9.03	12.14
Extracto etéreo (%)	5.41	2.85	0.69	15.58
Cenizas (%)	1.40	2.31	7.80	7.19
Fibra cruda (%)	1.03	4.93	0.00	5.55
Extracto libre de Nitrógeno (%)	10.25	65.34	80.81	53.00
Determinación Física				
Tamaño de partícula (mm)	< 0.074	0.074	< 0.074	< 0.074
pH	5	4	5	4
Densidad aparente (g/mL) *	0.38	0.49	0.68	0.51
Densidad compactada (g/mL) *	0.52	0.75	0.87	0.68
Voluminosidad (2)	2.66	2.04	1.48	1.98
Porosidad (2)	28	35	22	25
Índice de Hausner (2)	1.38	1.53	1.29	1.34
Índice de Carr (2)	28	35	22	25
Ángulo de reposo (°)	45	45	49	46
Fluidez (s/100 g muestra)	292.6	219.5	156.23	126.1

* Los valores de estas determinaciones se utilizaron para calcular.

Tabla 2. Formulaciones y valores de índice de insolubilidad, Índice de solubilidad y Humectabilidad de formulaciones propuestas

Ingredientes	F1	F2	F3	F4
	(%)			
Mezquite	15	30	15	30
Suero de leche	50	35	20	20
Maltodextrina	5	5	19.8	19.8
Harina de Cebada	15	15	15	15
Proteína de arroz	14.8	14.8	30	15
Monk Fruit	0.2	0.2	0.2	0.2
Determinaciones				
Índice de insolubilidad (mL/50 mL muestra)	5	5	7.1	7.5
Índice de solubilidad (%)	90	90	85.8	85
Humectabilidad (s)	126	165	249	300

Tabla 3. Datos Fisicoquímicos, información nutritiva y energética de la formulación 1

Determinación Fisicoquímica			
Materia seca (%)	96.76	Densidad compactada * (g/mL)	0.84
Humedad (%)	3.24	Voluminosidad (3)	1.68
Proteína cruda (%)	20.11	Porosidad (3)	29.13
Extracto etéreo (%)	1.44	Índice de Hausner (3)	1.41
Cenizas (%)	4.85	Índice de Carr (3)	29.13
Fibra cruda (%)	3.13	Ángulo de reposo (°)	48
Fibra dietética (%)	9.58	Fluidez (s/100 g muestra)	105.2
Extracto libre de Nitrógeno (%)	67.23	Índice de solubilidad (%)	90
Tamaño de partícula (mm)	< 0.074	Índice de insolubilidad (mL/50 mL)	5
pH	4	Humectabilidad (s)	126
Densidad aparente* (g/mL)	0.59	Tiempo de mezclado (min)	14
Información nutritiva y energética			
Macronutrientes	Aporte Calórico por ración 52 g (kcal)	Aporte calórico (kcal/día) requerido para una dieta de 1600 kcal	Porcentaje que cubre la ración de bebida en el aporte diario de 1600 kcal (%)
Carbohidratos	139.84	800	17.48
Proteínas	41.83	400	10.46
Lípidos	6.74	400	1.68
Fibra dietaria	9.96	—	—
Total	198.37	1600	12.4
Fibra que se aporta por porción de 52 g	4.98 g	Fibra requerida para una dieta de 1600 kcal/día	22.4 g

* Los valores de estas determinaciones se utilizaron para calcular.

Tabla 4. Escalas utilizadas para la Evaluación Sensorial

Puntaje	Dulzor	Sabor	Amargor
	Categoría	Categoría	Categoría
1	Nada dulce	No me gusta	Demasiado débil
2	Poco dulce	Me disgusta un poco	Un poco débil
3	Justo como me gusta	Ni me gusta ni me disgusta	Justo como me gusta
4	Muy dulce	Me gusta	Un poco fuerte
5	Extremadamente dulce	Me gusta muchísimo	Demasiado fuerte

terias primas es ≤ 0.074 mm, para la determinación de la fluidez (Índice de Hausner y Carr), la proteína de arroz y harina de cebada presentan baja fluidez (292.6 s y 219.5 s respectivamente), mientras que el suero de leche y el mezquite fueron aceptables (156.23 s y 126.1 s respectivamente); por otro lado, en la determinación de cohesividad (ángulo de reposo), todas las materias primas son cohesivas (45° - 49°), de acuerdo con estos resultados, es necesario agitarlas o someterlas a vibración al momento de mezclarlas²².

A partir del análisis químico de las materias primas reportados en la Tabla 1, se calcularon 4 formulaciones basadas en los parámetros de la NOM-015-SSA2-2010⁵. A estas formulaciones se le realizaron las pruebas de Índice de insolubilidad, índice de solubilidad y humectabilidad, por los resultados obtenidos se seleccionaron las formulaciones 1 y 2, ya que el índice de insolubilidad indica el volumen en mililitros de sedimento, es decir, residuo insoluble, que se obtiene cuando un producto sólido es reconstituido con agua²⁹. Las formulaciones 1 y 2, presentaron el menor índice de insolubilidad (5 mL / 50 mL de muestra), el mayor índice de solubilidad (90 %), en cuanto a los resultados de humectabilidad fueron las formulaciones con el menor tiempo (126-165 s), lo cual es relevante ya que esta determinación depende del tamaño de las partículas, su porosidad y valores del ángulo de contacto entre la superficie del poro y la de penetración en el agua, lo que contribuye a mejorar la humectabilidad de la mezcla de polvos²⁹.

Las formulaciones 3 y 4, presentaron índices de insolubilidad mayores (7.1 - 7.5 mL / 50 mL de muestra), indicando que no se humedecen de manera homogénea, lo que provoca que se formen aglomerados al momento de hidratarse, esto reduce la velocidad con la que el agua se introduce entre las partículas del grumo. Por lo anterior, se descartaron estas formulaciones²⁹.

De acuerdo con los resultados de la evaluación sensorial con 10 sujetos voluntarios, se descartó la formulación 2 por tener una aceptación del 30 % comparada con la formulación 1 que fue del 70 %³⁰.

A la formulación 1 seleccionada por sus atributos fisicoquímicos y sensoriales, se le determinó el tiempo de mezclado para obtener una mezcla en polvo homogénea (14 min), así mismo, se observó que los parámetros de fluidez no cambiaron al momento de integrarse las materias primas, es necesario agitar vigorosamente para disolver la bebida antes de consumirla. La ración de 52 g de bebida aporta 198.37 kcal cubriendo el 12.40 % del total energético en una dieta de 1600 kcal tomada como ejemplo del apéndice normativo B, la cual distribuye su valor calórico total para un peso recomendable en 50 % de carbohidratos, 25 % de proteínas, 25 % de lípidos y 22.4 g de fibra considerando los rangos indicados en el punto 8.4.4 de la norma mexicana NOM-015-SSA2-2010. Con base en lo anterior la ración de 52 g de bebida cubre al

día 17.48 % de carbohidratos, 10.46 % de proteínas, 1.68 % de lípidos y 4.98 g de fibra (Tabla 3)⁵.

Para la Evaluación sensorial con 120 sujetos voluntarios, se probaron tres sabores para elegir la de mayor nivel de agrado, de acuerdo con los resultados del análisis estadístico en el atributo de dulzor, los tres sabores evaluados no tuvieron diferencia significativa ($p < 0.001$), fueron considerados "poco dulce" con un puntaje de 2.0. En cuanto al sabor los tres sabores evaluados agradaron con un puntaje de 4 = Me gusta ($p < 0.001$). En el atributo amargo el sabor de la bebida vainilla obtuvo un puntaje de 3 = justo como me gusta. Con base en estos resultados, se seleccionó el sabor vainilla en la bebida preparada.

CONCLUSIONES

En cuanto a la caracterización de polvos con los parámetros evaluados se puede decir que la formulación 1 cumple con las características adecuadas para que a través de una agitación vigorosa se pueda reconstituir 52 g de la formulación en 200 mL de agua. Por otro lado, la integración de las materias primas (suero de leche, mezquite (*Prosopis spp*), cebada y proteína de arroz integral) y la adición de sabor vainilla logró ser del agrado de los sujetos evaluadores de acuerdo con la evaluación sensorial realizada, por lo que la bebida podría considerarse un producto potencial de consumo dentro del mercado, que aporte 198.37 kcal por cada 52 g de ración, la cual representa un 12.40 % del aporte requerido en una dieta de 1600 kcal por día, así como un 22.23 % de aporte de fibra diaria, que puede integrarse a su dieta como colación para evitar ayunos prolongados, ayudar a disminuir el consumo de bebidas azucaradas, mantenerse saludable y sentir saciedad en función de la composición de la bebida.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Carlos Alberto Aguilar Salinas por su invaluable contribución al inicio de este proyecto, a la Dra. Lilia Castillo Martínez por el apoyo en el análisis estadístico, a la Q.B.P. Claudia Angélica Gutiérrez Leyte y la Q.B.P. Ana Lucia Rebollar Luna por los análisis microbiológicos, así como al Dr. Israel García Cano por el préstamo de instalaciones de la Planta Piloto y Evaluación Sensorial.

BIBLIOGRAFÍA

1. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Encuesta nacional de salud y nutrición 2018. Presentación de resultados [Internet]. México: INEGI; 2018 [citado 2023 Nov 29]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ensanut/2018/default.html>
2. Dávila-Torres J, González-Izquierdo JD, Barrera-Cruz A. Panorama de la obesidad en México. Rev Med Inst Mex Seguro Soc [Internet]. 2015 [citado 2023 Dic 15];53(2):241-9. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457744936020>

3. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Los efectos del sobrepeso y la obesidad en la salud [Internet]. USA: CDC; c2023 [citado 2023 Nov 29]. Disponible en: <https://www.cdc.gov/healthyweight/spanish/effects.html>
4. Calle J. Desarrollo de alimentos para diabéticos: Development of suitable foods for diabetics. RCTA [Internet]. 2015 Sep [citado 2023 Dic 15];25(3):71-80. Disponible en: <https://revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/261>
5. México. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, Para la prevención, tratamiento y control de la diabetes mellitus. Diario Oficial de la Federación, 23 de noviembre de 2010 [citado 2023 Oct 16]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-015-ssa2-2010/>
6. Ruiz F. Hidrolizado de proteínas de chícharo (*Pisum sativum*) y arroz (*Oryza sativa*) y su efecto antiadipogénico in silico. [Tesis de Maestría]. México: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Salud Pública y Nutrición; 2020.
7. Herrera C. Separación y cuantificación de proteínas del salvado de arroz. [Tesis de Especialidad]. México: Instituto Politécnico Nacional, Centro de desarrollo de Productos Bióticos; 2019.
8. Alzate L, Arteaga D, Jaramillo Y. Propiedades farmacológicas del Algarrobo (*Hymenaea courbaril* Linneaus) de interés para la industria de alimentos. Rev Lasallista Investig [Internet]. 2008 Jul [citado 2023 Dic 19];5(2):100-111. Disponible en: http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-44492008000200013
9. Parra R. Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. Rev Fac Nac Agron Medellín [Internet]. 2009 [citado 2023 Dic 18]; 62:4967-82. Disponible en: http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0304-28472009000100021
10. México. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, 10 de febrero de 2012 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-218-ssa1-2011/>
11. México. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa. Diario Oficial de la Federación, 10 de agosto de 1995 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-116-ssa1-1994/>
12. México. Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-F-607-NORMEX-2020. Determinación de cenizas totales en alimentos en general y bebidas no alcohólicas – Método de prueba. Diario Oficial de la Federación, 01 de febrero de 2022 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-f-607-normex-2020/>
13. México. Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-F-608-NORMEX-2011. Alimentos - Determinación de Proteínas en alimentos - Método de ensayo (prueba). Diario Oficial de la Federación, 12 de septiembre de 2011 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-f-608-normex-2011/>
14. México. Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-F-615-NORMEX-2018. Alimentos - Determinación de extracto etéreo (Método Soxhlet) en alimentos. - Método de prueba. Diario Oficial de la Federación, 05 de julio de 2019 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-f-615-normex-2018/>
15. México. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994. Bienes y servicios. Alimentos y Bebidas No Alcohólicas Con Modificaciones en Su Composición. Especificaciones Nutrimientales. Diario Oficial de la Federación, 26 de junio de 1996 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-086-ssa1-1994/>
16. México. Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-F-734-COFALEC-2009. Sistema producto leche-Alimentos-Lácteos-Determinación del índice de insolubilidad en leche en polvo y productos de leche en polvo. Método de prueba. Diario Oficial de la Federación, 20 de noviembre de 2009 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/NMX-F-734-COFOCALEC-2009/>
17. Ji J, Fitzpatrick J, Cronin K, Crean A, Miao S. Assessment of measurement characteristics for rehydration of milk protein based powders. Food Hyd [Internet]. 2016 Mar [citado 2024 Mar 13];54 (part A):151-61. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.09.027>
18. Cano-Chauca M, Stringheta PC, Ramos AM, Cal-Vidal J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. IFSET [Internet]. 2005 [citado 2024 May 28];6(4):420-8. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003>
19. México. Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-F-303-SCFI-2011. Industria Azucarera y Alcoholera - Determinación De La Granulometría En Muestras De Azúcares Cristalizados. Diario Oficial de la Federación, 23 de noviembre de 2011 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-f-303-scfi-2011/>
20. México. Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-F-317-NORMEX-2013. Alimentos- determinación de pH en alimentos y bebidas no alcohólicas – método potenciométrico – método de prueba. Diario Oficial de la Federación, 27 de agosto de 2013 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-f-317-normex-2013/>
21. Bansal V, Premi M, Sharma HK, Nanda V. Compositional, physical, functional attributes and flow characterization of spray-dried skim milk powder enriched with honey. Food Measure [Internet]. 2017 [citado 2023 Dic 20];11:1474-85. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11694-017-9526-1#citeas>
22. Secretaría de Salud. Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos. 11a ed. México: Secretaría de Salud; 2014.
23. Seerangurayar T, Manickavasagan A, Al-Ismaili AM, Al-Mulla YA. Effect of carrier agents on flowability and microstructural properties of foam-mat freeze dried date powder. J Food Eng [Internet]. 2017 [citado 2024 May 21]; 215:33-43. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.07.016>

24. INCMNSZ, Departamento de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Método interno. MPO-PP-20. Procedimiento de operación de la mezcladora de pantalón. INCMNSZ 2021.
25. México. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Diario Oficial de la Federación, 12 de diciembre de 1995 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-092-ssa1-1994/>
26. México. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-114-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la determinación de Salmonella en alimentos. Diario Oficial de la Federación, 22 de septiembre de 1995 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/114ssa14.html>
27. México. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014. Productos y Servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. Diario Oficial de la Federación, 26 de junio de 2015 [citado 2024 Ene 31]. Disponible en: <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-210-ssa1-2014/>
28. JAMOVİ: The jamovi project. Versión 2.5 [Software]. 02 Abril 2017 [citado 28 Oct 2024]. Disponible en: <https://www.jamovi.org>
29. García-Gutiérrez C, González-Maldonado MB, Ochoa-Martínez LA, Medrano-Roldán H. Microencapsulación de jugo de cebada verde mediante secado por aspersión. CYTA [Internet]. 2004 [citado 2024 Ago 20];4(4):262-6. <https://doi.org/10.1080/11358120409487769>
30. Ramírez J. Análisis sensorial: Pruebas orientadas al consumidor. Volumen 12. Colombia: ReCiTeIA; 2012.

Association of dietary habits with sleep quality among collegiate athletes

Dinesh DAGAR¹, Jyoti SHRIVASTAVA², Garima SINGH²

1 Department of Nutrition and Health, School of Allied Health Sciences, GD Goenka University, Haryana, India.

2 Department of Pharmacy, School of Allied Health Sciences, GD Goenka University, Haryana, India.

Recibido: 24/septiembre/2025. Aceptado: 5/noviembre/2025.

ABSTRACT

Background: College-level athletes face unique lifestyle challenges that could adversely affect sleep patterns and dietary behaviors, which have significant implications. Both factors are crucial for maintaining optimal performance, facilitating recovery, and promoting overall health. However, limited research in the Indian context has addressed how sleep-related challenges influence dietary patterns in this population.

Objective: The purpose of this study is to examine the relationships among dietary habits, sleep quality, and sleep disturbances in college athletes.

Materials & Methods: A cross-sectional research design was employed involving a sample of 255 university athletes. The assessment of dietary behaviors such as meal frequency, fast food consumption, hydration status, snacking patterns, and meal skipping was carried out using a validated questionnaire. Additionally, sleep quality was evaluated using the Modified Pittsburgh Sleep Quality Index and perceived barriers to sleep (e.g., academic stress, use of electronics, training schedule).

Results: Electronics use (40%) and social activities (36%) were the most common sleep barriers, followed by academic stress (16%) and training schedule (7%). Forty-one percent of participants reported regular meal skipping, and frequent fast-food intake (>2 times/week) was prevalent. Sleep scores (Modified PSQI) were modestly but significantly correlated with dietary habit scores ($p = 0.170$, $p = 0.016$). Linear regression indicated sleep quality significantly predicted dietary habits ($\beta = 0.173$, $p = 0.014$), explaining 3% of variance.

Conclusion: Sleep quality is modestly associated with dietary behaviors among Indian collegiate athletes. Interventions targeting sleep hygiene and nutrition could enhance health and performance in this population.

KEYWORDS

Circadian rhythms; College students; Athletic performance; Sleep; Nutrition; Dietary habits.

INTRODUCTION

Collegiate student-athletes face the challenge of managing both academic responsibilities and athletic commitments, which can adversely affect their sleep patterns and nutritional intake. Ensuring sufficient sleep and proper nutrition is crucial for effective recovery, metabolic health, cognitive functioning, and athletic success¹.

Disruptions in sleep patterns are known to influence appetite-regulating hormones, increasing cravings for energy-dense foods and impairing dietary decision-making². Conversely, high consumption of ultra-processed and low-nutrient foods may contribute to poor sleep quality, creating a bidirectional relationship between diet and sleep³. Among young athletes, irregular meal patterns, meal skipping, and increased fast-food consumption are frequently reported⁴. These behaviors are frequently influenced by various lifestyle factors like academic workload, circadian misalignment, electronic device use, and psychosocial stress⁵. In India, evidence on the interplay between sleep quality, lifestyle barriers, and dietary behaviors in collegiate athletes remains limited. Limited research has explored sleep barriers in this population, despite the transitional phase of late adolescence and early adulthood being critical for establishing lifelong health habits⁶.

Correspondencia:

Dinesh Dagar
dineshdagar33@gmail.com

This study aimed to examine the association between sleep quality and dietary behaviors among Indian collegiate athletes and to identify key behavioral and environmental barriers to sleep. Our study outcomes may support the design of integrated interventions targeting both sleep hygiene and nutritional practices to enhance health and performance in this population.

MATERIALS & METHODS

Study Design and Participants

A cross-sectional analytical study was conducted to examine the association between dietary habits, sleep quality, and barriers to sleep among collegiate athletes. Participants were recruited from multiple universities across the Delhi-NCR region, representing various sports disciplines, including athletics, football, volleyball, swimming, basketball, and other collegiate-level sports. The purpose of selecting this region was the concentration of higher education institutions and active college-level athletic programs, which provided a relevant sampling frame for the research purposes. Eligible participants were 18–25 years old, enrolled in undergraduate or postgraduate programs, and engaged in structured sports training at least three times per week. Athletes with diagnosed sleep disorders, eating disorders, or those using sleep medications or performance-enhancing dietary supplements were excluded.

Out of the initial cohort of two hundred fifty-five athletes, a total of two hundred participants completed the survey in its entirety and were subsequently incorporated into the final analytical dataset. The sampling technique used was purposeful sampling, which allowed the researcher to target participants who met specific inclusion criteria that aligned with the objectives of the study.

Participants included both male and female athletes (67% male, 33% female) from seven sports disciplines (kabaddi, cricket, basketball, running, table tennis, swimming, and tennis). This distribution was considered to evaluate potential gender or sport-related differences.

Inclusion criteria were clearly defined to ensure a homogenous and relevant study sample. Participants were required to be student-athletes who were enrolled in either undergraduate or postgraduate programs. Actively engaged in physical activity and sports (e.g., athletics, football, volleyball, swimming, basketball, or other collegiate-level sports) at least three times a week. A willingness to provide informed consent to participate in the study. Participants were excluded if they had been diagnosed with sleep disorders (e.g., insomnia, sleep apnea) or eating disorders (e.g., anorexia, bulimia nervosa). The use of prescribed sleep medication and performance-improving dietary supplements could potentially influence sleep quality and dietary behavior. Participants who submitted incomplete responses or those whose survey data

contained missing variables were removed from the final analysis to maintain the integrity and reliability of the dataset. After excluding answers with missing data, the final sample consisted of two hundred participants.

Ethical approval for the study was obtained from the Institutional Review Board. Participants were informed in detail about the purpose, procedures, and voluntary nature of the study. Confidentiality was assured, and participants retained the right to withdraw from the study at any stage without any consequences. All collected data were stored securely and used for academic and research purposes only.

Dietary Behavior Assessment

The dietary habits of participants were evaluated using a structured questionnaire adapted from a validated nutritional behavior instrument (Food Frequency Questionnaire), with modifications to align with the cultural context⁷. The assessment encompassed six distinct domains:

- Meal frequency (main meals per day).
- Fruit and vegetable intake.
- Fast-food consumption.
- Water intake (glasses/day).
- Snacking frequency (chips, sweets, carbonated beverages).
- Meal skipping (breakfast, lunch, or dinner).

Each item contributed equally to the composite dietary behavior score. No differential weighting was applied to variables. Internal consistency of the index was verified (Cronbach's $\alpha = 0.78$), indicating acceptable reliability. Responses were categorised using a frequency scale (daily, 3–4 times per week, rarely, or never). These responses were then combined to create a dietary behavior score, where higher scores indicate healthier dietary patterns.

Sleep Quality Assessment

The quality of sleep was evaluated utilising the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI)⁸. This evaluates seven domains: sleep quality, latency, duration, efficiency, disturbances, medication use, and daytime dysfunction. The global score ranges from 0 to 21.

In this research, participants reported mean sleep duration, difficulty initiating sleep, nighttime awakenings, and daytime fatigue. The scoring system was adjusted so that higher scores indicate better sleep quality. Scores below four were categorised as poor sleep. For this study, five parameters were selected as the most relevant to the research objectives.

- Average sleep duration (e.g., <5 h, 5–6 h, 7–8 h, >8 h).

Feeling refreshed upon waking (Never, Sometimes, Most of the time, Always).

Difficulty falling asleep (Never, Occasionally, Frequently, Almost every night).

Waking up during the night (Never, Occasionally, Frequently, Almost every night).

Daytime fatigue (Never, Occasionally, Frequently, Almost every night).

Each parameter was scored on a scale reflecting severity, and summed to generate a total sleep score ranging from 0 to 14.

Based on the total score, participants were classified into three categories of sleep quality:

Poor sleep quality: 0–4.

Moderate sleep quality: 5–9.

Good sleep quality: 10–14.

Sleep Barriers

Behavioral and environmental sleep barriers were assessed using a predefined checklist including:

Academic stress.

Training schedule conflicts.

Late-night social activities.

Excessive electronic device use.

An "Other" option was included, but responses in this category were minimal and therefore excluded from analysis due to their low frequency^{9,10}.

Statistical Analysis

Data examination was conducted utilizing Microsoft Excel 2021 (Microsoft Corporation, USA). Descriptive statistics, including means, standard deviations, and percentages, were used to characterize participant attributes, dietary behaviors, and sleep patterns. The Shapiro-Wilk test indicated that the data did not follow a normal distribution.

To evaluate the relationships between sleep quality and dietary habits, Spearman's rank correlation coefficient was employed.

Simple linear regression evaluated sleep quality as a predictor of dietary behavior.

Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Assumptions for linear regression were examined, including checks for homoscedasticity and absence of multicollinearity using residual plots and variance inflation factors ($VIF < 2$). Residuals were visually inspected and found to be normally distributed, confirming the adequacy of the regression model.

RESULTS

Participant Characteristics

Of the 255 collegiate athletes enrolled, 200 completed the survey (response rate 78.4%). Participants were predominantly male ($n = 134$, 67%), with a mean age of 21.8 ± 2.2 years (range 18–25). Sports representation included kabaddi ($n = 43$, 21.5%), cricket ($n = 40$, 20%), basketball ($n = 28$, 14%), running ($n = 27$, 13.5%), table tennis ($n = 27$, 13.5%), swimming ($n = 21$, 10.5%), and tennis ($n = 14$, 7%) (Table 1).

Dietary and Sleep Behavior

Most athletes ($n = 84$, 42%) reported consuming ≥ 3 meals/day, while 41.5% ($n = 83$) reported 1–2 meals/day. Fruit and vegetable consumption was suboptimal: 22% consumed >1 serving/day, 18.5% daily, and 6% rarely or never.

Fast-food intake was high, with 33% consuming it daily/almost daily and 29.5% 3–4 times/week. Only 32.5% consumed ≥ 10 glasses of water/day, while 37.5% consumed ≤ 4 glasses. Snacking was common: 44.5% 1–2 times/week and 30.5% 3–4 times/week. Meal skipping was frequent, with 41.5% skipping meals daily and 27% 3–4 times/week.

Sleep scores (Modified PSQI) averaged 7.13 ± 3.24 , with 21% classified as good sleep, 58.5% moderate, and 20.5% poor. Mean sleep duration was 5.57 ± 1.13 hours/night, below the recommended 7–9 hours (Table 2).

Table 1. Participant Demographics

Demographic Variable	Category	n (%)
Gender	Male	134 (67%)
	Female	66 (33%)
Age Group	18–20	62 (31%)
	21–23	78 (39%)
	24–25	60 (30%)
Sport Type	Basketball	28 (14%)
	Kabaddi	43 (21.5%)
	Running	27 (13.5%)
	Cricket	40 (20%)
	Table Tennis	27 (13.5%)
	Tennis	14 (7%)
	Swimming	21 (10.5%)

Distribution of gender, age groups, and sport types among collegiate athletes ($N = 200$); Mean age = 21.8 ± 2.2 years.

Table 2. Descriptive Statistics for Dietary Habits and Sleep Scores (Modified PSQI)

Variable	Mean	SD	Min	Max	Shapiro Wilk	p-value
Dietary Habit Score	10.03	5.142	2	20	0.93	<0.001
Sleep Score (modified PSQI)	7.125	3.236	0	14	0.905	<0.001

Mean, standard deviation (SD), range, and normality test (Shapiro-Wilk) for dietary habit scores and sleep quality scores.

Training Hours / Competition Level

Athletes trained an average of 8.6 ± 3.4 hours per week. The majority (72%) competed at the university level, whereas 28% represented their state in intercollegiate tournaments.

Sleep Barriers

Several participants reported experiencing multiple sleep barriers. Primary sleep barriers included screen exposure ($n = 81$, 40.5%) and social distractions ($n = 72$, 36%). Academic stress ($n = 32$, 16%) and training schedule ($n = 15$, 7.5%) were less common.

Correlation Between Sleep and Dietary Behavior- Spearman's correlation indicated a modest positive association between sleep and dietary scores ($p = 0.17$, $p = 0.016$), suggesting healthier diets with better sleep (Table 3).

Predictors of Dietary Behavior- Simple linear regression (Table 4) demonstrated that sleep score (modified PSQI) significantly predicted dietary behavior ($\beta = 0.173$, $p = 0.014$), accounting for 3% of variance ($R^2 = 0.03$).

Table 3. Spearman's rho (ρ) correlation between dietary and sleep scores (Modified PSQI)

Variable	Dietary Habit Score	Sleep Score (Modified PSQI)
Dietary Habit Score	-	0.17
p-value	-	0.016

Spearman's correlation coefficient and p-value showing the association between dietary habit score and sleep score (Modified PSQI).

DISCUSSION

Our study explored how sleep quality and dietary habits among collegiate athletes are associated, revealing a statistically significant yet modest positive correlation. Athletes with better sleep quality are prone to report healthier dietary behaviors. This association aligned with existing evidence suggesting that sleep and nutrition are interrelated characteristics of athlete health and performance^{6,19}. The mean dietary behavior score of 10.03 (SD = 5.142) and the high prevalence of fast-food consumption and meal skipping indicate suboptimal dietary patterns within this population. These behaviors mirror the findings of earlier studies, who noticed that even university athletes with poor sleep patterns tended to ate energy-dense foods and preferred vegetables¹¹. Similarly, short sleep duration was associated with increased calorie intake and frequent meal skipping among college students¹². Regression analysis showed that sleep scores accounted for approximately 3% of the variation in dietary habit scores. Although the effect size is small, it is statistically significant. These findings are consistent with studies that have reported modest but meaningful associations between sleep and nutritional behaviors in young adults^{13,14}.

Importantly, the most common sleep-related barriers were screen time and blue light exposure (40.5%) and social distractions (36%). Similar findings were reported that prolonged screen time delayed sleep onset and increased unhealthy food choices the next day¹⁵. Similarly, the bidirectional nature of circadian disruption and dietary timing in student-athletes, noting that late-night social activities or screen use often result in both sleep debt and irregular eating patterns¹⁶.

The average sleep score in athletes (mean = 7.125) indicates a predominance of moderate sleep quality among athletes,

Table 4. Linear Regression Analysis Predicting Dietary Habits from Sleep Score (N=200)

Predictor	B (Unstd.)	SE(B)	β (Std.)	95% CI for B	t	p
Constant	8.067	0.87	–	6.35, 9.78	9.27	<.001
Sleep score	0.276	0.111	0.173	0.057, 0.495	2.48	0.014

Model fit: $R^2 = 0.03$; Adjusted $R^2 = 0.025$; $F(1,198) = 6.14$; $p = 0.014$; RMSE = 5.14.

SE = Standard Error; β = Standardized Coefficient; CI = Confidence Interval; RMSE = Root Mean Square Error.

which may compromise recovery and efficiency. Furthermore, increased sleep duration not only improved athletic performance but also contributed to better dietary adherence¹⁷. Interestingly, the training schedule was not a major sleep barrier in our study (7.5%), which contrasts with previous findings that reported that training intensity and post-exercise cortisol elevation can delay sleep onset¹⁸. This discrepancy might be due to differences in sport disciplines or training programs in our group.

These findings underscore the need for integrated wellness interventions targeting both sleep hygiene and nutrition among collegiate athletes.

Limitations and Recommendations for Future Research

This research acknowledges certain limitations. Primarily, the use of a cross-sectional study design restricts the ability to infer causal relationships between sleep quality and dietary habits. Second, reliance on self-reported measures introduces potential recall and social desirability biases. Future research should employ longitudinal designs and incorporate objective sleep assessments, such as actigraphy or wearable devices, to enhance accuracy. Additionally, including other behavioral and psychosocial factors, such as mental health and nutritional knowledge. This may provide a more comprehensive understanding of the determinants of dietary behavior in collegiate athletes.

CONCLUSION

This study demonstrates a notable and statistically significant positive correlation between sleep quality and dietary habits among Indian collegiate athletes. Despite active participation in sports, many athletes exhibited suboptimal dietary behaviors characterized by frequent meal skipping, high fast-food consumption, and low fruit and vegetable intake. Sleep quality was predominantly moderate, with screen exposure and social distractions as the primary barriers.

Even small improvements in sleep hygiene may lead to healthier dietary patterns, promoting better recovery and performance. Integrated interventions that focus on sleep hygiene, screen-time reduction, and structured meal planning could enhance both nutritional adherence and athletic outcomes.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors gratefully acknowledge the support of GD Goenka University for providing the necessary infrastructure and resources to conduct this study. Special thanks are extended to the participants for their cooperation and time.

REFERENCES

1. Aneesh M, Chaganty A. Sleep quality and processed food consumption among female college students. *DY Patil J Health Sci.* 2021;9(1):17–21.
2. Poulos NS, Pasch KE. Energy drink consumption is associated with unhealthy dietary behaviours among college youth. *Perspect Public Health.* 2015;135(6):316–21.
3. Gao Y, Wang L. The association between diet and sleep with internalising symptoms in young athletes: a serial multiple mediation models. *Front Nutr.* 2024;11:1382068. doi:10.3389/fnut.2024.1382068.
4. Hall WL. The emerging importance of tackling sleep–diet interactions in lifestyle interventions for weight management. *Br J Nutr.* 2022;128(3):561–8.
5. St-Onge MP, Mikic A, Pietrolungo CE. Effects of diet on sleep quality. *Adv Nutr.* 2016;7(5):938–49.
6. Moss K, Zhang Y, Kreutzer A, Graybeal AJ, Porter RR, Braun-Trocchio R, et al. The relationship between dietary intake and sleep quality in endurance athletes. *Front Sports Act Living.* 2022;4:810402. doi:10.3389/fspor.2022.810402.
7. Willett WC, Sampson L, Stampfer MJ, et al. Reproducibility and validity of a semiquantitative food frequency questionnaire. *Am J Epidemiol.* 1985;122(1):51–65. doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a114086.
8. Buysse DJ, Reynolds CF 3rd, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* 1989;28(2):193–213. doi:10.1016/0165-1781(89)90047-4.
9. Walsh NP, Halson SL, Sargent C, et al. Sleep and the athlete: narrative review and 2021 expert consensus recommendations. *Br J Sports Med.* 2021;55(7):356–68. doi:10.1136/bjsports-2020-102025.
10. Mah CD, Mah KE, Kezirian EJ, Dement WC. The effects of sleep extension on the athletic performance of collegiate basketball players. *Sleep.* 2011;34(7):943–50. doi:10.5665/SLEEP.1132.
11. Eck KM, Byrd-Bredbenner C. Food choice decisions of collegiate division I athletes: a qualitative exploratory study. *Nutrients.* 2021;13(7):2322. doi:10.3390/nu13072322.
12. Papaconstantinou E, Quick V, Vogel E, Coffey S, Miller A, Zitzelsberger H. Exploring relationships of sleep duration with eating and physical activity behaviors among Canadian university students. *Clocks Sleep.* 2020;2(2):194–207. doi:10.3390/clocks-sleep2020015.
13. Deivert S. Relationship between sports participation, weight intentions, and insufficient sleep on e-cigarette use among US high school students [dissertation]. Minneapolis (MN): Walden University; 2024.
14. Arellano-Saldarriaga G, Bravo-Moreno A, Rivas-Sotero O, Velásquez-Mariluz E, Mamani-Urrutia V. Association between diet quality and sleepiness level in Peruvian university students: an analytical cross-sectional study. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2024;44(4). doi:10.12873/444arellano
15. Hjetland GJ, Skogen JC, Hysing M, Sivertsen B. The association between self-reported screen time, social media addiction, and

- sleep among Norwegian university students. *Front Public Health*. 2021;9:794307. doi:10.3389/fpubh.2021.794307.
16. Boege HL, Bhatti MZ, St-Onge MP. Circadian rhythms and meal timing: impact on energy balance and body weight. *Curr Opin Biotechnol*. 2021;70:1–6. doi:10.1016/j.copbio.2020.10.002.
17. Kirschen GW, Jones JJ, Hale L. The impact of sleep duration on performance among competitive athletes: a systematic literature review. *Clin J Sport Med*. 2020;30(5):503–12. doi:10.1097/JSM.0000000000000664.
18. Robey E, Dawson B, Halson S, Gregson W, Goodman C, Eastwood P. Sleep quantity and quality in elite youth soccer players: a pilot study. *Eur J Sport Sci*. 2014;14(5):410–7. doi:10.1080/17461391.2013.819384.
19. Vinaccia-Alpi S, Quiceno-Sierra JM, Duque-Girl G, Rincón-Unigarro C, Restrepo-Yepes OC, Molina-Saldarriaga CA, Bernal S. Mediterranean diet and sleep quality in a university population sample from the city of Medellín, Colombia. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2024;44(1). doi:10.12873/414vinaccia.

Estado de hidratación de jóvenes futbolistas según su posición de juego: un estudio observacional

Hydration status of young soccer players according to their playing position: an observational study

Jasser Andrés PALACIOS GUZMAN¹, Kyara Bethzabet CASTRO MORENO¹, Juan Luis MORÁN ZULOAGA², Jestin Alejandro QUIROZ BRUNES²

¹ Universidad Tecnológica Ecotec, Carrera de Nutrición y Dietética, Samborondón, Ecuador.

² Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Escuela de Nutrición y Dietética, Samborondón, Ecuador.

Recibido: 31/octubre/2025. Aceptado: 7/noviembre/2025.

RESUMEN

Antecedentes: La hidratación es importante en el rendimiento deportivo, especialmente en deportes como el fútbol, que requieren alta intensidad. Una hidratación adecuada mejora el rendimiento físico y cognitivo, y reduce el riesgo de lesiones y fatiga. Sin embargo, el estado de hidratación en jóvenes futbolistas según su posición de juego no ha sido ampliamente estudiado. Este estudio tiene como objetivo evaluar el estado de hidratación de jóvenes futbolistas ecuatorianos antes del entrenamiento y analizar si existen diferencias según sus posiciones en el campo.

Métodos: Se realizó un estudio observacional transversal con 63 jóvenes futbolistas ecuatorianos, de entre 13 y 19 años durante la temporada competitiva del 2024, clasificados por posición: extremo, delantero centro, mediocampista central, mediocampista lateral, defensa central, lateral y portero. El estado de hidratación se evaluó mediante la gravedad específica de la orina (GEO). Los valores de GEO por debajo de 1,017 se clasificaron como sobrehidratación, entre 1,017 y 1,026 como euhidratación, y por encima de 1,026 como deshidratación. Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para comparar los valores medios de GEO entre posiciones y categorías de edad, y un análisis de correspondencias múlti-

ples (MCA) para explorar las asociaciones entre posición, estado de hidratación y edad.

Resultados: El 49,2% de los futbolistas estaban sobrehidratados, el 41,27% euhidratados y el 9,53% deshidratados. No hubo diferencias significativas entre las posiciones de juego o las categorías de edad en los valores de GEO. Sin embargo, el MCA mostró que los defensas centrales y los jugadores menores de 13 años tendían a estar sobrehidratados, mientras que los extremos y mediocampistas, en categorías menores de 15 y 17 años, presentaban mayor deshidratación.

Conclusiones: Los patrones de hidratación no varían según la posición de juego y la edad en futbolistas juveniles, sin embargo, se recomiendan estrategias de hidratación personalizadas y programas educativos para mitigar los riesgos de deshidratación y mejorar el rendimiento en jóvenes futbolistas.

PALABRAS CLAVE

Rendimiento deportivo; balance hídrico; fatiga muscular; nutrición deportiva; métodos de hidratación.

ABSTRACT

Background: Hydration is important for athletic performance, especially in sports like football, which require high intensity. Adequate hydration improves both physical and cognitive performance and reduces the risk of injuries and fatigue. However, the hydration status of young footballers according to their playing position has not been widely studied. This study aims to evaluate the hydration status of young

Correspondencia:
Jasser Andrés Palacios Guzman
jpalacios@ecotec.edu.ec

Ecuadorian footballers before training and analyze whether differences exist according to their playing positions.

Methods: A cross-sectional observational study was conducted with 63 young Ecuadorian footballers, aged between 13 and 19 years, classified by position: winger, center forward, central midfielder, side midfielder, center back, full back, and goalkeeper. Hydration status was assessed using urine specific gravity (USG). USG values below 1.017 were classified as overhydration, between 1.017 and 1.026 as euhydration, and above 1.026 as dehydration. An analysis of variance (ANOVA) was used to compare mean USG values between positions and age categories, and multiple correspondence analysis (MCA) was employed to explore associations between position, hydration status, and age.

Results: 49.2% of the footballers were overhydrated, 41.27% were euhydrated, and 9.53% were dehydrated. No significant differences were found between playing positions or age categories in USG values. However, the MCA showed that center backs and players under 13 tended to be overhydrated, while wingers and midfielders in the under-15 and under-17 categories showed higher dehydration.

Conclusions: Hydration patterns vary according to playing position and age. Personalized hydration strategies and educational programs are recommended to mitigate dehydration risks and improve performance in young footballers.

KEYWORDS

Athletic performance; water balance; muscle fatigue; sports nutrition; hydration methods.

INTRODUCCIÓN

La hidratación es fundamental para el rendimiento deportivo¹, particularmente en deportes de alta intensidad como el fútbol². La relación entre la hidratación y el rendimiento atlético está bien documentada, destacando la importancia de mantener un equilibrio adecuado de líquidos para optimizar tanto el rendimiento físico como cognitivo, y reducir el riesgo de lesiones y fatiga³.

Estudios recientes han explorado específicamente la hidratación en jóvenes futbolistas y cómo varía según la posición de juego. Un estudio publicado en el "Journal of the International Society of Sports Nutrition" evaluó el estado de hidratación de jóvenes futbolistas utilizando diferentes métodos y encontró que la deshidratación puede variar significativamente entre los jugadores debido a las diferentes demandas físicas de cada posición⁴. Otro estudio en "Healthcare" examinó el consumo de suplementos entre futbolistas de élite y su asociación con la posición de juego, encontrando diferencias significativas en el uso de cafeína, con un mayor consumo entre mediocampistas y delanteros. Esto sugiere que las estrategias de hidratación y suplementación pueden nece-

sitar ser personalizadas según la posición para optimizar el rendimiento⁵.

Otro estudio publicado en la revista "Nutrients" en 2021 analizó los comportamientos de hidratación y alimentación en jugadores jóvenes de fútbol americano, destacando la prevalencia de deshidratación leve y patrones de consumo insuficiente de líquidos durante eventos deportivos⁶. Estos hallazgos son relevantes para el fútbol, ya que reflejan patrones de hidratación similares y necesidades específicas basadas en la posición y el tipo de actividad.

Las evaluaciones de hidratación en atletas pueden realizarse utilizando diversas metodologías, cada una con sus ventajas y limitaciones⁷⁻⁹. La medición de la gravedad específica de la orina (GEO) es un método comúnmente utilizado debido a su practicidad y bajo costo relativo⁹. El GEO permite una evaluación rápida del estado de hidratación al medir la concentración de solutos en la orina^{10,11}. Valores de GEO menores a 1,017 indican sobrehidratación, valores entre 1,017 y 1,026 indican euhidratación (hidratación óptima), y valores mayores a 1,026 indican deshidratación¹².

Aunque este método es efectivo y accesible, es importante considerar que el GEO puede verse influenciado por factores como la dieta y el momento de la última ingesta de líquidos, lo que puede afectar la precisión de las mediciones¹³.

Comprender el estado de hidratación de los jóvenes futbolistas según sus posiciones de juego es crucial para desarrollar estrategias de hidratación personalizadas que optimicen su rendimiento y salud. Este estudio tiene como objetivo llenar la brecha de conocimiento existente y proporcionar recomendaciones prácticas basadas en evidencia reciente.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un estudio observacional transversal para evaluar el estado de hidratación de jóvenes futbolistas antes del entrenamiento según su posición de juego. Los participantes fueron clasificados por posición de juego y su estado de hidratación se midió utilizando la gravedad específica de la orina (GEO).

Este estudio incluyó a 63 jóvenes futbolistas de la región costera de Ecuador durante la temporada competitiva del 2025. Los jugadores fueron clasificados de acuerdo con sus posiciones en el campo: delantero lateral (DLL), delantero centro (DLC), mediocampista central (MCC), mediocampista lateral (MCL), defensa central (DFC), lateral (DFL) y portero (PT).

Los datos fueron recolectados el 20 de abril de 2024. Se obtuvieron muestras de orina de los participantes antes del entrenamiento, y la GEO se midió utilizando un refractómetro clínico. Los jugadores fueron clasificados en estados de hidratación según sus valores de GEO: sobrehidratados (GEO < 1,017), euhidratados (GEO entre 1,017 y 1,026) y deshidratados (GEO > 1,026). Se obtuvo la aprobación del comité de ética de la Universidad Técnica de Manabí. El con-

sentimiento y asentimiento informado de cada participante fue recibido por escrito antes de la inclusión en la muestra.

Se calcularon la media y la desviación estándar de las variables de gravedad específica de la orina (GEO). Para evaluar las diferencias en los valores de GEO entre posiciones de juego y categorías de edad, inicialmente se aplicó un análisis de varianza (ANOVA). Sin embargo, considerando el tamaño de la muestra y la distribución de los datos, se complementó con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Ambas pruebas mostraron resultados consistentes. Adicionalmente, se empleó un análisis de correspondencias simples para identificar y visualizar las asociaciones entre variables categóricas, tales como la posición de juego, el estado de hidratación y la edad.

Se utilizó el análisis de correspondencias múltiples (MCA) para analizar y visualizar las relaciones entre posición de juego, estado de hidratación y categoría a la que pertenecen los futbolistas jóvenes. La representación gráfica resultante permitió la identificación de asociaciones entre categorías de variables y la visualización de similitudes y diferencias entre ellas. El análisis estadístico y los gráficos fueron generados utilizando el software RStudio con la versión 4.3.3 de R.

RESULTADOS

La edad promedio de los jugadores fue de 15,76 años, con una desviación estándar de 2,28 años y un rango de edad de 13 a 19 años. La composición de la muestra fue la siguiente: el 30,15% de los jugadores tenía 13 años, el 28,57% tenía 15 años, el 19,04% tenía 17 años y el 22,24% tenía 19 años (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis descriptivo

Característica	Frecuencia absoluta (%)
Edad, años +- DE [min,max]	15,76 2,28 [13 - 19]
Categorías de juego (años)	n (%)
SUB-13	19 (30,15)
SUB-15	18 (28,57)
SUB-17	11 (17,46)
SUB-19	15 (23,82)
Estado de hidratación	n (%)
SOBREHIDRATADO	31 (49,20)
EUHIDRATADO	26 (41,27)
DESHIDRATADO	6 (9,53)

Tanto el análisis ANOVA como la prueba de Kruskal-Wallis confirmaron que no existen diferencias estadísticamente significativas en los valores de GEO antes del entrenamiento entre las distintas posiciones de juego ($p = 0,38$) ni entre las categorías de edad ($p = 0,57$) (ver Tabla 2). Estos resultados respaldan la homogeneidad del estado de hidratación en los grupos evaluados.

Tabla 2. Valores de gravedad específica de la orina (GEO) por posición y categoría de juego

Posición / Categoría	N	GEO Promedio ± DE
Defensa central	10	1,012 ± 0,007
Defensa lateral	9	1,017 ± 0,008
Delantero centro	8	1,017 ± 0,012
Delantero lateral	8	1,016 ± 0,008
Mediocampista central	9	1,016 ± 0,009
Mediocampista lateral	8	1,019 ± 0,007
Portero	11	1,024 ± 0,007
Categorías de edad		
≤ 13 años	19	1,015 ± 0,008
≤ 15 años	18	1,017 ± 0,008
≤ 17 años	11	1,014 ± 0,008
≤ 19 años	15	1,018 ± 0,008

En la Figura 1, los futbolistas están representados por puntos azules, mientras que las categorías de las variables están indicadas por triángulos rojos. Los jugadores con perfiles similares se encuentran cerca unos de otros. Las variables con perfiles análogos se agrupan. Las categorías de variables que exhiben una correlación negativa están situadas en lados opuestos del origen del gráfico (cuadrantes opuestos).

El análisis de correspondencias múltiples (Figura 1) reveló patrones distintivos en el estado de hidratación de los jóvenes futbolistas, categorizados según su posición de juego y grupo de edad. Los resultados mostraron que los jugadores en la posición de defensa central y en la categoría de menores de 13 años tendían a estar sobrehidratados, mientras que aquellos en posiciones más activas, como los extremos y mediocampistas laterales y centrales en las categorías de menores de 15 y menores de 17 años, exhibieron un mayor nivel de deshidratación. En los jugadores de la categoría de meno-

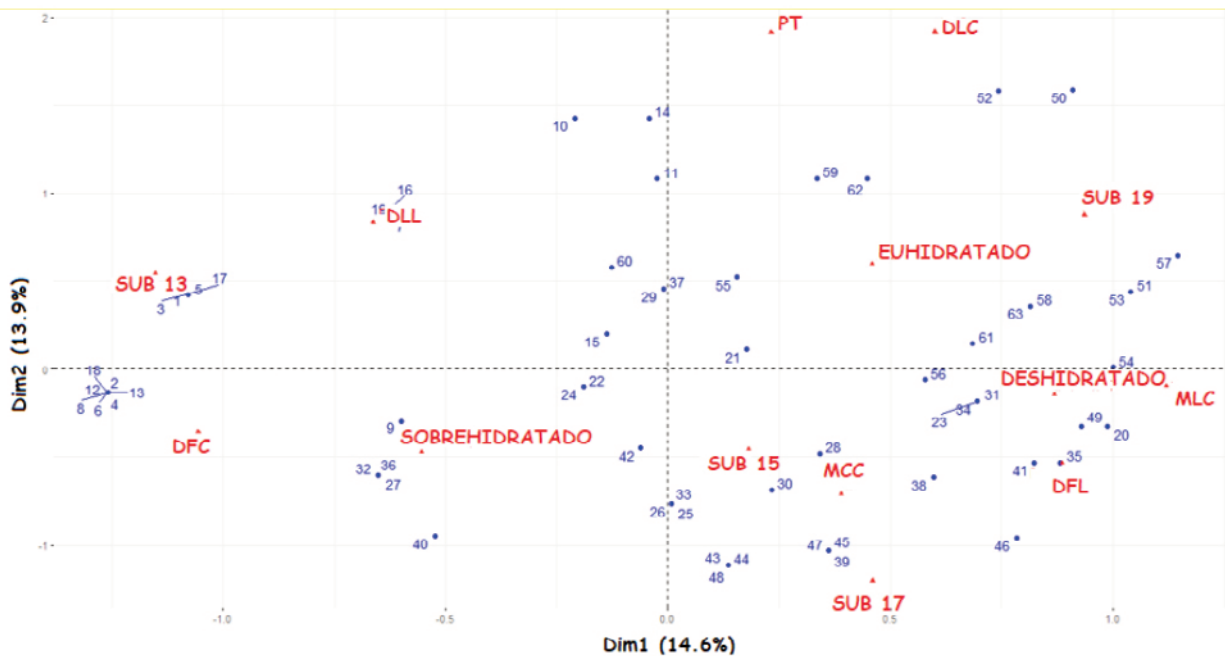


Figura 1. Análisis de Correspondencias Múltiples

res de 19 años, tanto los porteros como los delanteros centrales tendían a estar euhidratados. Estos hallazgos resaltan la necesidad de estrategias de hidratación personalizadas para optimizar el rendimiento y la salud de los jugadores, considerando tanto su posición en el campo como su edad.

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio indicaron que una proporción significativa de jóvenes futbolistas (edad promedio: 15,76 años) estaba deshidratada antes del entrenamiento (9,53%). Esto es coherente con estudios previos que mostraron que la deshidratación es común en los atletas antes de las sesiones de entrenamiento y los partidos. Los hallazgos del presente estudio son similares a los reportados por Aragón, et al.¹⁶, quien evaluó a 22 futbolistas de la liga profesional de Costa Rica antes de un partido y encontró que siete de ellos estaban deshidratados.

En nuestros resultados, más del 9% mostró síntomas de deshidratación, en contraste con el otro estudio¹⁷, que encontró altos niveles de deshidratación en el 77% de 40 futbolistas, con una edad promedio de 16,9 años antes de sus actividades deportivas. Sin embargo, Baron et al.¹⁸ reportó niveles más bajos de deshidratación bajo condiciones de alta temperatura y humedad, lo que sugiere que estos factores no son los únicos determinantes del estado de hidratación. De manera similar, otro trabajo¹⁹ evaluó a 10 jugadores (edad promedio 17,0 años) de la liga profesional de Brasil y encontró que todos ellos estaban deshidratados.

En nuestro estudio, el 41,27% de los jóvenes futbolistas tenía un estado de hidratación óptimo. Estudios anteriores^{18,19} destacaron la importancia de mantener niveles adecuados de hidratación en los atletas para evitar efectos perjudiciales en la función cognitiva, el rendimiento de resistencia y el equilibrio. Una hidratación adecuada es crucial para que los atletas optimicen sus habilidades físicas y cognitivas, prevengan lesiones y mejoren su rendimiento general durante los entrenamientos y competencias²⁰.

Además, no se observaron diferencias significativas en el estado de hidratación entre las diferentes posiciones de juego. Esto podría indicar que, a pesar de las diferentes demandas físicas de cada posición, otros factores como la ingesta de líquidos y las estrategias de rehidratación podrían tener un mayor impacto en el estado de hidratación de los jugadores²¹. La ausencia de diferencias significativas entre posiciones de juego y categorías de edad concuerda con estudios previos que han reportado patrones similares en poblaciones de futbolistas juveniles^{16,17,19}.

La falta de diferencias significativas también sugiere que los entrenadores y profesionales del deporte deberían enfocarse en la educación y en programas de hidratación estandarizados que aborden a todos los jugadores, independientemente de su posición o edad. Sin embargo, el trabajo de Khan, et al.²² observó diferencias en las pérdidas de electrolitos y las estrategias de rehidratación según las posiciones en el campo en futbolistas femeninas. El análisis de correspondencias múl-

tiples mostró patrones distintivos, sugiriendo que los jugadores en posiciones defensivas y las categorías más jóvenes tendían a estar sobrehidratados, mientras que aquellos en posiciones más activas y categorías intermedias mostraban mayor deshidratación.

Las posiciones de juego más activas y las categorías de edad intermedias mostraron niveles más altos de deshidratación según los patrones identificados en el MCA. Esto podría deberse a que estas posiciones requieren mayor esfuerzo físico, lo que aumenta la pérdida de líquidos. Además, los jugadores más jóvenes (U-13) tendían a estar sobrehidratados, posiblemente debido a una menor conciencia de sus necesidades de líquidos o prácticas menos rigurosas de ingesta de líquidos.

Los factores que afectan el estado de hidratación en los atletas incluyen la educación, la intensidad del ejercicio, la temperatura ambiente y la composición de los líquidos, lo que destaca la naturaleza multifacética de la hidratación en el rendimiento deportivo².

Es importante revisar y optimizar las estrategias de hidratación para los futbolistas, considerando no solo su posición en el campo, sino también los factores individuales y ambientales. Personalizar estas estrategias puede ayudar a mantener un estado de hidratación adecuado, mejorar el rendimiento y reducir el riesgo de complicaciones relacionadas con el calor. Este estudio subraya la prevalencia de la deshidratación en los jóvenes futbolistas y la necesidad de intervenciones específicas para mejorar su estado de hidratación antes del entrenamiento. Implementar estrategias personalizadas basadas en la evidencia es esencial para optimizar el rendimiento y la salud de los jugadores.

CONCLUSIÓN

Los futbolistas juveniles de un club de la región costera de Ecuador se hidratan adecuadamente previo a sus entrenamientos durante la temporada competitiva. Los hallazgos muestran que, aunque no se observaron diferencias significativas en los niveles de hidratación según las posiciones de juego, hubo una mínima prevalencia de deshidratación en algunos participantes, sin relación entre posición de juego ni categoría. Este patrón se alinea con estudios previos que demostraron la frecuencia de deshidratación en atletas antes de sus actividades deportivas, subrayando la importancia de una ingesta adecuada de líquidos para optimizar el rendimiento y prevenir lesiones.

Este resultado indica que las estrategias de hidratación deben adaptarse no solo a la posición de juego, sino también a la edad y otras características específicas de los jugadores. Para mejorar el estado de hidratación y, en consecuencia, el rendimiento deportivo de los jóvenes futbolistas es importante implementar programas educativos que concienticen sobre la importancia de la hidratación y proporcionen pautas claras sobre la ingesta adecuada de líquidos antes, durante y

después del entrenamiento. Además, se recomienda el uso continuo de metodologías de evaluación del estado de hidratación, como la medición de la gravedad específica de la orina, para monitorear y ajustar de manera oportuna las estrategias de rehidratación.

Limitaciones del estudio

El estudio se centró en jóvenes futbolistas de la región costera de Ecuador, lo que limita la generalización de los resultados a otras regiones o poblaciones con características climáticas, culturales y socioeconómicas diferentes. Los patrones y necesidades de hidratación pueden variar significativamente en contextos con diferentes temperaturas, humedad, altitud y hábitos culturales relacionados con la ingesta de líquidos. Sería beneficioso realizar estudios similares en otras regiones de Ecuador y en diferentes contextos internacionales para validar estos hallazgos y adaptar las estrategias de hidratación a diversos entornos y condiciones demográficas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fauza A, Astuti W. Hydration In Athletes: A Literature Review. *J Appl Food Nutr*. 2021;2(1):25-33.
2. Cai T, Fan S. A Review of Research on the Effects of Hydration Status on Health and Athletic Performance in Athletes. *Int Acad J Humanit Soc Sci*. 8 de septiembre de 2023;4(1):1-1. <https://doi.org/10.56028/iajhss.1.4.1.2023>
3. Pérez-Castillo ÍM, Williams JA, López-Chicharro J, Mihic N, Rueda R, Bouzamondo H, et al. Compositional Aspects of Beverages Designed to Promote Hydration Before, During, and After Exercise: Concepts Revisited. *Nutrients*. enero de 2024;16(1):17. <https://doi.org/10.3390/nu16010017>
4. Ersoy N, Ersoy G, Kutlu M. Assessment of hydration status of elite young male soccer players with different methods and new approach method of substitute urine strip. *J Int Soc Sports Nutr*. 2 de septiembre de 2016;13(1):34. <https://doi.org/10.1186/s12970-016-0145-8>
5. Sebastián-Rico J, Martínez-Sanz JM, Sanchis-Chordà J, Alonso-Calvar M, López-Mateu P, Romero-García D, et al. Supplement Consumption by Elite Soccer Players: Differences by Competitive Level, Playing Position, and Sex. *Healthcare*. enero de 2024;12(4):496. <https://doi.org/10.3390/healthcare12040496>
6. Yeargin S, Torres-McGehee TM, Emerson D, Koller J, Dickinson J. Hydration, Eating Attitudes and Behaviors in Age and Weight-Restricted Youth American Football Players. *Nutrients*. 27 de julio de 2021;13(8):2565. <https://doi.org/10.3390/nu13082565>
7. Kamran F, Le VC, Frischknecht A, Wiens J, Sienko KH. Noninvasive Estimation of Hydration Status in Athletes Using Wearable Sensors and a Data-Driven Approach Based on Orthostatic Changes. *Sensors*. enero de 2021;21(13):4469. <https://doi.org/10.3390/s21134469>
8. Kostelnik SB, Rockwell MS, Davy KP, Hedrick VE, Thomas DT, Davy BM. Evaluation of Pragmatic Methods to Rapidly Assess

- Habitual Beverage Intake and Hydration Status in U.S. Collegiate Athletes. 5 de enero de 2021 [citado 25 de julio de 2024]. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2020-0125>
9. Ima IZ, Azad I, Alam MK, Haque T, Sharmin S, Khan MAH, et al. Study on correlation of urine specific gravity with other laboratory parameters of urine in children with Nephrotic syndrome. *GSC Biol Pharm Sci*. 2023;22(1):081-8. <https://doi.org/10.30574/gscbps.2023.22.1.0015>
 10. Kiitam U, Voitkevica L, Timpmann S, Pontaga I, Ereline J, Unt E, et al. Pre-Practice Hydration Status in Soccer (Football) Players in a Cool Environment. *Medicina (Mex)*. 5 de diciembre de 2018; 54(6):102. <https://doi.org/10.3390/medicina54060102>
 11. American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM, Eichner ER, Maughan RJ, Montain SJ, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc*. febrero de 2007;39(2):377-90. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>
 12. Armstrong LE, Pumerantz AC, Fiala KA, Roti MW, Kavouras SA, Casa DJ, et al. Human hydration indices: acute and longitudinal reference values. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. abril de 2010; 20(2):145-53. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.20.2.145>
 13. Frasatya A, Tatontos EY, Urip. Perbedaan Metode Pemeriksaan Berat Jenis Urine terhadap Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Urine. *Syntax Lit J Ilm Indones*. 27 de octubre de 2023;8(10):6164-70. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v8i10.13847>
 14. Lee H. Inference Using Analysis of Variance (ANOVA) for Comparing Multiple Means. En 2023. p. 85-97. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42296-6_4
 15. Theunissen KA, Schipper P, Hoebe CJ, Crutzen R, Kok G, Dukers-Muijers NH. Barriers to and facilitators of partner notification for chlamydia trachomatis among health care professionals. *BMC Health Serv Res*. 20 de diciembre de 2014;14:647. <https://doi.org/10.1186/s12913-014-0647-5>
 16. Aragón-Vargas L, Moncada-Jiménez J, Hernandez-Elizondo J, Barrenechea A, Monge-Alvarado M. Evaluation of pre-game hydration status, heat stress, and fluid balance during professional soccer competition in the heat. *Eur J Sport Sci*. 1 de septiembre de 2009;9:269-76. <https://doi.org/10.1080/17461390902829242>
 17. Phillips SM, Sykes D, Gibson N. Hydration Status and Fluid Balance of Elite European Youth Soccer Players during Consecutive Training Sessions. *J Sports Sci Med*. 1 de diciembre de 2014;13(4):817-22.
 18. Baron S, Courbebaisse M, Lepicard EM, Friedlander G. Assessment of hydration status in a large population. *Br J Nutr*. enero de 2015;113(1):147-58. <https://doi.org/10.1017/S0007114514003213>
 19. Silva R, Mundel T, Natali A, Filho M, Alfenas R, Lima J, et al. Pre-game hydration status, sweat loss, and fluid intake in elite Brazilian young male soccer players during competition. *J Sports Sci*. 23 de noviembre de 2011;30:37-42. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.623711>
 20. Strüven A, Brunner S, Weis G, Cohrdes Y, Lackermair S, Schlichtiger J, et al. Impact of Preparticipation Hypohydration on Cognitive Performance and Concussion-like Symptoms in Recreational Athletes. *Nutrients*. 18 de octubre de 2023;15:4420. <https://doi.org/10.3390/nu15204420>
 21. McCubbin AJ, Irwin C. The effect of pre-exercise oral hyperhydration on endurance exercise performance, heart rate, and thermoregulation: a meta-analytical review. *Appl Physiol Nutr Metab*. mayo de 2024;49(5):569-83. <https://doi.org/10.1139/apnm-2023-0384>
 22. Khan A, Jamil M, Ullah M, Ullah I, Zubair M, Saheem S. Causes, Precautions and Management of Risk Factors Associated with Dehydration among Athletes: Risk Factors Associated with Dehydration among Athletes. *THE THERAPIST (Journal of Therapies & Rehabilitation Sciences)* [Internet]. 30 de junio de 2023 [citado 26 de agosto de 2025]. <https://doi.org/10.54393/tt.v4i02.98>

Estado nutricional y desempeño físico en adultos mayores hospitalizados en un Hospital de EsSalud Juliaca-Perú, 2023

Nutritional status and physical performance in older adults hospitalized in an EsSalud Hospital Juliaca-Perú, 2023

Merilee M. CURRO MENDOZA

Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú y Hospital Base III de la Red Asistencial Juliaca de EsSalud, Perú.

Recibido: 24/agosto/2025. Aceptado: 7/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: La fuerza de prensión débil, velocidad de marcha lenta, cambios en la composición corporal son muy frecuentes en adultos mayores hospitalizados, su presencia implica alteraciones en la movilidad, mayor duración de la estancia hospitalaria, riesgo de caídas y fragilidad.

Objetivo: Evaluar la asociación entre el desempeño físico y el estado nutricional en adultos mayores hospitalizados en un hospital de EsSalud en Juliaca-Perú, 2023.

Métodos: Estudio transversal observacional de tipo correlacional, la muestra estuvo conformada por 50 adultos mayores hospitalizados en el Hospital Base III de la Red Asistencial Juliaca de EsSalud. Con el debido consentimiento de los pacientes, se procedió a la recolección de datos, la evaluación nutricional se realizó mediante la toma medidas antropométricas como peso, talla y perímetro de pantorrilla; la fuerza de prensión manual se determinó utilizando un dinamómetro de la marca jamar, y la capacidad funcional se evaluó mediante la prueba cronometrada de levántese y ande. El análisis estadístico se llevó a cabo empleando medidas de tendencia central como la mediana y rango intercuartílico, se aplicó la prueba de chi cuadrado para evaluar la relación entre las variables.

Resultados: La relación del IMC y desempeño físico no fue estadísticamente significativa ($p=0,470$). De igual forma, la

asociación entre la masa muscular y la fuerza de prensión manual no alcanzó significancia estadística ($p=0,052$). Por otro lado, la masa muscular disminuida se asoció significativamente con un mayor riesgo en la prueba "Levántese y camine" ($p<0,001$).

Conclusión: Se identificó una asociación estadísticamente significativa entre la masa muscular y el desempeño físico. Los adultos mayores con masa muscular disminuida mostraron un rendimiento físico inferior, reflejando una posible relación entre la pérdida de masa muscular y la disminución de la capacidad funcional.

PALABRAS CLAVE

Masa Muscular, Capacidad Funcional, Fragilidad, Hospitalización Geriátrica.

SUMMARY

Introduction: Weak grip strength, slow walking speed, changes in body composition are very common in hospitalized older adults, their presence implies alterations in mobility, longer hospital stay, risk of falls and frailty.

Objective: To evaluate the association between physical performance and nutritional status in older adults hospitalized in an EsSalud hospital in Juliaca-Peru, 2023.

Methods: Quantitative approach research, descriptive cross-association, cross-sectional, observational and prospective design, the sample consisted of 50 older adults hospitalized in Base Hospital III of the Juliaca EsSalud Healthcare Network. With the due consent of the patients, data was collected, nutritional assessment was carried out by taking an-

Correspondencia:
Merilee M. Curro Mendoza
miriambelinda@hotmail.com

thropometric measurements such as weight, height and calf circumference; manual grip strength was determined using a Jamar brand dynamometer, and functional capacity was evaluated using the timed get up and walk test. Statistical analysis was performed using measures of central tendency such as median and interquartile range, and the chi-square test was applied to evaluate the relationship between variables.

Results: The relationship between BMI and physical performance was not statistically significant ($p=0.470$). Similarly, the association between muscle mass and handgrip strength did not reach statistical significance ($p=0.052$). On the other hand, decreased muscle mass was significantly associated with an increased risk in the "Get Up and Walk" test ($p<0.001$).

Conclusion: A statistically significant association was identified between muscle mass and physical performance. Older adults with decreased muscle mass showed lower physical performance, reflecting a possible relationship between muscle loss and decreased functional capacity.

KEYWORDS

Muscle Mass, Functional Capacity, Frailty, Geriatric Hospitalization.

INTRODUCCIÓN

Actualmente gran parte de la población tiene una esperanza de vida igual o superior a los 60 años, la OMS prevé para el 2050, que los habitantes a nivel mundial de 60 años o más se habrá duplicado 2100 millones¹. En Perú al primer trimestre del año 2023, el 39,6% de los hogares del país tenía entre sus miembros al menos una persona de 60 y más años de edad². La redistribución del tejido graso, la reducción de la masa y fuerza musculoesquelética inicia en la tercera década de la vida y se acelera con el transcurso de los años. Al pasar los 40 años, la masa muscular se pierde de 3% a 8% cada 10 años y el descenso se intensifica después de los 60 años. Lo que afecta el rendimiento físico, aumentando los riesgos de caídas y fracturas óseas; teniendo un impacto negativo en la salud, la funcionalidad, discapacidad, la capacidad de autocuidado y la calidad de vida, aumentando la institucionalización, el gasto en salud e incluso la morbilidad³⁻⁵.

Cabe mencionar que el envejecimiento en sí, está asociado con cambios en el peso y la composición corporal; tales cambios incluyen un aumento de la masa grasa y su redistribución, con mayor acumulación en la región intraabdominal, así como una disminución de la masa magra, cuyo componente principal es la masa muscular, que a menudo conduce a la sarcopenia⁶. Existen numerosos estudios clínicos y epidemiológicos que han demostrado que la dinamometría tiene un potencial predictivo de morbilidad y mortalidad, en pacientes ancianos, una disminución de la fuerza prensil implica una pérdida de independencia. La dinapenia es un fac-

tor involucrado en la etiología de un problema de salud complejo de limitación funcional o discapacidad física y debe tratarse como tal⁷⁻⁹.

Syddall y colaboradores realizaron un estudio transversal con recolección prospectiva de datos de mortalidad concluyeron que la fuerza de prensión se asoció con más marcadores de fragilidad que la edad cronológica dentro del estrecho rango de edad estudiado. Leong y su equipo demostraron que una disminución de 5 kg de fuerza prensil se asociaba a alguna causa de muerte como cardiovascular o evento cerebral agudo^{10,11}. Por otra parte, en un estudio observacional transversal se tiene evidencia que en el test cronometrado de levántese y ande sobre los 13,5 segundos, es un predictor para riesgo de caídas en el adulto mayor que viven en comunidad, sin embargo, el nivel de predicción varía de acuerdo a la condición física de los adultos mayores¹². Además, Studenski et al. también demostró que cada reducción de 0,1 m/s en la velocidad de la marcha en adultos mayores se asocia con un aumento del 12% en la mortalidad¹³.

La evaluación del desempeño físico y el estado nutricional en adultos mayores utilizando la dinamometría, pruebas de rendimiento y la antropometría, podrían proporcionar predicciones oportunas de pérdida de movilidad, hospitalización, duración de la estancia, estancia en residencias de ancianos, fragilidad y discapacidad permanente.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la asociación entre el estado nutricional y el desempeño físico en pacientes adultos mayores hospitalizados en un hospital de EsSalud Juliaca-Perú, 2023.

METODOLOGÍA

Población y muestra

El estudio fue transversal observacional de tipo correlacional, realizado en el Hospital Base III de la Red Asistencial EsSalud Juliaca, la muestra estuvo constituida por 50 adultos mayores de ambos sexos que fueron hospitalizados entre los meses de agosto a octubre del 2023 los cuales aceptaron ser parte de la presente investigación, la muestra fue de tipo censo debido al pequeño tamaño de la muestra.

Se excluyó a aquellos pacientes que presentaron alguna enfermedad osteoarticular o algún compromiso del estado de conciencia como demencia entre otras condiciones de deterioro cognitivo.

Procedimientos

Para la determinación del estado nutricional se utilizaron las siguientes medidas antropométricas: Para la toma del peso el paciente se colocó en centro de la plataforma de la balanza, en posición erguida y mirando al frente con los brazos a los costados del cuerpo, los pies cubriendo completamente los orificios ubicados en la plataforma de la balanza.

Para la toma de la talla el paciente se retira los zapatos, los accesorios u otros objetos en la cabeza o cuerpo que interfieran con la medición, se ubica en el centro de la base del tallímetro, de espaldas al tablero, en posición erguida, los talones juntos y las puntas de los pies ligeramente separados. Se asegura los talones, pantorrillas, nalgas, hombros, y parte posterior de la cabeza, se encuentren en contacto con el tablero del tallímetro. Para la evaluación nutricional se usó el IMC en adulto mayor, según MINS¹⁴.

Para el perímetro de pantorrilla se realizó con el paciente sentado, formando un ángulo recto, la medición se realizó en la pierna no dominante en la zona más prominente teniendo cuidado de no presionar el tejido subcutáneo se utilizó una cinta métrica metálica de marca cescorfi; siendo el punto de corte < 31 cm en adultos mayores, según criterios internacionales¹⁵.

Para determinar el desempeño físico se tomó la fuerza de prensión manual se utilizó el dinamómetro hidráulico marca Jamar se realizó 3 medidas en cada mano, tomándose el mayor valor alcanzado¹⁶, para el rendimiento físico se realizó la prueba de avance time UP and Go; en la cual se registra el tiempo que le toma al paciente levantarse de una posición sentada, caminar una distancia de 3 metros y dar vuelta caminar la distancia de regreso a la velocidad que normalmente camina y sentarse¹⁷.

Análisis estadístico

La información recolectada se consignó en una base de datos en Excel y luego se procesó mediante el software estadístico IBM SPSS versión 26.0; se realizó el análisis descriptivo de las variables, estado nutricional y desempeño físico como frecuencia, media, rango intercuartílico y desviación estándar. La asociación entre las variables se determinó a través de la prueba de chi cuadrado con un nivel de confianza del 95%. Las variables se categorizaron de la siguiente manera:

- **Índice de masa corporal (IMC):** 0 (≤ 22), 1 (22,1–24,2), 2 (24,3–27,8) y 3 ($\geq 27,9$).
- **Masa Muscular:** 0 (adecuado) y 1 (disminuido)
- **Fuerza de prensión manual:** 0 (normal) y 1 (poca fuerza).
- **Prueba Timed Up and Go (TUG):** 0 (normal), 1 (riesgo leve) y 2 (riesgo alto).

Aspectos Éticos

El presente estudio fue revisado y aprobado por el comité de ética del Hospital Base III de la Red Asistencial Juliaca de EsSalud. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado.

RESULTADOS

En el estudio participaron 50 adultos mayores, con edades entre 60 y 90 años, en el cual predominó el sexo femenino. La mediana de edad fue de 75 (RIC=Q3-Q1=10) años. Resaltando el grupo de edad de entre 70-79 años. Del total de evaluados más de los dos quintos presentaron un índice de masa corporal dentro de los rangos normales. (Tabla 1).

Por otra parte, El 80% de los participantes mostró una fuerza muscular débil, siendo este patrón más prevalente en el sexo femenino. Asimismo, el 80% de la muestra presentó una disminución en la masa muscular, mientras que el 20% restante mostró una masa muscular adecuada. En cuanto al riesgo funcional, el 64% de los participantes fue clasificado con alto riesgo, mientras que un 28% presentó un riesgo leve. (Tabla 1).

Tabla 1. Características generales, estado nutricional y desempeño físico de adultos mayores hospitalizados en el Hospital III EsSalud Juliaca (n=50)

Características generales	N°	%
Sexo		
Femenino	26	52
Masculino	24	48
Grupo de edad		
60-69 años	10	20
70-79 años	27	54
80-89 años	13	26
Índice de Masa Corporal (IMC)		
Delgadez	14	28
Normal	22	44
Sobrepeso	11	22
Obesidad	3	6
Fuerza de Prensión Manual		
Poca Fuerza		
Femenino	26	52
Masculino	14	28
Normal		
Femenino	0	0
Masculino	10	20

Tabla 1 continuación. Características generales, estado nutricional y desempeño físico de adultos mayores hospitalizados en el Hospital III EsSalud Juliaca (n=50)

Características generales	N°	%
Masa Muscular (M.M)M.M Disminuida		
Femenino	26	52
Masculino	14	28
M.M Adecuado		
Femenino	0	0
Masculino	10	20
Test cronometrado levántese y ande		
Normal		
Femenino	4	8
Masculino	0	0
Riesgo leve		
Femenino	4	8
Masculino	10	20
Alto riesgo		
Femenino	18	36
Masculino	14	28
Total	50	100

En la tabla 2, se presenta la asociación entre IMC y desempeño físico, los datos indican que la mayoría de los individuos con delgadez presentan fuerza de prensión manual débil (92.9%). Esta tendencia también se observa en las demás categorías de IMC, aunque en menor proporción. No obstante, el valor de p valor obtenido ($p=0,470$).

Las personas con bajo peso y obesidad tienden a presentar un alto riesgo de bajo rendimiento físico, mientras que aquellas con sobrepeso y peso normal muestran una distribución más variada, aunque también tienen un riesgo elevado. El IMC y el test cronometrado de levántese y ande presentan un valor de la significación ($p=0,005$).

Tabla 3, La asociación entre la masa muscular y la fuerza de prensión manual tuvo un valor ($p=0,052$). Sin embargo, se observa una tendencia que sugiere que una masa muscular disminuida podría estar asociada con una fuerza de prensión manual débil.

Las personas con masa muscular disminuida tienen una mayor probabilidad de estar en la categoría de alto riesgo en el test cronometrado de levántese y ande. Existe una relación significativa entre la masa muscular y el nivel de riesgo del test cronometrado de levántese y ande con un valor ($p < 0,001$).

DISCUSIÓN

La población de la tercera edad está incrementando, y con ella es más frecuente encontrar mecanismos de atrofia de la fibra muscular que se relacionan con el desequilibrio en la síntesis y descomposición de las proteínas musculares, la resistencia anabólica a señales ambientales fundamentales, como la actividad física y el estado nutricional, desencadenando alteraciones como la sarcopenia y fragilidad, condiciones que deben ser identificadas e intervenidas tempranamente con el

Tabla 2. Asociación entre IMC y desempeño físico en adultos mayores hospitalizados (n=50)

IMC	F. P				Total		Test cronometrado levántese y ande						Total	
	Normal		Poca fuerza				Sin riesgo		Riesgo leve		Alto riesgo			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Delgadez	1	2	13	26	14	28	0	0	2	4	12	24	14	28
Normal	6	12	16	32	22	44	0	0	9	18	13	26	22	44
Sobrepeso	2	4	9	18	11	22	4	8	2	4	5	10	11	22
Obesidad	1	2	2	4	3	6	0	0	1	2	2	4	3	6
Total	10	20	40	80	50	100	4	8	14	28	32	64	50	100

FP: Fuerza de prensión manual, IMC: Índice de masa corporal.

Tabla 3. Asociación entre masa muscular y desempeño físico en adultos mayores hospitalizados (n=50)

M.M	F. P				Total		Test cronometrado levántese y ande						Total	
	Normal		Poca fuerza				Sin riesgo		Riesgo leve		Alto riesgo			
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Adecuado	6	12	11	22	17	34	4	8	8	16	5	10	17	34
Disminuido	4	8	29	58	33	66	0	0	6	12	27	54	33	66
Total	10	20	40	80	50	100	4	8	14	28	32	64	50	100

FP: Fuerza de prensión manual, M.M: Masa muscular.

fin de minimizar las consecuencias en la salud de los individuos afectados¹⁷⁻²⁰.

Distintos investigadores concuerdan, al igual que en este estudio, que la mediana de edad de los adultos mayores con factores de riesgo de caídas es de más de setenta años por consiguiente tal acaecimiento aumenta con la edad, lo cual tiene implicaciones clínicas hospitalarias y sobre todo en los costos para la persona, la familia y la sociedad; se observó un predominio de edad media de los participantes de 69.8 años Brasil⁴, 65 años en Cali, Colombia²¹, 64 años en Bogotá, Colombia¹⁰, 77.8 en México⁷, la edad promedio es similar a la población de este estudio 75.18 años, aunque con diferentes tamaños muestrales. Sin embargo en un estudio Nacional realizado en un Centro Médico Naval la edad fue de 85,9 años²².

El tejido graso aumenta con el pasar de los años, afectando tanto la parte externa e interna de los músculos, lo cual se acompaña de la disminución del tamaño y fuerza muscular. Desde el punto de vista de la grasa corporal, entre los 60 y 79 años se considera sobrepeso a valores superiores a 25% en el hombre y 36% en mujeres, mientras que la obesidad está considerada por encima de 30% en los hombres y 41% en las mujeres²³. Según Ibeneme y colaboradores demostraron que los participantes que tienen mayor riesgo a caídas presentan un valor de IMC más alto 27,58(0,26) en comparación a los que no 25,86(0,23)¹². Valores similares se observaron en el estudio de Santiago y colaboradores con un IMC de 28.66 ± 3.80 además el 68% de los ancianos con sobrepeso tuvieron dificultades para levantarse de la silla tomando "impulso" sobre los brazos de las sillas²⁴, similares resultados se vieron en el estudio de Pereyra y colaboradores con un e IMC en sobrepeso con un 40%²⁵.

Santiago y colaboradores hallaron que sí existe diferencia estadística significativa entre el factor marcha (equilibrio/traslado) y el IMC, debido a que el 68% de los ancianos con sobrepeso tuvieron una marcha alterada, lo que les impediría tener buen equilibrio que podría provocar la caída del adulto mayor²⁴, asimismo Pereyra y colaboradores encontraron asociación entre sobrepeso y obesidad ($p = 0,035$) con el tamizaje positivo de

sarcopenia, el promedio del IMC fue mayor en los pacientes con sarcopenia [30,1 (DE = 5,91) vs. 26,4 (DE = 4,26); $p = 0,01$]; adicionalmente la mayor cantidad de participantes con sospecha de sarcopenia eran obesos (50%)²⁶.

Por otro lado, según Ortiz y colaboradores en su investigación encontraron diferencia significativa en el déficit de la MLG en ambos grupos, déficit de MLG en frágiles 27 (74 %) vs. 17 (26 %) en no frágiles, $p = 0,005$, en adición al evaluar la masa muscular encuentra que los adultos mayores frágiles tenían menor masa y calidad muscular y mayor grasa comparado a los no frágiles. No obstante en el estudio de Runzer y colaboradores los participantes que presentaron rendimiento físico alterado tuvieron una circunferencia de pantorrilla 23,23 ± 1,95²⁶, resultados similares se observaron en el estudio de Vidal donde el 18% ($n = 38$) de la población estudiada presentó una circunferencia de pantorrilla disminuida, de los cuales el 58% ($n = 22$) tuvo un puntaje ≥ 4 en el SARC-F²⁷.

Diversos estudios han evidenciado que la presencia de fuerza de prensión débil es un factor de riesgo para predecir sarcopenia y fragilidad. Estas alteraciones en la fuerza muscular suelen ser inherentes al proceso de envejecimiento, pero también a la interacción con las diversas comorbilidades, en vista de que ocurre una pérdida de musculatura progresiva entre un 12 a 15% por década, siendo su pico máximo a los 40-50 años²⁸. Runzer y col. Encontraron que la fuerza de prensión débil es un factor asociado a la dependencia funcional para actividades de vida diarias (AVD) 76% ($n = 111$) y el bajo rendimiento físico 71% ($n = 103$), además Aboytes y cols. demostraron una correlación positiva entre el índice de Barthel y la fuerza prensil, el cual se reportó en 71.2% de los pacientes con dependencia funcional⁷.

El presente estudio tuvo algunas limitaciones. En vista de que el muestreo fue no probabilístico y por respetar los criterios de selección, existió la posibilidad de sesgo. Se intentó disminuir el impacto de sesgo de confusión mediante el análisis ajustado. Además, el diseño transversal dificultó evaluar la causalidad entre las variables.

Conclusión: El presente trabajo de investigación permite concluir que, en adultos mayores de 60 años, la masa muscular disminuida se asoció a una fuerza de prensión débil y menor rendimiento físico.

BIBLIOGRAFÍA

- Organización Mundial de la Salud. Envejecimiento y salud. Geriatrika [Internet]. 2021 [cited 2023 Jun 19];56(1):38–43. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- Carhuavilca, D., Sánchez A., Gutierrez C., Arias A. MD, Al. E. Situación de la Población Adulta Mayor. Inst Nac Estadística e Informática [Internet]. 2021 [cited 2023 Oct 19];No 03(4):1–51. Available from: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_adulto_mayor_1.pdf
- Kim H, Hirano H, Eda Hiro A, Ohara Y, Watanabe Y, Kojima N, et al. Sarcopenia: Prevalence and associated factors based on different suggested definitions in community-dwelling older adults. Geriatr Gerontol Int [Internet]. 2016 Mar 1 [cited 2022 Oct 3];16:110–22. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ggi.12723>
- Alexandre T da S, Duarte YA de O, Santos JLF, Lebrão ML. Prevalence and associated factors of sarcopenia, dynapenia, and sarcodynepenia in community-dwelling elderly in são paulo – sabe study. Rev Bras Epidemiol [Internet]. 2018 Feb 4 [cited 2022 Sep 29];21(2):e180009. Available from: <https://www.scielo.br/j/rbe/pid/a/rdHTbFf4RCCSkQm5zMWhPgW/?lang=en>
- Valdebenito Castillo D, Monroy Cárcamo S, Rojas Morales E, Álvarez-Bustos A, Sepúlveda-Loyola W. Effects of dual task training on the clinical manifestations of sarcopenia: a scoping review. Nutr Clin y Diet Hosp. 2023;43(3):143–52.
- Alzate Yepes T. La obesidad sarcopénica en los adultos mayores. Perspect en Nutr Humana. 2020;22(2):133–6.
- Aboytes-Menchaca C, Ledesma-González M, Casas-Villa J. Utilidad de la fuerza prensil como predictor de abatimiento funcional en pacientes mayores de 60 años con fractura de cadera. Acta Ortopédica Mex [Internet]. 2021 [cited 2022 Jul 14];35(4):348–53. Available from: www.medigraphic.com/actaortopedica
- Camila M, Zuluaga P, Helena C, Correa G, Guadalupe A, Durán M. Artículo Original Cut-off points to determine muscle mass reduction by electrical bioimpedance analysis for the diagnosis of sarcopenia in older adults: a systematic review. 2023;43(4):98–104.
- Cárdenas-Quintana H, Machaca-Hilasaca M, Roldan-Arbieto L, Muñoz Del Carpio Toia Á, Figueroa Del Carpio V. Nutrition-related risk factors in autonomous elderly people from Arequipa, Peru. Nutr Clin y Diet Hosp. 2022;42(1):160–8.
- Medina Victoria DA, Laverde LA, Alviz Conde LK, Galvis JC. Prevalencia de dinapenia (disminución de la fuerza), sarcopenia y posibles biomarcadores en rehabilitación cardíaca. Rev Repert Med y Cirugía [Internet]. 2020 [cited 2022 Sep 29];30(2):142–9. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/326432967.pdf>
- Gamarra Palacios ZZ, Aliaga Díaz EG. "Fuerza de prensión en población adulto mayor, atendida por consultorio externo de un hospital general de Lima-Perú, durante el periodo de agosto 2017 - julio 2019". 2019 [cited 2022 Jul 14]; Available from: https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/7039/Fuerza_GamarraPalacios_Zarina.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ibeneme SC, Eze JC, Okonkwo UP, Ibeneme GC, Fortwengel G. Evaluating the discriminatory power of the velocity field diagram and timed-up-and-go test in determining the fall status of community-dwelling older adults: a cross-sectional observational study. BMC Geriatr [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2023 Dec 12];22(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35948869/>
- Studenski S, Perera S, Patel K, Rosano C, Faulkner K, Inzitari M, et al. Gait Speed and Survival in Older Adults. JAMA [Internet]. 2011 Jan 1 [cited 2023 Dec 12];305(1):50. Available from: [/pmc/articles/PMC3080184/](http://pmc/articles/PMC3080184/)
- Aguilar Esenarro, L, Conteras Rojas M. GUÍA TÉCNICA PARA LA VALORACIÓN NUTRICIONAL ANTROPOMÉTRICA DE LA PERSONA ADULTA MAYOR, Ministerio de Salud. 2013.
- Ramos-Ramirez KE, Soto A. Sarcopenia, mortalidad intrahospitalaria y estancia hospitalaria prolongada en adultos mayores internados en un hospital de referencia peruano. ACTA MEDICA Peru [Internet]. 2020 Dec 29 [cited 2022 Sep 29];37(4):447–54. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172020000400447&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- García Almeida JM, García García C, Bellido Castañeda V, Bellido Guerrero D. Nuevo enfoque de la nutrición. Valoración del estado nutricional del paciente: función y composición corporal. Nutr Hosp. 2018;35(3).
- Ugarte JLL, Vargas FR. Timed up and go values in older people with and without a history of falls. Rev Med Chil [Internet]. 2021 Sep 1 [cited 2022 Nov 4];149(9):1302–10. Available from: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872021000901302&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Calvo Higuera I, Gomez Carrillo A. Sarcopenia y envejecimiento saludable: reporte de caso. Rev Nutr Clínica y Metab [Internet]. 2023 Mar 23 [cited 2023 Oct 18];6(1). Available from: <https://revistanutricionclinicametabolismo.org/index.php/nutricionclinicametabolismo/article/view/499>
- Rodríguez Gutiérrez MM, Lozada Martínez ID, Moreno López N, Vargas Arboleda DA, Nieto García CE, Picón Jaimes YA, et al. Prevalence of sarcopenia in older adults in two retirement homes in Pereira, Colombia. Rev la Fac Med Humana. 2022;22(2):266–72.
- Andrea Barria Cavallone, Macarena Dañoibeitia Aciares. Medición De La Fuerza Muscular a Través Del Dinamómetro Y Su Relación Con La Ingesta Proteica. 2013 [cited 2022 Jul 14]; Available from: http://repositorio.uft.cl/bitstream/handle/20.500.12254/343/MEDICION_DE_LA_FUERZA_MUSCULAR_A_TRAVES_DEL_DINAMOMETRO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Martínez-Calvache V, Herrera-Peña Á, Carrera-Gil F. Sarcopenia y fragilidad en pacientes hospitalizados en salas de medicina interna. Acta Médica Colomb [Internet]. 2020;2050(1):1–9. Available from: <http://www.actamedicacolombiana.com/ojs/index.php/actamed/article/view/1242/832>

22. Runzer-Colmenares FM, Díaz-Villegas G, Merino-Taboada A, Ñaña-Cordova AM, Benavente-Chalco XC, Arteaga-Cisneros KF, et al. Fuerza de prensión débil y su asociación con la dependencia funcional y el rendimiento físico alterado en adultos mayores de 80 años. *An la Fac Med* [Internet]. 2023 [cited 2023 Jun 19]; 84(1):22–7. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832023000100022&lng=es&nrm=iso&tlng=pt
23. Gallagher D, Heymsfield S, Heo M, Jebb S, Murgatroyd P, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: An approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(3):1–9.
24. Mijangos ADS, de la Cruz PG, Alfaro LIS, Ribón TS. Risk factors for falls and body mass index in elderly hospitalized patients. *Rev Cuid*. 2019;10(1):1–9.
25. Pereyra-Mosquera M, Revilla-Merino A, Falvy-Bockos I, Gutierrez M, Ibañez A, Gutierrez EL, et al. Asociación entre sarcopenia e índice de masa corporal en adultos mayores. *An la Fac Med* [Internet]. 2023 [cited 2023 Nov 7];84(2):215–6. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832023000200215&lng=es&nrm=iso&tlng=es
26. Pereyra-Mosquera M, Revilla-Merino A, Falvy-Bockos I, Gutierrez M, Ibañez A, Gutierrez EL, et al. Association between sarcopenia and body mass index in older adults [Internet]. Vol. 84, *Anales de la Facultad de Medicina*. UNMSM. Facultad de Medicina; 2023 [cited 2023 Nov 7]. p. 215–6. Available from: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832023000200215&lng=es&nrm=iso&tlng=es
27. Vidal Cuéllar CL. Screening de sarcopenia y factores relacionados en adultos mayores de un Hospital General en Lima, Perú. 2021;6. Available from: https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/9343/Screening_VidalCuellar_Claudia.pdf?sequence=1&isAllowed=y
28. Serra J. Consecuencias clínicas de la sarcopenia. *Nutr Hosp* [Internet]. 2006 [cited 2023 Oct 24];21(SUPPL. 3):46–50. Available from: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000600007

How do meal timing and meal frequency influence the development, prevention, and management of metabolic syndrome? A systematic review of human studies

Aaltje E. MANAMPIRING¹, Joice Nancy Ansje ENGKA², Billy J. KEPEL¹, Karina E. KUSSOY³

1 Department of Chemistry, Faculty of Medicine, Sam Ratulangi University, Manado. Indonesia.

2 Department of Physiology, Faculty of Medicine, Sam Ratulangi University, Manado. Indonesia.

3 Dr. J.H Awaloei Tateli Hospital, Minahasa, Indonesia.

Recibido: 12/julio/2025. Aceptado: 8/noviembre/2025.

ABSTRACT

Background: Metabolic syndrome (MetS) is a complex condition characterized by central obesity, insulin resistance, hypertension, and dyslipidemia, significantly raising the risk for chronic diseases such as cardiovascular disease and type 2 diabetes. Recent research emphasizes meal timing and frequency as potentially modifiable lifestyle factors influencing metabolic health independently of caloric intake.

Objective: To systematically review how meal timing and meal frequency impact the development, prevention, and management of metabolic syndrome.

Methods: A comprehensive search across Semantic Scholar, Google Scholar, and Scopus extensive academic database, identified relevant literature. Studies were included if they assessed meal timing/frequency interventions in adults, reported metabolic syndrome components, involved human subjects, and lasted at least four weeks. Data extraction systematically focused on study design, participant characteristics, intervention specifics, and metabolic outcomes.

Results: Thirty-two studies were reviewed, comprising randomized controlled trials, cohort studies, meta-analyses, and intervention studies. Key findings indicate that regular and early time-restricted eating significantly improves insulin sensitivity, glucose metabolism, lipid profiles, and body composition (e.g., reduced visceral fat and waist circumference).

Conversely, irregular or infrequent eating patterns, such as one meal per day, are associated with negative outcomes, including elevated blood pressure and cholesterol levels.

Conclusions: Aligning meal timing and frequency with circadian rhythms and maintaining consistent meal schedules notably enhances metabolic health markers. These findings provide strong support for incorporating chrononutrition principles into public health recommendations and clinical practices for managing metabolic syndrome.

KEYWORDS

Body composition, Circadian rhythms, Insulin sensitivity, Meal frequency, Meal timing, Metabolic syndrome, Time-restricted eating, Type 2 diabetes.

INTRODUCTION

Metabolic syndrome represents a complex and pervasive public health challenge, characterized by a constellation of interconnected physiological and biochemical abnormalities, including central obesity, hypertension, dyslipidemia, and impaired glucose tolerance¹. This syndrome is not merely a collection of symptoms but a significant risk factor for the development of severe chronic non-communicable diseases, most notably cardiovascular disease and type 2 diabetes. The escalating global prevalence of metabolic syndrome underscores an urgent need for a deepened understanding of its multifactorial etiology and the identification of effective, scalable interventions for both its prevention and management².

Conventional strategies for addressing metabolic syndrome typically encompass a multifaceted approach that combines pharmacological treatments with foundational lifestyle modifi-

Correspondencia:
Aaltje E. Manampiring
aldamanampiring@unsrat.ac.id

cations. These lifestyle interventions primarily involve dietary adjustments and recommendations for increased physical activity, aiming to improve individual metabolic parameters and reduce overall disease burden³. While these established methods have demonstrated efficacy in mitigating the progression of metabolic syndrome, their implementation often faces challenges related to patient adherence and long-term sustainability, highlighting the imperative for exploring complementary or alternative strategies that could enhance their impact.

In recent years, scientific inquiry has increasingly shifted focus beyond the macronutrient composition of diets to the temporal aspects of food intake—specifically, meal timing and frequency. This emerging paradigm recognizes that *when* and *how often* an individual eats can exert profound effects on metabolic processes, independent of total caloric intake. Studies suggest that maintaining consistent meal schedules, particularly those that front-load energy intake earlier in the day, can optimize glucose regulation, enhance insulin sensitivity, and modulate other crucial metabolic markers^{4,5}. However, a comprehensive and synthesized understanding of these temporal dietary patterns in the context of metabolic syndrome remains crucial for clinical application.

Despite the growing recognition of chrononutrition's potential, a clear, unified picture of how specific meal timing and frequency patterns directly influence the development, prevention, and management of metabolic syndrome is still evolving. There is a discernible research gap in systematically consolidating the evidence across diverse study designs and populations. Therefore, this paper aims to address this gap by conducting a comprehensive review of the existing literature. Our primary objective is to elucidate the specific effects of meal timing and meal frequency on key metabolic syndrome outcomes, thereby contributing to evidence-based recommendations for improved public health interventions.

METHODOLOGY

To comprehensively investigate the influence of meal timing and frequency on the development, prevention, and management of metabolic syndrome, a systematic search was executed across the extensive Semantic Scholar corpus, Google Scholar, and Scopus, encompassing over 126 million academic papers. This initial broad search strategy was designed to capture a wide array of relevant literature, resulting in the retrieval of 500 papers identified as most pertinent to the core research question. Subsequent to the initial retrieval, a rigorous screening process was implemented to ensure the inclusion of only high-quality and directly relevant studies. The predefined inclusion criteria for this screening phase were multifaceted: studies must have examined meal timing and/or frequency interventions (e.g., time-restricted feeding, intermittent fasting, meal spacing, specific number of meals per day); all study participants must have been adults (aged

18 years or older); the studies were required to measure at least one component of metabolic syndrome (e.g., hypertension, dyslipidemia, insulin resistance, central obesity); eligible study designs included intervention studies (randomized controlled trials, quasi-experimental designs), prospective cohort studies, or systematic reviews/meta-analyses; the intervention or follow-up duration needed to be a minimum of four weeks; studies had to be conducted in human subjects; and the intervention's focus needed to extend beyond mere caloric restriction to include timing or frequency components. Additionally, participants were required to be free from severe medical conditions that could independently confound metabolic outcomes. Each screening question was carefully considered in conjunction with the others to make a holistic judgment on a paper's suitability for inclusion.

Data extraction from the selected papers was systematically performed utilizing a large language model, which was meticulously guided by precise, pre-defined instructions for each data column. The model was provided with pre-defined instructions specifying: (1) identification of study design (e.g., randomized controlled trial, cohort, intervention, or meta-analysis); (2) extraction of participant characteristics (sample size, age range, sex ratio, and inclusion/exclusion criteria); (3) description of meal timing or frequency intervention (type, duration, timing schedule, and number of meals per day); and (4) extraction of primary metabolic outcomes (body weight, glucose metabolism, insulin sensitivity, lipid profile, and blood pressure). The outputs were subsequently verified manually by two independent reviewers for accuracy and completeness. To ensure data validity and reproducibility, a manual review by two independent researchers was conducted on all extracted data entries. The human reviewers cross-verified the model's outputs against the original publications to confirm accuracy, completeness, and proper contextual interpretation of study parameters. Any discrepancies between the model output and the source text were corrected manually, and consensus was reached through discussion. For every included study, the model was tasked with specifying the exact study design, differentiating between randomized controlled trials, cohort studies, cross-sectional studies, and intervention studies, with particular attention paid to descriptions within the methods section. In instances where the design was not explicitly stated, the methodology was thoroughly reviewed to determine the most appropriate classification, and any multiple design elements were comprehensively listed. Participant characteristics, extracted primarily from "Participants" or "Subjects" sections, included the total number of participants, age range or mean age, gender distribution, specific health status or metabolic conditions (e.g., metabolic syndrome, obesity, diabetes risk), and clear inclusion/exclusion criteria. Missing participant information was explicitly noted. Details of meal timing and frequency interventions were extracted from the methods section, focusing on precise descriptions

of protocols, such as the number of meals per day, specific meal timings (e.g., hours or relative to circadian rhythms), intervention duration, and any unique instructions regarding meal consumption. For studies comparing multiple groups, details for each were extracted separately. Finally, primary metabolic outcomes, including body weight changes, glucose metabolism markers, insulin sensitivity, lipid profile, and blood pressure, were extracted from the results section, emphasizing statistically significant findings, specific measurement values, statistical significance (p-values), and measurement units.

RESULTS

Characteristics of Included Studies

The analysis of the included studies reveals a diverse landscape of research designs and participant populations exploring the impact of meal timing and frequency on metabolic health. Out of the 32 studies analyzed, the majority, 22, were randomized controlled trials (RCTs), including both crossover and parallel designs. Additionally, four cohort studies, four intervention studies, three meta-analyses, and two pilot trials were identified. This variety in study designs indicates a ro-

Table 1. Characteristics of Included Studies

Study	Study Design	Population Characteristics	Intervention Type (Timing or Frequency)	Primary Outcomes
Allison et al., 2020 (6)	Randomized controlled trial with crossover design	12 healthy adults, mean age 26.3 ± 3.4 years, BMI 19-27 kg/m ²	Daytime (08.00-19.00h) vs. Delayed (12.00-23.00h) eating schedule	Body weight, glucose metabolism, insulin sensitivity, lipid profile
Blazey et al., 2023 (7)	Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials	Adults aged 18 years, healthy, overweight, and obese	Low (3 meals/day) vs. High (4 meals/day) eating frequency	Body weight, Body Mass Index (BMI), glucose metabolism, lipid profile
Dedov et al., 2021 (8)	Intervention study	77 patients with metabolic syndrome, 32 men and 45 women	3 meals/day at specific times (7-9 am, 1-2 pm, 6-7 pm)	Body Mass Index (BMI), body fat, insulin sensitivity (Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance (HOMA-IR))
Grangeiro et al., 2020 (9)	Randomized controlled trial with parallel design	40 women with obesity	6 meals/day vs. 3 meals/day	Body weight, glucose metabolism, insulin sensitivity, lipid profile
Guo et al., 2020 (10)	Randomized controlled trial	39 patients with metabolic syndrome, aged 30-50 years	8 weeks of "two-day" modified intermittent fasting	Fat mass
He et al., 2022 (11)	Randomized controlled trial	Participants with metabolic syndrome	8-hour time-restricted eating schedule	Body weight, visceral fat, fasting glucose, lipid profile
Kessler et al., 2020 (12)	Randomized controlled trial with crossover design	29 non-diabetic men, mean age 45.9 ± 2.5 years	High-carb meal at 09:00 and high-fat meal at 15:40, or vice versa	Lipid metabolism, insulin sensitivity
Kunduraci and Ozbek, 2020 (13)	Randomized controlled trial	70 metabolic syndrome patients, aged 18-65 years	Intermittent Energy Restriction vs. Continuous Energy Restriction	Body weight, glucose metabolism, insulin sensitivity, lipid profile, and blood pressure
Lin et al., 2021 (14)	Randomized controlled trial with open-label and parallel-group design	Women aged 40-65 years, BMI 24 kg/m ² or waist circumference > 80 cm	8-hour time-restricted feeding vs. traditional weight-loss method	Body weight, glucose metabolism, insulin sensitivity, lipid profile, and blood pressure
Lynch et al., 2020 (15)	Randomized controlled trial with an intervention study design	No mention found	Early-TRF (7 am-3 pm) vs. Late-TRF (12 pm-8 pm) vs. Control	No mention found

Table 1 continuation. Characteristics of Included Studies

Study	Study Design	Population Characteristics	Intervention Type (Timing or Frequency)	Primary Outcomes
Makarem et al., 2020 (16)	Prospective cohort study	116 US women, aged 20-64 years, mean age 33±12 years	Observational study of nightly fasting duration and eating timing	Waist circumference, fasting glucose, blood pressure
Manoogian et al., 2022 (17)	Randomized controlled trial	137 firefighters, aged 23-59 years, 9% female	10-hour time-restricted eating	VLDL particle size, glycated hemoglobin A1C, and diastolic blood pressure
Manoogian et al., 2024 (18)	Randomized controlled trial	108 adults with metabolic syndrome, mean age 59 years	8-10 hour time-restricted eating	Glycated Hemoglobin (HbA1c)
Meessen et al., 2022 (19)	Randomized controlled trial with crossover design	11 free-living healthy lean individuals, mean age 31.0±1.7 years	3 meals/day vs. 1 meal/day (between 17:00 and 19:00)	Body weight, glucose metabolism, insulin sensitivity, lipid profile
Palomar-Cros et al., 2023 (20)	Cohort study	103,312 adults, mean age 42.7 years, 79% women	Observational study of meal timing and frequency	Incidence of type 2 diabetes
Pureza et al., 2020 (21)	Meta-analysis of randomized controlled trials	Adults older than 18 years with BMI > 25 kg/m ²	Early time-restricted feeding	Fasting glucose, Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance (HOMA-IR)
Samiilenko et al., 2020 (22)	Intervention study with before-and-after design	77 patients with metabolic syndrome, 32 men and 45 women	3 meals/day at specific times (7-9 am, 1-2 pm, 6-7 pm)	Body Mass Index (BMI), body fat, insulin sensitivity (HOMA-IR), waist circumference
Singh et al., 2019 (23)	Randomized controlled trial with crossover design	22 healthy adults	Morning vs. Evening meal timing	Body weight, glucose metabolism, and blood pressure
Srour et al., 2022 (24)	Cohort study	103,312 adults, mean age 42.7 years, 79% women	Observational study of meal timing and frequency	Incidence of type 2 diabetes
Sutton et al., 2018 (25)	Randomized controlled trial with crossover design	Men with prediabetes	Early time-restricted feeding (6-hour feeding period, dinner before 3 p.m.) vs. 12-hour feeding period	Insulin sensitivity, blood pressure
Vaughan and Mattison, 2018 (26)	Cross-over study with intervention design	8 pre-diabetic men, overweight and borderline hypertensive	Early time-restricted feeding (6-hour period, meals completed by 3 p.m.) vs. 12-hour feeding period	Insulin sensitivity, blood pressure, lipid profile
Wang et al., 2023 (27)	Systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials	372 healthy and obese adults	Time-restricted feeding and alternate-day fasting combined with physical activity	Body weight, glucose metabolism, lipid profile, and blood pressure
Wehrens et al., 2017 (28)	Intervention study with crossover design	10 healthy young men	3 meals/day, early (0.5h after wake) vs. late (5.5h after wake) timing	Glucose metabolism
Świątkiewicz et al., 2021 (29)	Multicenter single-arm pilot clinical trial with pre-post intervention design	30 patients with metabolic syndrome	10-hour time-restricted eating	No mention found
Świątkiewicz et al., 2024 (30)	Pilot clinical trial (intervention study)	26 patients with metabolic syndrome, mean age 45 ± 13 years, 62% women	10-hour time-restricted eating	Body weight, glucose metabolism, blood pressure, waist circumference

bust effort to investigate causality and associations across different methodologies.

Regarding population characteristics, the sample sizes varied considerably, with 12 studies having fewer than 50 participants, 5 studies between 50 and 100, 3 studies between 100 and 1000, and 3 studies with over 1000 participants. The populations studied also varied: 9 studies focused on individuals with metabolic syndrome, 8 included healthy or normal-weight individuals, 6 were women-only studies, 5 were men-only, 3 included mixed-weight populations, and 2 focused on individuals with prediabetes. These diverse populations provide a broad perspective on the applicability of findings.

The types of interventions examined were primarily time-restricted eating (11 studies), meal timing (10 studies), and meal frequency (9 studies). Fewer studies focused on intermittent fasting (2), energy restriction (1), and meal composition (1). This highlights a strong interest in temporal eating patterns as interventions. The most frequently assessed outcomes were glucose metabolism (16 studies), lipid pro-

file (15 studies), insulin sensitivity (14 studies), body weight (13 studies), and blood pressure (12 studies). Less commonly examined parameters included body fat/waist circumference (7 studies), BMI (3 studies), diabetes incidence (3 studies), glycated hemoglobin (HbA1c) (2 studies), and thermic effect of food (1 study).

Effects of Meal Timing and Frequency: Metabolic Outcomes

Our analysis of the 32 included studies revealed a predominant trend of positive effects from various meal timing and frequency interventions on metabolic parameters. Specifically, 20 studies reported positive effects, indicating a beneficial impact on metabolic health markers. Five studies showed mixed effects, suggesting that the outcomes might be dependent on specific conditions or individual variability. Three studies reported negative effects, while one study reported neutral effects. For three studies, information regarding the effect direction on metabolic parameters was not available.

Table 2. Effects of Meal Timing and Frequency on Metabolic Outcomes

Study	Intervention Category	Metabolic Parameters	Effect Direction	Clinical Significance
Allison et al., 2020 (6)	Daytime vs. Delayed eating	Body weight, Glucose metabolism, Insulin sensitivity, Lipid profile	Positive for daytime eating	Improved metabolic outcomes with a daytime eating schedule
Blazey et al., 2023 (7)	High vs. Low meal frequency	Body weight, Body Mass Index (BMI), Glucose metabolism, Lipid profile	Neutral	No significant differences between high and low meal frequencies
Dedov et al., 2021 (8)	3 meals/day at specific times	Body Mass Index (BMI), Body fat, Insulin sensitivity	Positive	Improved Body Mass Index (BMI), body fat, and insulin sensitivity
Grangeiro et al., 2020 (9)	6 meals/day vs. 3 meals/day	Body weight, glucose metabolism, Insulin sensitivity, Lipid profile	Positive for both	Improvements in both groups, with some differences
Guo et al., 2020 (10)	Intermittent fasting	Fat mass	Positive	Reduced fat mass
He et al., 2022 (11)	Time-restricted eating	Body weight, Visceral fat, Fasting glucose, Lipid profile	Positive	Improvements in various metabolic parameters
Kessler et al., 2020 (12)	Meal composition timing	Lipid metabolism, Insulin sensitivity	Mixed	Effects on lipid metabolism and insulin sensitivity depending on timing
Kunduraci and Ozbek, 2020 (13)	Intermittent vs. Continuous energy restriction	Body weight, Glucose metabolism, Insulin sensitivity, Lipid profile, Blood pressure	Positive for both	Improvements in both groups
Lin et al., 2021 (14)	Time-restricted feeding vs. traditional	Body weight, Glucose metabolism, Insulin sensitivity, Lipid profile, Blood pressure	Mixed	Greater weight loss but increased fasting glucose with TRF

Table 2 continuation. Effects of Meal Timing and Frequency on Metabolic Outcomes

Study	Intervention Category	Metabolic Parameters	Effect Direction	Clinical Significance
Lynch et al., 2020 (15)	Early vs. Late TRF	No mention found	No mention found	No mention found
Makarem et al., 2020 (16)	Nightly fasting duration and eating timing	Waist circumference, Fasting glucose, Blood pressure	Negative for longer fasting and later eating	Poorer metabolic outcomes with longer fasting and later eating
Manoogian et al., 2022 (17)	Time-restricted eating	VLDL particle size, Glycated Hemoglobin (HbA1c), Diastolic blood pressure	Positive	Improvements in cardiometabolic markers
Manoogian et al., 2024 (18)	Time-restricted eating	Glycated Hemoglobin (HbA1c)	Positive	Improved Glycated Hemoglobin (HbA1c)
Meessen et al., 2022 (19)	3 meals/day vs. 1 meal/day	Body weight, Glucose metabolism, Insulin sensitivity, Lipid profile	Mixed	Improved metabolic flexibility but increased LDL-C with one meal/day
Palomar-Cros et al., 2023 (20)	Meal timing and frequency	Type 2 diabetes incidence	Positive for earlier and more frequent meals	Lower risk of type 2 diabetes
Pureza et al., 2020 (21)	Early time-restricted feeding	Fasting glucose, Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance (HOMA-IR)	Positive	Improved fasting glucose and Homeostatic Model Assessment of Insulin Resistance (HOMA-IR)
Samiilenko et al., 2020 (22)	3 meals/day at specific times	Body Mass Index (BMI), Body fat, Insulin sensitivity, Waist circumference	Positive	Improvements in all measured parameters
Singh et al., 2019 (23)	Morning vs. Evening meal timing	Body weight, glucose metabolism, and blood pressure	Positive for morning eating	Better metabolic outcomes with morning eating
Srour et al., 2022 (24)	Meal timing and frequency	Type 2 diabetes incidence	Positive for earlier and more frequent meals	Lower risk of type 2 diabetes
Sutton et al., 2018 (25)	Early time-restricted feeding	Insulin sensitivity, blood pressure	Positive	Improved insulin sensitivity and blood pressure
Vaughan and Mattison, 2018 (26)	Early time-restricted feeding	Insulin sensitivity, Blood pressure, Lipid profile	Mixed	Improved insulin sensitivity and blood pressure, increased triglycerides
Wang et al., 2023 (27)	TRF/ADF + Physical activity	Body weight, Glucose metabolism, Lipid profile, Blood pressure	Positive	Improvements in body mass, fasting glucose, and HDL-C
Wehrens et al., 2017 (28)	Early vs. Late meal timing	Glucose metabolism	Mixed	Effects on glucose metabolism depending on timing
Świątkiewicz et al., 2021 (29)	Time-restricted eating	No mention found	No mention found	No mention found

Among the most frequently examined metabolic parameters, insulin sensitivity and lipid profile were each assessed in 13 studies, highlighting their common relevance in chrononutrition research. Body weight and blood pressure were evaluated in 10 studies each, while glucose metabolism was a

primary outcome in 11 studies. Less commonly, but still notably, fasting glucose, Body Mass Index (BMI), and type 2 diabetes incidence were each examined in 3 studies. Waist circumference and Glycated Hemoglobin (HbA1c) were assessed in 2 studies each.

Circadian System Effects

Several studies within this review underscore the critical role of aligning meal timing with natural circadian rhythms for optimal metabolic health. For instance, (28) demonstrated that even a 5-hour delay in meals led to significant alterations in glucose rhythms, indicating a direct impact of meal timing on the body's internal clock. Further support comes from studies on early time-restricted feeding (eTRF), such as those by (25) and (26), which suggest that harmonizing food intake with circadian rhythms can lead to improved metabolic outcomes. Observational studies further reinforce this, with research by (16), (20), and (24) providing evidence that earlier meal timing and shorter eating windows are associated with better metabolic health and a reduced risk of type 2 diabetes.

Body Composition Changes

Meal timing and frequency interventions have also been reported to induce significant changes in body composition. Regarding weight loss, (14) observed a greater reduction in weight in the time-restricted feeding group compared to the control group, with a mean difference of -1.7% ($p=0.012$). Fat mass reduction was another notable outcome, with (10) reporting that intermittent fasting significantly reduced fat mass, although specific values were not provided in their abstract. Visceral fat, a metabolically active fat depot, was also found to be reduced by time-restricted eating and combination treatments, as indicated by (11).

Waist circumference, a key indicator of central obesity and metabolic syndrome risk, showed improvements in several studies. (22) reported a decrease from 100.9 ± 16.8 cm to 92.0 ± 14.6 cm ($p=0.003$). Similarly, (30) documented a 2% decrease (2.5 ± 3.9 cm, $p=0.003$). Body fat percentage also saw significant decreases. (8) and (22) both reported reductions in body fat percentage; for example, (22) found a reduction from 40.7 ± 7.0 to 35.8 ± 7.5 ($p=0.007$).

DISCUSSION

The systematic review of 32 studies investigating the impact of meal timing and frequency on metabolic syndrome parameters consistently highlights the significant influence of temporal eating patterns on various markers of metabolic health. A substantial majority of the included studies reported positive effects, indicating that strategically structuring when and how often individuals eat can lead to beneficial outcomes. This evidence underscores a paradigm shift in nutritional science, moving beyond solely focusing on macronutrient and caloric intake to incorporate chronobiological considerations as crucial determinants of metabolic well-being.

One of the most compelling findings from this review is the consistent demonstration that aligning meal patterns with the body's natural circadian rhythms can profoundly improve

metabolic outcomes. Studies by (28), (25), and (26) collectively emphasize that early meal timing and time-restricted eating, particularly with earlier eating windows, can optimize glucose metabolism and insulin sensitivity. This alignment is thought to leverage the body's inherent physiological rhythms, where insulin sensitivity is typically higher in the morning and declines throughout the day, thus making earlier nutrient intake more metabolically efficient.

Furthermore, the regularity and distribution of meals throughout the day emerge as critical factors. Studies comparing regular meal patterns to irregular or infrequent ones consistently show benefits for improved insulin sensitivity, lipid profiles, and reduced glucose responses. Beyond physiological markers, significant changes in body composition were frequently observed. Interventions involving specific meal timing and frequency patterns, such as time-restricted eating, consistently led to reductions in body weight, visceral fat, waist circumference, and overall body fat percentage. The findings from (14), (10), (11), and (22) provide strong evidence for the efficacy of these approaches in improving anthropometric measures that are central to metabolic syndrome diagnosis and risk assessment. These body composition changes contribute directly to a reduced cardiometabolic risk profile.

Time-restricted eating (TRE) stands out as a particularly promising intervention, with a notable number of studies focusing on its efficacy. The positive effects of TRE on various metabolic parameters, including glucose metabolism, insulin sensitivity, lipid profiles, and body weight, were widely reported (11,21). The mechanism behind TRE's benefits likely involves extended fasting periods, which can promote metabolic flexibility, enhance cellular repair processes like autophagy, and improve insulin signaling pathways. This approach offers a structured yet flexible framework for dietary intervention that aligns with circadian biology.

The positive effects observed in this review are likely mediated through several interconnected biological mechanisms. Improved insulin sensitivity is a recurring theme, suggesting that optimized meal timing allows the body to process glucose more efficiently, thereby reducing the burden on pancreatic beta cells and mitigating the risk of insulin resistance. Enhanced glucose metabolism and lipid profiles further contribute to a healthier metabolic state, reducing the accumulation of harmful triglycerides and improving cholesterol balance.

While the majority of studies reported positive outcomes, it is important to acknowledge the presence of mixed, neutral, and negative effects in a minority of studies. These varied results might be attributed to differences in study populations (e.g., healthy vs. those with metabolic syndrome), intervention specifics (e.g., exact timing of eating windows, caloric control, duration), and the specific metabolic parameters

measured. For instance, some interventions showed mixed results depending on the timing of high-carb vs. high-fat meals (12) or could lead to increased fasting glucose despite weight loss (14), indicating that a one-size-fits-all approach may not be optimal.

The implications for clinical practice and public health are substantial. Based on the reviewed literature, several prevention and management strategies for metabolic syndrome can be derived. Encouraging early meal timing, particularly a breakfast-focused intake, and implementing time-restricted eating patterns with earlier eating windows appear to be highly beneficial. Maintaining consistent, regular meal patterns, ideally three structured meals at set times, is crucial. For individuals with metabolic syndrome, these approaches can improve insulin sensitivity, reduce body weight and fat mass, and necessitate monitoring of glucose levels and potential medication adjustments. Personalized approaches that consider individual circadian preferences and metabolic profiles could further optimize outcomes.

CONCLUSION

This comprehensive review highlights compelling evidence that meal timing and frequency are crucial, modifiable lifestyle factors profoundly influencing the development, prevention, and management of metabolic syndrome. The consistent findings across diverse study designs demonstrate that aligning eating patterns with natural circadian rhythms, particularly through early time-restricted feeding and regular, structured meal schedules, yields significant positive impacts on key metabolic health markers, including improved insulin sensitivity, glucose metabolism, lipid profiles, and beneficial body composition changes like reduced visceral fat and waist circumference. Conversely, irregular or infrequent eating patterns are often associated with adverse metabolic outcomes, reinforcing the importance of a disciplined approach to daily food intake.

The findings from this review carry substantial implications for public health initiatives and clinical recommendations aimed at combating metabolic syndrome. Promoting educational campaigns on chrononutrition and incorporating personalized meal timing strategies into dietary guidelines could serve as powerful tools for both prevention and management. Future research should focus on long-term interventional studies across diverse populations, including those with varying genetic predispositions and lifestyle demands, to further elucidate the optimal meal timing and frequency strategies. Additionally, investigating the precise molecular and cellular mechanisms underpinning these effects will refine our understanding and enable the development of more targeted and effective interventions against metabolic syndrome.

REFERENCES

1. Patial R, Batta I, Thakur M, Sobti RC, Agrawal DK. Etiology, pathophysiology, and treatment strategies in the prevention and management of metabolic Syndrome. *Arch Intern Med Res* [Internet]. 2024 Oct 28;7(4):273–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.26502/aimr.0184>
2. Dhondge RH, Agrawal S, Patil R, Kadu A, Kothari M. A comprehensive review of metabolic syndrome and its role in cardiovascular disease and type 2 diabetes mellitus: Mechanisms, risk factors, and management. *Cureus* [Internet]. 2024 Aug;16(8):e67428. Available from: <http://dx.doi.org/10.7759/cureus.67428>
3. Martemucci G, Khalil M, Di Luca A, Abdallah H, D'Alessandro AG. Comprehensive strategies for metabolic syndrome: How nutrition, dietary polyphenols, physical activity, and lifestyle modifications address diabetes, cardiovascular diseases, and neurodegenerative conditions. *Metabolites* [Internet]. 2024 June 11;14(6):327. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/metabo14060327>
4. Papakonstantinou E, Oikonomou C, Nychas G, Dimitriadis GD. Effects of diet, lifestyle, chrononutrition and alternative dietary interventions on postprandial glycemia and insulin resistance. *Nutrients* [Internet]. 2022 Feb 16;14(4):823. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu14040823>
5. Magalhães A, Barra C, Borges A, Santos L. Diet modifications towards restoration of insulin sensitivity and daily insulin fluctuations in diabetes. *Diabetology (Basel)* [Internet]. 2022 Nov 22;3(4):606–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/diabetology3040046>
6. Allison KC, Hopkins CM, Ruggieri M, Spaeth AM, Ahima RS, Zhang Z, et al. Prolonged, controlled daytime versus delayed eating impacts weight and metabolism. *Curr Biol* [Internet]. 2021 Feb 8;31(3):650–657.e3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2020.10.092>
7. Blazey P, Habibi A, Hassen N, Friedman D, Khan KM, Ardern CL. The effects of eating frequency on changes in body composition and cardiometabolic health in adults: a systematic review with meta-analysis of randomized trials. *Int J Behav Nutr Phys Act* [Internet]. 2023 Nov 14;20(1):133. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s12966-023-01532-z>
8. Dedov II, Endocrinology Research Centre, Moscow, Russia, Mokrysheva NG, Mel'nichenko GA, Troshina EA, Mazurina NV, et al. Obesity. *Cons Medicum* [Internet]. 2021;23(4):311–25. Available from: <http://dx.doi.org/10.26442/20751753.2021.4.200832>
9. Abalde JA, Fernandes RJ, Rodríguez N, Sousa A. Is rescuer cardiopulmonary resuscitation jeopardised by previous fatiguing exercise? *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 Sept 13;17(18):6668. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17186668>
10. Guo Y, Luo S, Ye Y, Yin S, Fan J, Xia M. Intermittent fasting improves cardiometabolic risk factors and alters gut Microbiota in metabolic syndrome patients. *J Clin Endocrinol Metab* [Internet]. 2021 Jan 1;106(1):64–79. Available from: <http://dx.doi.org/10.1210/clinem/dgaa644>
11. He M, Wang J, Liang Q, Li M, Guo H, Wang Y, et al. Time-restricted eating with or without low-carbohydrate diet reduces vis-

- ceral fat and improves metabolic syndrome: A randomized trial. *Cell Rep Med* [Internet]. 2022 Oct 18;3(10):100777. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.xcrm.2022.100777>
12. Kessler K, Gerl MJ, Hornemann S, Damm M, Klose C, Petzke KJ, et al. Shotgun lipidomics discovered diurnal regulation of lipid metabolism linked to insulin sensitivity in nondiabetic men. *J Clin Endocrinol Metab* [Internet]. 2020 May 1;105(5):1501–14. Available from: <http://dx.doi.org/10.1210/clinem/dgz176>
 13. Kunduraci YE, Ozbek H. Does the energy restriction intermittent fasting diet alleviate metabolic syndrome biomarkers? A randomized controlled trial. *Nutrients* [Internet]. 2020 Oct 21;12(10):3213. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu12103213>
 14. Lin Y-J, Wang Y-T, Chan L-C, Chu N-F. Effect of time-restricted feeding on body composition and cardio-metabolic risk in middle-aged women in Taiwan. *Nutrition* [Internet]. 2022 Jan;93(111504):111504. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2021.111504>
 15. Lynch S, Johnston JD, Robertson MD. Early versus late time-restricted feeding in adults at increased risk of developing type 2 diabetes: Is there an optimal time to eat for metabolic health? *Nutr Bull* [Internet]. 2021 Mar;46(1):69–76. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/mbu.12479>
 16. Makarem N, Sears DD, St-Onge M-P, Zuraikat FM, Gallo LC, Talavera GA, et al. Habitual nightly fasting duration, eating timing, and eating frequency are associated with cardiometabolic risk in women. *Nutrients* [Internet]. 2020 Oct 4;12(10):3043. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu12103043>
 17. Manoogian ENC, Zadourian A, Lo HC, Gutierrez NR, Shoghi A, Rosander A, et al. Feasibility of time-restricted eating and impacts on cardiometabolic health in 24-h shift workers: The Healthy Heroes randomized control trial. *Cell Metab* [Internet]. 2022 Oct 4;34(10):1442–1456.e7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmet.2022.08.018>
 18. Manoogian ENC, Wilkinson MJ, O'Neal M, Laing K, Nguyen J, Van D, et al. Time-restricted eating in adults with metabolic syndrome: A randomized controlled trial. *Ann Intern Med* [Internet]. 2024 Nov;177(11):1462–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.7326/M24-0859>
 19. Meessen ECE, Andresen H, van Barneveld T, van Riel A, Johansen EI, Kolnes AJ, et al. Differential effects of one meal per day in the evening on metabolic health and physical performance in lean individuals. *Front Physiol* [Internet]. 2021;12:771944. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2021.771944>
 20. Palomar-Cros A, Srour B, Andreeva VA, Fezeu LK, Bellicha A, Kesse-Guyot E, et al. Associations of meal timing, number of eating occasions and night-time fasting duration with incidence of type 2 diabetes in the NutriNet-Santé cohort. *Int J Epidemiol* [Internet]. 2023 Oct 5;52(5):1486–97. Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/ije/dyad081>
 21. Pureza IR de OM, Macena M de L, da Silva Junior AE, Praxedes DRS, Vasconcelos LGL, Bueno NB. Effect of early time-restricted feeding on the metabolic profile of adults with excess weight: A systematic review with meta-analysis. *Clin Nutr* [Internet]. 2021 Apr;40(4):1788–99. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clnu.2020.10.031>
 22. Samiilenko N, Khorunzha V, Bielokoz H, Bezugla O, Deineko K, Lisevych M, et al. The effect of chronobiology and variety of macronutrients on BMI, waist, body fat and HOMA-IR in patients with metabolic syndrome. *Curr Dev Nutr* [Internet]. 2020 June;4(nzaa063_083):nzaa063_083. Available from: http://dx.doi.org/10.1093/cdn/nzaa063_083
 23. Singh RB, Cornelissen G, Mojto V, Fatima G, Wichansawakun S, Singh M, et al. Effects of circadian restricted feeding on parameters of metabolic syndrome among healthy subjects. *Chronobiol Int* [Internet]. 2020 Mar;37(3):395–402. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/07420528.2019.1701817>
 24. Srour B, Palomar-Cros A, Andreeva VA, Fezeu LK, Julia C, Bellicha A, et al. Circadian nutritional behaviours and risk of type 2 diabetes in NutriNet-Santé. *Eur J Public Health* [Internet]. 2022 Oct 21;32(Supplement_3). Available from: <http://dx.doi.org/10.1093/eurpub/ckac129.492>
 25. Sutton EF, Beyl R, Early KS, Cefalu WT, Ravussin E, Peterson CM. Early time-restricted feeding improves insulin sensitivity, blood pressure, and oxidative stress even without weight loss in men with pre-diabetes. *Cell Metab* [Internet]. 2018 June 5;27(6):1212–1221.e3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmet.2018.04.010>
 26. Vaughan KL, Mattison JA. Watch the clock, not the scale. *Cell Metab* [Internet]. 2018 June;27(6):1159–60. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cmet.2018.05.016>
 27. Wang H, Dai Y, Huang S, Rong S, Qi Y, Li B. A new perspective on special effective interventions for metabolic syndrome risk factors: a systematic review and meta-analysis. *Front Public Health* [Internet]. 2023 July 14;11:1133614. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fpubh.2023.1133614>
 28. Wehrens SMT, Christou S, Isherwood C, Middleton B, Gibbs MA, Archer SN, et al. Meal timing regulates the human circadian system. *Curr Biol* [Internet]. 2017 June 19;27(12):1768–1775.e3. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2017.04.059>
 29. Świątkiewicz I, Mila-Kierzenkowska C, Woźniak A, Szewczyk-Golec K, Nuskiewicz J, Wróblewska J, et al. Pilot clinical trial of time-Restricted Eating in patients with metabolic syndrome. *Nutrients* [Internet]. 2021 Jan 24;13(2):346. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu13020346>
 30. Świątkiewicz I, Nuskiewicz J, Wróblewska J, Nartowicz M, Sokołowski K, Sutkowy P, et al. Feasibility and cardiometabolic effects of time-restricted eating in patients with metabolic syndrome. *Nutrients* [Internet]. 2024 June 7;16(12):1802. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/nu16121802>

Potential nutrient content of bilih fish (*Mystacoleucus padangensis*) oil supplementation in reducing the risk of stunting

Fivi Melva DIANA¹, Tri Isyani TUNGGU DEWI^{2,3}, Rini MADYASTUTI PURWONO⁴, Nurjanah NURJANAH⁵, Ulya UTI FASRINI⁶, Imelda INDAH LESTARI⁷

1 Department of Nutrition, Faculty of Public Health, Andalas University.

2 School of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences, IPB University.

3 Sari Mulia University.

4 Veterinary Pharmacy, School of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences, IPB University.

5 Department of Aquatic Product Technology, Faculty of Fisheries and Marine Science, IPB University.

6 Faculty of Medicine, Andalas University.

7 Faculty of Cultural Sciences, Andalas University.

Recibido: 30/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

ABSTRACT

Stunting is a chronic condition of malnutrition in children, indicated by a height-for-age measurement that is more than two standard deviations below the WHO growth standards. This study aims to develop a bilih fish oil supplement by analyzing the nutritional components of bilih fish oil supplement, extracting the oil, and evaluating the nutritional content of the resulting supplement.

Method: The bilih fish oil supplement was extracted using a wet rendering method. The analysis covered proximate components (moisture, ash, protein, fat), amino acids, fatty acids, and minerals such as Ca (Calcium), Se (selenium), Fe (iron), Mg (magnesium), Zn (zinc), along with Vitamin A.

Result: The findings showed that the bilih fish oil supplement contains moisture (52.43%), ash (0.83%), fat total (2.49%), protein (0.77 %), amino acid such as: L-Lysine (<336.07 mg/kg), L-Proline (463.97 mg/kg), L-Serine (835.35 mg/kg), L-Threonine (448.84 mg/kg), Ca (148.82 mg/100 g), fatty acid: omega-3 (0.2669%), EPA (0.0771%), DHA (0.1036 %),

omega-6 (0.2105 %), AA (0.086 %), and omega-9 (0.4346%), minerals: Fe (0.41 mg/100 g), Mg (57.30 mg/100 g), Zn (0.11 mg/100 g), Vitamin A/Retinol (488.18 mcg/100 g).

Conclusion: The study concludes that a daily intake of 100 ml of the bilih fish oil supplement can provide approximately 14.9% of the daily energy needs. The bilih fish oil supplement offers a promising local dietary option to help reduce the risk of stunting in children.

KEYWORDS

Analysis; Macronutrient; Micronutrient; Local food; Supplement.

INTRODUCTION

The World Health Organization (WHO) defines stunting as a form of chronic nutritional deficiency in children. It is characterized by a height-for-age measurement that is more than two standard deviations below the WHO growth standards¹.

Globally, approximately 24% of boys and 22% of girls under five years old experience stunting, with the WHO aiming to reduce this rate to below 20% by 2030¹. In Indonesia, the 2023 Health Survey reported a decline in stunting prevalence among toddlers to 21.3%, down from 30.8% in 2018². Data from the 2024 Indonesian Nutrition Survey indicate that in West Sumatra, Solok district has the highest stunting rate at

Correspondencia:

Fivi Melva Diana

fividianaa0503@ph.unand.ac.id

23.4%, followed by Tanah Datar (22.4%) and Sijunjung (22.2%), while Bukittinggi City has the lowest at 13.2%³. The National Medium-Term Development Plan targets a stunting prevalence of 14.2% by 2029⁴.

According to the WHO/UNICEF framework, stunting results from a complex interplay of nutritional and non-nutritional causes. Immediate causes include inadequate intake of energy, protein, and micronutrients, along with frequent infections like diarrhea, respiratory tract infections, or parasitic diseases that hinder nutrient absorption and increase nutritional needs. Underlying causes involve suboptimal child feeding practices, limited access to nutritious food due to cost and low purchasing power, poor sanitation, lack of clean water, overcrowded living conditions increasing disease risk, and insufficient maternal knowledge about nutrition and childcare. Basic causes are structural issues such as poverty, gender inequality, rapid urbanization, and restricted access to health and social services, which compound the risk of stunting⁵.

Research by Fikri *et al.*⁶ emphasizes the importance of sufficient and appropriate protein intake for the growth of children affected by stunting. Similarly, Rimbawan *et al.*⁷ showed that locally produced Ready-to-Use Therapeutic Food (RUTF) can provide a sustainable solution for managing severe acute malnutrition in toddlers. Additional findings by Sari *et al.*⁸ reveal a significant link between insufficient protein consumption and stunting in children aged 24 to 59 months.

Stunting has both immediate and long-lasting effects. Short-term consequences include impaired brain development and reduced intelligence, while long-term effects affect cognitive abilities and immune system strength¹.

The Indonesian government has implemented strategies to accelerate stunting reduction through Presidential Regulation No. 72 of 2021, focusing on toddlers via five main pillars. The fourth pillar promotes food security and nutrition improvement at the individual, family, and community levels. One approach to strengthening food and nutrition security is by providing supplementary feeding using local foods⁹.

Efforts to develop local food products based on bilih fish have been initiated. Bilih fish, endemic to Lake Singkarak in West Sumatra, contains various nutrients, including moisture (76.44%), ash (2.82%), total fat (3.11%), protein (15.65%), 17 amino acids, Ca (0.755 g), and Zn (38.46 ppm)¹⁰, as well as fatty acids like omega-3 (0.553 g), EPA (0.207 g), DHA (0.237 g), omega-6 (0.252 g), and AA (0.096 g)¹¹.

Previous studies demonstrated that local food items, such as biscuits^{12,11}, and nuggets, contribute positively to chil-

dren's growth and development¹³. For example, chocolate-flavored biscuits enriched with 20 g bilih fish flour/formula, containing omega-3 fatty acids (EPA, DHA), omega-6, AA¹¹, and other nutrients (protein, fat)¹⁰, improved spatial memory, increased hippocampus neuron numbers^{10,12}, body weight, and tail length in rat¹¹. Omega-3 and omega-6 fatty acids play a critical role in child development¹⁴.

Given this, further research is necessary to explore the nutritional potential of bilih fish (*Mystacoleucus padangensis*) and its oil supplement to support toddlers' nutritional needs and prevent stunting. The research objectives are to produce bilih fish oil supplements and analyze the nutritional profile of bilih fish and its oil supplements, including proximate composition, complete amino acids, fatty acids, Ca, Fe, Se, Mg, Zn, and vitamin A.

METHODS

Location, Study Design, and Duration

This experimental research was carried out between July and September 2025. The extraction of bilih fish oil took place in the Vahana Laboratory at PT Novalindo Padang, West Sumatra, and the Department of Aquatic Product Technology, Faculty of Fisheries and Marine Science, IPB University. The formulation of the bilih fish oil supplement was conducted in the Veterinary Pharmacy Laboratory at IPB University. Nutritional analyses of dried bilih fish and the bilih fish oil supplement were performed at SIG SARASWANTI, Bogor, Indonesia.

Bilih Fish Oil Supplement Preparation

The bilih fish oil supplement was produced in emulsion form, using bilih fish sourced from depths of 100 to 300 yards in Lake Singkarak, West Sumatra^{10,11}. The bilih fish is characterized by its flat and elongated body, ranging from 4 to 8.5 cm in length and weighing between 0.5 to 5.1 g. It inhabits clear river waters with relatively cool temperatures of 24°C to 26°C and prefers riverbeds made up of gravel or sand. The emulsion supplement included additional ingredients such as gum arabic, carboxymethyl cellulose (CMC), glycerin, and water.

The oil extraction from the bilih fish was performed using the wet rendering technique. First, the fish was dried, then ground and steamed, followed by pressing and centrifuging to separate the oil from fats and water¹⁵. The research procedure is illustrated in Figure 1. The oil yield was determined by the formula:

$$\text{Yield (\%)} = \frac{\text{Extracted fish oil (g)}}{\text{Weight of sample (g)}} \times 100\% \quad ^{16}$$

Research Procedure

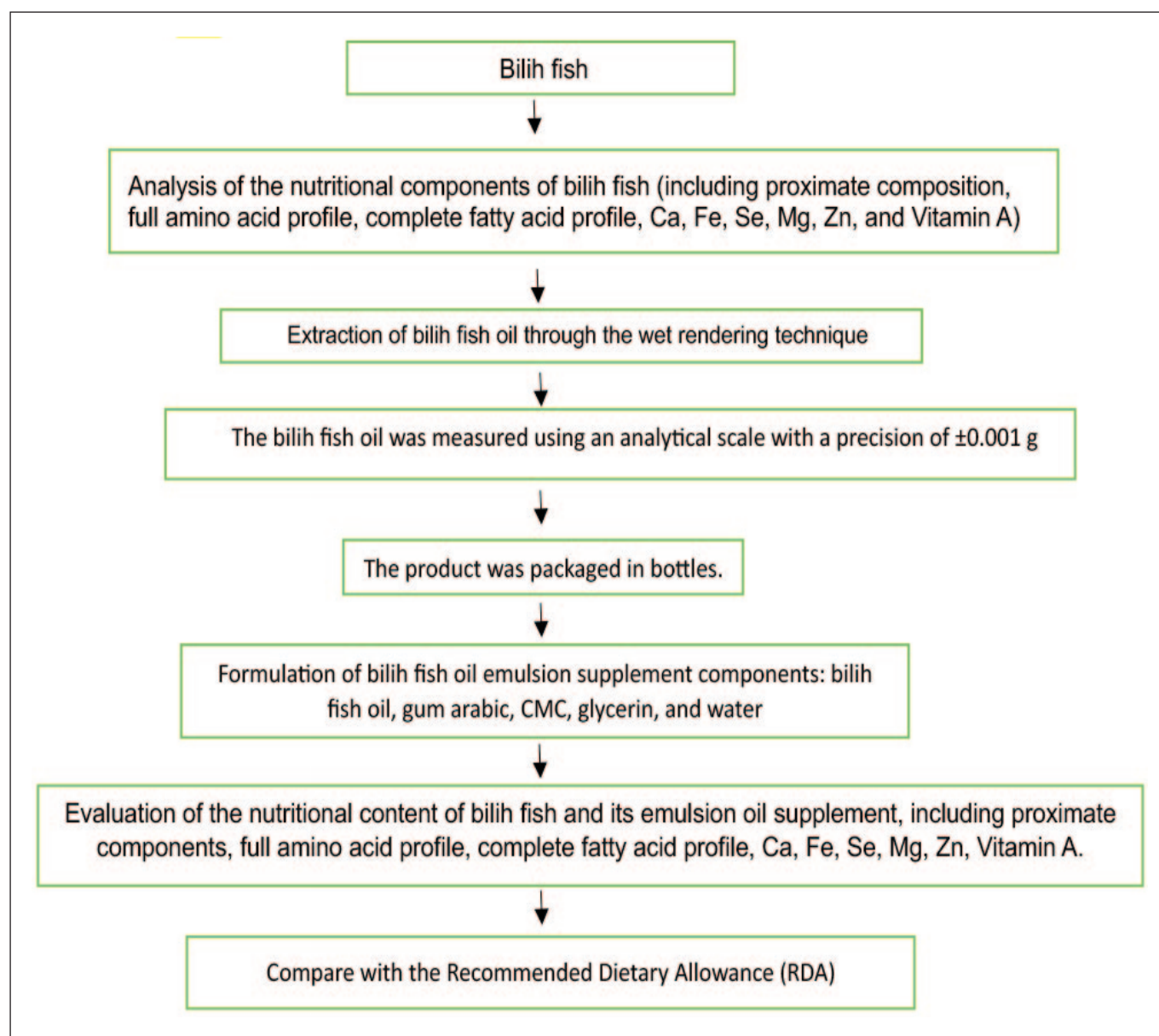


Figure 1. The research steps for producing bilih fish oil supplement

Nutrient Analysis

The nutritional analysis of dried bilih fish and bilih fish oil supplements was carried out by measuring proximate components such as moisture content (using Karl Fischer method), ash, protein, and fat (gravimetric method); amino acids (UPLC-PDA); fatty acids (GC-FID); minerals including calcium, iron, magnesium, zinc (ICP-QES); selenium (ICP MS); and Vitamin A (HPLC-PDA). The carbohydrate content (%) was calculated as:

$$\text{Carbohydrates (\%)} = 100 - (\text{Moisture} + \text{Ash} + \text{Protein} + \text{Fat})^{17}.$$

RESULTS

The Nutritional Composition of Bilih Fish Oil Supplement And Its Role In Fulfilling The Recommended Dietary Allowance (RDA) Requirements For Toddlers

The bilih fish oil supplement showed nutrient contents as follows: moisture (52.43%), ash (0.83%), total fat (2.49%), protein (0.77%), amino acid such as: L-Lysine below 336.07 mg/kg, L-Proline 463.97 mg/kg, L-Serine (835.35 mg/kg), L-Threonine (448.84 mg/kg), Ca (148.82 mg/kg), fatty acid: Omega-3

(0.2669%), EPA (0.077 %), DHA (0.103 %), Omega-6 (0.210 %), AA (0.086 %), and Omega-9 (0.438 %), minerals: Fe (0.41 mg/100g), Mg (57.30 mg/kg), Zn (0.11 mg/kg), Vitamin A/Retinol (488.18 mcg/100g). The nutritional analysis of these products was compared to the Recommended Dietary Allowance (RDA) values (Tables 1 and 2).

The energy values for fresh bilih fish (98.51 kcal), dried bilih fish (338.45 kcal), bilih fish flour (388.73 kcal), biscuits (518.09 kcal), and bilih fish oil supplement (199.41 kcal). The F20 biscuits, which are chocolate-flavored and contain 20 g of bilih fish flour per dough batch, have the highest energy content. Fatty acid composition (Table 2).

Table 1. Nutrient composition of fresh, dried, flour, and oil supplement of bilih fish

No	Parameter	Unit	Fresh*	Dried	Flour*	Biscuit*	Oil supplement	Standard of RDA for 1-3 year olds/day*
1	Calories total	kcal/100g	98.51	338.45	388.73	518.09	199.41	1,350 kcal
2	Calories from fat	kcal/100g	27.99	85.77	134.73	250.29	22.41	-
3	Moisture	%	76.44	12.15	8.23	3.00	52.43	1,150 ml
4	Ash	%	2.82	15.15	13.30	2.24	0.83	-
5	Fat total	%	3.11	9.53	14.97	27.81	2.49	45 g
6	Protein	%	15.65	62.22	29.36	6.66	0.77	20 g
7	Carbohydrate	%	1.98	0.95	34.14	60.29	43.48	215 g
Asam amino								
1	L-Alanine	mg/kg	8,163.41	30,949.82	NA	NA	Nd	-
2	L-Arginine	mg/kg	13,932.11	22,602.60	NA	NA	Nd	-
3	L-Aspartic acid	mg/kg	11,138.02	41,523.51	NA	NA	Nd	-
4	Glycine	mg/kg	12,709.54	31,772.58	NA	NA	326.15	-
5	L-Glutamic acid	mg/kg	19,668.98	62,434.28	NA	NA	Nd	-
6	L-Histidine	mg/kg	6,508.09	10,531.02	NA	NA	Nd	-
7	L-Isoleucine	mg/kg	6,076.52	10,972.60	NA	NA	Nd	-
8	L-Cystine	mg/kg	714.67	7,727.83	NA	NA	Nd	-
9	L-Leucine	mg/kg	12,340.47	30,702.06	NA	NA	Nd	-
10	L-Lysine	mg/kg	8,715.94	35,084.93	NA	NA	<336.07	-
11	L-Methionine	mg/kg	5,252.85	9,976.24	NA	NA	Nd	-
12	L-Tryptophan	mg/kg	1,230.02	5,148.81	NA	NA	Nd	-
13	L-Valine	mg/kg	6,601.72	15,306.18	NA	NA	Nd	-
14	L-Phenylalanine	mg/kg	10,531.93	15,965.39	NA	NA	Nd	-
15	L-Proline	mg/kg	6,201.13	20,512.65	NA	NA	463.97	-
16	L-Serine	mg/kg	8,405.98	19,444.60	NA	NA	835.35	-
17	L-Threonine	mg/kg	9,209.59	14,892.09	NA	NA	448.84	-
18	L-Tyrosine	mg/kg	8,473.21	12,873.52	NA	NA	Nd	-

*Diana¹⁰ and Diana et al.¹¹, *KEMENKES¹⁸, NA = not analyzed, Nd = not detected, Biscuit: Chocolate-flavored biscuits prepared with the incorporation of 20 g bilih fish flour in each dough batch. RDA= Recommended Dietary Allowance.

Table 1 continuation. Nutrient composition of fresh, dried, flour, and oil supplement of bilih fish

No	Parameter	Unit	Fresh*	Dried	Flour*	Biscuit*	Oil supplement	Standard of RDA for 1-3 year olds/day*
Mineral								
1	Ca	mg/100 g	755.38	2,845.02	NA	109.86	148.82	650 mg
2	Zn	mg/100 g	3,846	9.76	NA	2,475	0,11	3 mg
3	Fe	mg /100 g	NA	3.07	NA	5,096	0,41	7 mg
4	Se	mcg/100 g	NA	78.82	NA	NA	Nd	18 mcg
5	Mg	mg /100 g	NA	158.57	NA	NA	57,30	65 mg
Vitamin								
29	Vitamin A (Retinol)	mcg/100 g	NA	559.64	NA	NA	488.18	400 RE

*Diana¹⁰ and Diana et al.¹¹, *KEMENKES¹⁸, NA = not analyzed, Nd = not detected, Biscuit: Chocolate-flavored biscuits prepared with the incorporation of 20 g bilih fish flour in each dough batch. RDA= Recommended Dietary Allowance.

Table 2. Fatty acid composition of fresh, dried, flour, biscuit, and oil supplement of bilih fish

No	Parameter	Fatty Acids (%)					
		Fresh*	Dried	flour*	Biscuit*	Oil supplement	Standard of RDA for 1-3 year olds/day
1	C 10:0 (Capric acid)	NA	Nd	Nd	0.0761	Nd	-
2	C 11:0 (Undecanoic acid)	NA	0.0027	Nd	Nd	Nd	-
3	C 12:0 (Lauric acid)	NA	0.0235	0.0565	1.4829	0.0206	-
4	C 13:0 (Tridecanoic acid)	NA	0.0133	Nd	Nd	Nd	-
5	C 14:0 (Myristic acid)	NA	0.4772	0.6756	0.8158	0.1040	-
6	C 14:1 (Miristoleic acid)	NA	0.1648	Nd	Nd	0.0171	-
7	C 15:0 (Pentadecanoic acid)	NA	0.1238	0.1120	0.0126	0.0200	-
8	C 15:1 (Pentadecenoic acid)	NA	0.0674	Nd	Nd	Nd	-
9	C 16:0 (Palmitic acid)	NA	2,8577	3,8619	9,9081	0.6556	-
10	C 16:1 (Palmitoleic acid)	NA	1,0721	1,6870	0.0782	0.1799	-
11	C 17:0 (Heptadecanoic acid)	NA	0.2865	0.1763	0.0280	0.0414	-
12	C 17:1 (Heptadecanoic acid)	NA	0.0127	0.0454	0.0071	0.0220	-

*Diana¹⁰ and Diana et al.¹¹, *Kemenkes¹⁸. NA: Not Analyzed, Nd = not detected. Biscuit: Chocolate-flavored biscuits prepared with the incorporation of 20 g Bilih fish flour in each dough batch. RDA= Recommended Dietary Allowance.

Table 2 continuation. Fatty acid composition of fresh, dried, flour, biscuit, and oil supplement of bilih fish

No	Parameter	Fatty Acids (%)					
		Fresh*	Dried	flour*	Biscuit*	Oil supplement	Standard of RDA for 1-3 year olds/day
13	C 18:0 (Stearic acid)	NA	1,1620	1,3719	1,8069	0.2396	-
14	C 18:1 ω9C (C-Oleic acid)	NA	1,0193	1,6551	11,4651	0.4346	-
15	C 18:1 ω9T (T-Oleic acid)	NA	Nd	Nd	Nd	Nd	
16	C 18:2 ω6 (Linoleic acid / ω6)	NA	0.3451	0.6000	3,4569	0.1239	-
17	C 18:2 ω6C (C-Linoleic acid)	NA	0.3451	0.6000	3,4569	0.1239	-
18	C 18:2 ω6T (T-Linoleic acid)	NA	Nd	Nd	Nd	Nd	-
19	C 18:3 ω3 (Linolenic acid / ω3)	NA	0.4109	0.3592	0.6460	0.0862	-
20	C 18:3 ω6 (Linolenic acid / ω6)	NA	0.0333	0.0647	0.0174	Nd	-
21	C 20:0 (Arachidic acid/AA)	NA	0.0658	0.0642	0.1243	0.0343	-
22	C 20:1 (Eicocyanic acid)	NA	0.0298	0.0267	0.1043	Nd	-
23	C 20:2 (Eicosadienoic acid)	NA	0.0415	0.0838	0.0067	0.1289	-
24	C 20:3 ω3(Eicosatrienoic acid / ω3)	NA	0.0350	0.0269	Nd	Nd	-
25	C 20:3 ω6 (Eicosatrienoic acid / ω6)	NA	0.0474	0.0734	Nd	Nd	-
26	C 20:4 ω6 (Arachidonic acid/AA)	0.0969	0.3447	0.4082	0.0134	0.0865	-
27	C 20:5 ω3 (Eicosatpentaenoic acid / EPA)	0.2074	0.3723	0.7327	0.0120	0.0771	-
28	C 21:0 (Heneicosanoic acid)	NA	0.0083	0.0070	Nd	Nd	-
29	C 22:0 (Behenic acid)	NA	Nd	0.0391	0.0373	0.091	-
30	C 22:1 (Erucic acid)	NA	0.0104	0.0075	Nd	Nd	-
31	C 22:2 (Docosadinoic acid)	NA	Nd	0.1015	Nd	Nd	-
32	C 22:6 ω3 (Docosaheptaenoic acid/DHA)	0.2372	0.6257	0.5722	0.0108	0.1036	
33	C 23:0 (Trichosanoic acid)	NA	Nd	0.0090	0.0040	Nd	-
34	C 24:0 (Lignoseriic acid)	NA	0.0268	0.0255	0.0237	0.0737	-
35	C 24:1 ω9 (Nervonic acid)	NA	Nd	0.0277	0.0100	Nd	-
36	Omega 3 fatty acids	0.5535	1,4439	1,6910	0.6694	0.2669	0.7g
37	Omega 6 fatty acids	0.2523	0.7705	1,1463	3,4894	0.2105	7g
38	Omega 9 fatty acids	NA	1,0297	1,6626	11,4666	0.4346	-

*Diana¹⁰ and Diana *et al.*¹¹. *Kemenkes¹⁸. NA: Not Analyzed, Nd = not detected. Biscuit: Chocolate-flavored biscuits prepared with the incorporation of 20 g Bilih fish flour in each dough batch. RDA= Recommended Dietary Allowance.

Omega-3 fatty acid values for fresh bilih fish (0.553 %), dried bilih fish (1.44%), bilih fish flour (1.691%), biscuits (0.669%), and bilih fish oil supplement (0.2669%). Different methods of processing bilih fish are illustrated in Figures 2 to 7, and the bilih fish oil supplement (Figure 7).

Fatty acid sea fish such as salmon, mackerel, sardines, and tuna are the richest sources of omega-3¹⁹. Omega-3 fatty acids are present in various other seafood, including salmon, mackerel, herring, cod liver oil, squid, and lobster. The nutritional value of fish depends on factors such as its source, species, living environment, processing techniques, and the type of food it consumes²⁰.



Figure 2. Fresh bilih fish. (Diana¹⁰).



Figure 3. Dried bilih fish.



Figure 4. Bilih fish flour. (Diana¹⁰).



Figure 5. Biscuit. (Diana¹⁰).



Figure 6. Bilih fish oil.



Figure 7. Bilih fish oil supplement.

DISCUSSION

The Nutritional Composition of Bilih Fish Oil Supplement and Its Role in Fulfilling The Recommended Dietary Allowance (RDA) Requirements for Toddlers

Bilih fish, a traditional local food from West Sumatra, is rich in high-quality protein, amino acids, fatty acids, and various essential minerals. The oil extracted from bilih fish contains abundant essential fatty acids and fat-soluble vitamins, making it a valuable complement to meet the nutritional needs of young children (Tables 1 and 2). Regular consumption of bilih fish oil supplements at an appropriate dosage can help fulfill toddlers' energy requirements based on the Recommended Dietary Allowance (RDA)¹⁸.

These findings suggest that bilih fish and its processed products hold great potential as nutritious local food sources to support stunting reduction programs^{12,11,13}. Bilih fish oil supplements represent one example of a locally processed food. A daily intake of 100 ml of bilih fish oil supplement can provide approximately 14.9% of the daily energy needs of children. Thus, bilih fish oil supplements can serve as a promising local food alternative to help lower the risk of stunting.

Studies on other local food sources, such as pangus fish oil extracted using the wet rendering technique, have also identified the presence of essential fatty acids¹⁵.

This is in line with the findings of Hidayaturrahmah *et al.*²¹, who reported that patin fish oil produced through a similar extraction process contains fatty acids vital for growth and overall health benefits.

Evidence from other research also indicates that improvements in stunting and underweight conditions occurred only in children who received lipid-based nutrient supplementation (LNS)²². Furthermore, Reski *et al.*²³ found that a three-week supplementation with catfish (*Pangasius hypophthalmus*) oil promoted weight gain and decreased hs-CRP levels in malnourished Wistar rats, although it did not significantly affect TTR levels. These outcomes are linked to the omega-3 fatty acids (EPA and DHA), which enhance appetite through serotonin regulation and demonstrate anti-inflammatory activity by suppressing pro-inflammatory cytokine production via GPR120 receptor activation.

Key Nutrients for Stunting Prevention

Macronutrients and micronutrients both play critical roles in preventing stunting, as outlined by Goudet *et al.*⁵ and other reviews. Energy and protein are vital for body tissue development; chronic energy deficiency leads to protein being used for energy rather than growth, impairing height increases. Essential amino acids like lysine, methionine, and tryptophan support growth hormone and IGF-1 synthesis.

Among micronutrients, zinc is crucial for bone growth, immune defense, and DNA and protein synthesis. Zinc deficiency is a major risk factor for stunting. Iron (Fe) supports brain development and oxygen transport; its deficiency can cause anemia, reduce appetite, increase susceptibility to infection, and stunt growth. Deficiencies in Fe and Zn correlate strongly with stunting²⁴.

Vitamin A maintains epithelial and immune health. Deficiency increases children's vulnerability to disease and the risk of stunting. Calcium and vitamin D are essential for bone mineralization, and insufficient intake combined with limited sunlight exposure in crowded areas can hinder bone growth. Iodine is also critical; deficiency during pregnancy can cause congenital hypothyroidism, affecting the child's growth and development. Additionally, omega-3 fatty acids, EPA, DHA, omega-6, AA, vitamin B12, and folate are involved in cell division, brain development, and metabolism; shortages can worsen growth impairments^{22,24}.

The findings indicate that iron (Fe) and vitamin A are key nutrients influencing stunting among Indonesian children aged 6–59 months. A lack of iron results in reduced hemoglobin (Hb) and ferritin levels, which are associated with impaired linear growth, while insufficient vitamin A, reflected by low retinol concentrations, likewise contributes to growth inhibition in children²⁵.

Sihombing *et al.*²⁶ showed that catfish extract contains 4.97% water, 8.91% ash, 29.87% fat, 48.85% protein, 7.40% carbohydrates, 0.12% total polyphenols, and exhibits antioxidant activity with an IC₅₀ value of 4.9724%. The study concludes that catfish extract has promising potential to enhance the nutritional status of toddlers suffering from stunting.

CONCLUSION

Bilih fish oil supplement offers a comprehensive nutrient profile of macro- and micronutrients. It's a fish oil supplement that supports the fulfillment of toddlers' RDA, particularly for protein, fat, essential amino acids (L-Lysine, L-Proline, L-Serine, L-Threonine), Ca, Fe, Mg, Zn, Vitamin A / Retinol, and various fatty acids (omega-3, EPA, DHA, omega-6, AA, omega-9). The bilih fish oil supplement shows promise as a local food-based strategy for stunting prevention.

ETHICS APPROVAL

The study protocol was reviewed and approved by the Ethics Committee of the School of Veterinary Medicine and Biomedical Sciences at IPB University, Bogor, Indonesia. The approval was granted under the number 361/KEH/SKE/IX/2025.

FUNDING

This study was funded by the Directorate of Research and Community Service, Directorate General of Research and De-

velopment, Ministry of Higher Education, Science, and Technology (DPPM KEMDIKTISAINTEK) under the Regular Fundamental Research program. The funding is covered by research contract number 060/C3/DT.05.00/PL/2025 for the fiscal year 2025.

ACKNOWLEDGMENT

The author wishes to convey heartfelt thanks to the Directorate of Research and Community Service, Directorate General of Research and Development (DPPM KEMDIKTISAINTEK). The author also gratefully acknowledges the contributions of all individuals and institutions that supported the completion of this study.

REFERENCE

1. UNICEF/WHO/WORLD BANK. Levels and trends in child malnutrition UNICEF / WHO / World Bank Group Joint Child Malnutrition Estimates Key findings of the 2021 edition <https://www.who.int/publications/i/item/9789240025257>
2. [Kemenkes] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Laporan hasil Survei Kesehatan Indonesia Dalam Angka tahun 2023. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI; 2023.
3. [Kemenkes] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Laporan Hasil Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) 2024. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2024.
4. [BAPPENAS] Badan Perencanaan Pembangunan Nasional. Rencana pembangunan jangka menengah nasional 2025-2029. Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/ Bappenas; 2025.
5. Goudet SM, Bogin BA, Madise NJ, Griffiths PL. Nutritional interventions for preventing stunting in children (Birth to 59 months) living in urban slums in low-and middle-income countries (LMIC). *Cochrane Database Syst Rev* 2019;2019(6).
6. Fikri AM, Astuti W, Nurhidayati VA, Saliha F, Prameswari P. Protein intake recommendation for stunted children: An-update review. *Artículo Orig Nutr Clín Diet Hosp* 2024;44(3):117-123
7. Rimbawan R, Nasution Z, Giriwono PE, Tamimi K, Fadly K, Noviana A. Effect of Locally Produced Ready-to-Use Therapeutic Food on Children under Five Years with Severe Acute Malnutrition: A Systematic Review. *J Gizi dan Pangan* 2022; 17(2):123-138.
8. Sari AN, Diana FM, Nur NC. The association between protein intake and feeding practice with stunting in children aged 24-59 months. *Nutr Clin y Diet Hosp* 2025;45(1):430-437
9. [PERPRES] Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 72 Tahun 2021 tentang Penataan Daerah Kepulauan Kecil. *Peraturan Presiden Republik Indonesia*, Jakarta. Peraturan Presiden Republik Indonesia;2021
10. Diana, F. M. (2019). Studi efikasi pemberian biskuit yang mengandung ikan bilih (*Mystacoleucus padangensis*) terhadap pertumbuhan dan peningkatan aspek kognitif tikus percobaan (Disertasi). IPB University
11. Diana FM, Rimbawan R, Damayanthi E, Dewi M, Juniantito V, Lipoeto NI. Effect of Biscuits Enriched with Bilih Fish (*Mystacoleucus padangensis*) on Growth of Experimental Rats. *J Gizi dan Pangan* 2020;15(1):11-18.
12. Diana FM, Rimbawan R, Damayanthi E, Dewi M, Juniantito V, Lipoeto NI. Biscuit enriched with bilih fish (*Mystacoleucus padangensis*) increases cognitive in experimental rat. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 2019;10(9):1006-1010.
13. Yahdillah H, Diana FM, Helmizar H. The Organoleptic Test and Nutrient Analysis of Buffalo Milk-Based Nuggets with The Addition of Bilih Fish (*Mystacoleucus Padangensis*) as Additional Foods Growing Toddlers. *Amerta Nutrition* 2024;8(2):269-277.
14. Diana, F.M, Najmiatul, F. Association of Omega 3 and Omega 6 and Child Development: A Systematic Review, *Nutr Clin y Diet Hosp*, 2022;42(2), pp. 98-104. <https://doi.org/10.12873/422fivi>.
15. Rahman N, Hashem S, Akther S, Jothi JS. Impact of various extraction methods on fatty acid profile, physicochemical properties, and nutritional quality index of Pangus fish oil. *Food Sci Nutr* 2023;11(8):4688-4699.
16. Nazir N, Diana A, Sayuti K. Physicochemical and Fatty Acid Profile of Fish Oil from Head of Tuna (*Thunnus albacares*) Extracted from Various Extraction Method. *Int J Adv Sci Eng Inf Technol* 2017; 7(2):709-715.
17. [AOAC]. Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Washington, D.C.: AOAC International; 2005.
18. [Kemenkes] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Angka Kecukupan Gizi Masyarakat Indonesia. Permenkes Nomor 28 Tahun 2019. 2019; 65(879):2004-6.
19. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. Food Data Central: Omega-3 Fatty Acids (EPA and DHA) Content of Selected Seafood Products. Beltsville (MD): USDA; 2019. <https://fdc.nal.usda.gov/>
20. Andhikawati A, Junianto J, Permana R, Oktavia Y. Review: Komposisi Gizi Ikan Terhadap Kesehatan Tubuh Manusia. *Marinade* 2021;4(02):76-84.
21. Hidayaturrahmah H, Suprayogi A, Darusman HS, Roosita K, Hanif N. Effects of patin fish-based nutritional intervention on biochemical and physiological recovery in malnourished rats: An in vivo study and its implications for clinical nutrition. *Narra J*. 2025; 5(2):1-15.
22. Tam E, Keats EC, Rind F, Das JK, Bhutta ZA. Micronutrient supplementation and fortification interventions on health and development outcomes among children under-five in low-and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients* 2020;12(2):1-30
23. Reski S, Mundhofir FEP, Murbawani EA, Nindita Y, Muniroh M, Swastawati F, et al. Efficacy of Catfish (*Pangasius Hypophthalmus*) Oil to Overcome Stunting By Reducing Inflammatory Condition. *Int J Pharm Pharm Sci* 2021;13(5):18-22.
24. Black RE, Victora CG, Walker SP, Bhutta ZA, Christian P, Onis M, Ezzati M, McGregor SG, Katz J, Martorell R, Uauy R; et al. Maternal and Child Nutrition 1 Maternal and child undernutrition and overweight in low-income and middle-income countries. *Lancet*;2013. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60937-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60937-X).

25. Ernawati F, Syauqy A, Arifin AY, Soekatri MYE, Sandjaja S. Micronutrient deficiencies and stunting were associated with socioeconomic status in Indonesian children aged 6–59 months. *Nutrients* 2021;13(6):1-9
26. Sihombing F, Rumaseuw ES, Raniadita MA. Analysis of the Nutritional Content of Catfish Extract as a Reliable Food Ingredient to Improve the Nutrition of Stunted Toddlers. *J Biol Trop* 2024;24(3):216–222.

Evaluación del recubrimiento comestible a base de proteína sobre la cinética de pérdida de masa, estabilidad fisicoquímica y atributos de color en fresas (*Fragaria* × *ananassa*)

Effect of protein-based edible coatings on the preservation and shelf life of strawberries (*Fragaria* × *ananassa*)

Edward TORRES CRUZ¹, Rocio CAHUANA LIPA², Julio Cesar MACHACA MAMANI², Valeriano ANCCO LAGO³, Miriam Rosario MORENO ARCE⁴, Alicia Magaly LEON TACCA⁴, Saire Roenfi GUERRA LIMA⁴

¹ Universidad Peruana Cayetano Heredia.

² Universidad Nacional de Cañete –Lima.

³ Universidad Nacional José María Arguedas.

⁴ Universidad Nacional del Altiplano.

Recibido: 29/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Los recubrimientos comestibles proteicos se utilizan actualmente como barreras protectoras que prolongan la vida útil de los frutos, reduciendo la deshidratación y retrasando la oxidación.

Objetivo: Evaluar la eficacia de recubrimientos comestibles de base proteica en la conservación poscosecha de fresas (*Fragaria* × *ananassa*), mediante el análisis de su impacto sobre parámetros fisicoquímicos y sensoriales, tanto en condiciones de refrigeración (4 °C) como a temperatura ambiente (20 °C).

Metodología: Se aplicó el enfoque cuantitativo, de nivel explicativo y de tipo observacional. Para la evaluación se empleó la técnica de análisis experimental y como instrumento una ficha de registro estructurada para consignar las variables de respuesta (pérdida de peso, pH, color y textura). Se prepararon recubrimientos comestibles a base de proteína natural. Las fresas se dividieron en tres tratamientos: control (sin recubrimiento), recubrimiento al 5 % y recubrimiento al 10 %, siendo almacenadas durante varios días bajo dos condiciones

térmicas. Se evaluaron periódicamente la pérdida de peso, pH, parámetros de color (L*, a*, b*) y características organolépticas. Los datos fueron analizados estadísticamente para determinar diferencias significativas entre tratamientos.

Resultados: Los recubrimientos aplicados redujeron significativamente la pérdida de peso y mantuvieron el pH estable en comparación con el control. Se observó una mejor retención del color en las muestras recubiertas, especialmente bajo refrigeración. Los recubrimientos al 10 % mostraron mayor eficacia en todos los parámetros evaluados. Las muestras sin recubrimiento presentaron deterioro acelerado, con mayor deshidratación y pérdida de color.

Conclusiones: El uso de recubrimientos comestibles a base de proteína representa una alternativa efectiva y sostenible para prolongar la vida útil de fresas frescas. Su aplicación contribuye a preservar las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del fruto, especialmente cuando se combinan con condiciones de refrigeración. Esta tecnología resulta altamente prometedora para reducir el desperdicio alimentario y mejorar la calidad poscosecha en la agroindustria.

PALABRAS CLAVE

Recubrimientos comestibles, fresas, conservación, almacenamiento.

Correspondencia:

Edward Torres Cruz
edward.tc20@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Protein-based edible coatings are currently used as protective barriers that extend the shelf life of fruits, reducing dehydration and delaying oxidation.

Objective: Evaluate the effectiveness of protein- and polysaccharide-based edible coatings in the postharvest preservation of strawberries (*Fragaria × ananassa*), by analyzing their impact on physicochemical and sensory parameters under refrigerated conditions (4 °C) and at ambient temperature (20 °C).

Methodology: A quantitative, explanatory, observational approach was applied. Experimental analysis was used for the evaluation, and a structured record sheet was used as an instrument to record the response variables (weight loss, pH, color, and texture). Edible coatings based on natural protein were prepared. The strawberries were divided into three treatments: control (no coating), 5 % coating, and 10 % coating, and were stored for several days under two temperature conditions. Weight loss, pH, color parameters (L*, a*, b*), and organoleptic characteristics were evaluated periodically. The data were statistically analyzed to determine significant differences between treatments.

Results: The applied coatings significantly reduced weight loss and maintained pH stability compared to the control. A better retention of color was observed in coated samples, particularly under refrigeration. The 10 % coating showed higher effectiveness across all evaluated parameters. Uncoated samples exhibited accelerated deterioration, with increased dehydration and color loss.

Conclusions: The application of edible coatings offers an effective and sustainable alternative to extend the shelf life of fresh strawberries. These coatings help preserve the fruit's sensory and physicochemical properties, especially when combined with cold storage. This technology holds great promise for reducing food waste and enhancing postharvest quality in the agro-industrial sector.

KEYWORDS

Edible coatings, strawberries, preservation, shelf life, storage.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la industria alimentaria ha enfrentado un cambio significativo en las preferencias del consumidor, orientado hacia productos mínimamente procesados, libres de aditivos sintéticos y con un perfil nutricional conservado¹⁻⁴. Esta tendencia ha motivado el desarrollo de nuevas estrategias poscosecha que garanticen la calidad, seguridad y vida útil de los alimentos frescos, sin recurrir a conservadores artificiales⁵⁻⁸. Estos recubrimientos actúan como barreras semipermeables que regulan el intercambio de gases, humedad y solutos, además de servir como ma-

trices portadoras de compuestos bioactivos tales como antioxidantes y antimicrobianos⁸⁻¹⁰. La implementación de tecnologías simples, de bajo costo y alto impacto como los recubrimientos proteicos se convierte en una solución viable para conservar productos frescos como las fresas, altamente perecederas¹¹⁻¹³. Las proteínas, como la gelatina sin sabor, han demostrado un notable potencial filmógeno y compatibilidad con compuestos funcionales^{8,14-16}. La delimitación hacia proteínas específicas como gelatina, suero lácteo o fuentes locales vegetales permite asegurar la biocompatibilidad y factibilidad para su posterior escalamiento¹⁷⁻¹⁹. Aunque existen diversos estudios sobre el uso de polisacáridos y lípidos como materiales base, el uso de proteínas ofrece ventajas notables en la interacción con la superficie alimentaria, la retención de humedad y la incorporación de compuestos activos^{8,20,21}.

A pesar de los avances reportados en la literatura con proteínas como caseína, gelatina, soya y suero lácteo, aún se requiere evidencia más completa que integre el comportamiento funcional (como la actividad antioxidante o la barrera a la humedad)²²⁻²⁵ parámetros físico-químicos (viscosidad, espesor de película, color, pH) y su impacto en alimentos frescos bajo condiciones de conservación controlada²⁶⁻²⁸. Por tanto, este estudio busca aportar evidencia científica sólida sobre la aplicabilidad de recubrimientos comestibles proteicos en matrices vegetales reales como las fresas, bajo almacenamiento a 4 °C y 20 °C, atendiendo a la necesidad de soluciones prácticas para contextos rurales con limitadas condiciones de refrigeración²⁹⁻³².

La investigación se desarrolla con la finalidad de evaluar la eficacia de recubrimientos comestibles de base proteica en la conservación poscosecha de fresas (*Fragaria × ananassa*), mediante el análisis de su impacto sobre parámetros físico-químicos y sensoriales, tanto en condiciones de refrigeración (4 °C) como a temperatura ambiente (20 °C).

METODOLOGIA

La presente investigación corresponde a un estudio experimental de enfoque cuantitativo. Se empleó la técnica de análisis experimental y, como instrumentos se utilizaron: una ficha de registro estructurada para consignar los datos, una balanza digital de precisión para determinar la pérdida de peso, un pH-metro digital para medir la acidez, un colorímetro portátil (sistema CIELAB) para evaluar los parámetros de color (L*, a*, b*) y un texturómetro para analizar la firmeza de las fresas. El diseño consideró dos temperaturas (4 °C y 20 °C), tres tratamientos (control, recubrimiento al 5 % y recubrimiento al 10 %) y tres repeticiones. **Formulación del recubrimiento.** Se preparó un recubrimiento a base de gelatina sin sabor tipo A (porcina) de uso alimentario, marca Universal® (Colapiz en polvo, 20 g por envase), libre de gluten y con un valor nutricional de 370 kcal y 85 g de proteínas por cada 100 g, sin aporte de grasas, azúcares ni sodio. La gelatina se disolvió en agua destilada

a 60 °C bajo agitación constante hasta lograr una solución homogénea, empleando concentraciones finales del 5 % y 10 % (p/p). **Aplicación en el alimento fresco modelo.** Las fresas (*Fragaria* × *ananassa*, variedad *Albion*) fueron recolectadas en la región de Ica (Perú) y comercializadas en supermercados de la región Puno en el mes de agosto del 2025, cumpliendo con los estándares de calidad e inocuidad establecidos para productos frescos destinados al consumo humano. Los frutos se encontraban en estado de madurez comercial ($\frac{3}{4}$ rojo) y fueron recubiertos dentro de las primeras 4 h posteriores a la compra. El alimento fue sumergido en la solución del recubrimiento y secado bajo flujo de aire controlado. Se establecieron dos grupos: uno con recubrimiento y otro sin recubrimiento (control), los cuales se almacenaron a 4 °C ± 1 y 20 °C ± 1 durante 7 días. La calidad de las fresas tratadas se evaluó mediante la medición de pérdida de peso, pH, color (L, a, b*) y firmeza, utilizando los equipos mencionados. Esta metodología, respaldada por análisis estadísticos, permitió determinar con precisión el efecto del recubrimiento proteico en la conservación poscosecha, garantizando resultados confiables para identificar los tratamientos más efectivos para prolongar la vida útil del fruto sin afectar su apariencia ni textura.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este estudio permiten analizar de manera integral el efecto de los recubrimientos comestibles aplicados en distintas concentraciones (5 % y 10 %), así como el impacto de las condiciones de almacenamiento (refrigeración a 4 °C y temperatura ambiente a 20 °C) sobre la calidad postcosecha de fresas (*Fragaria* × *ananassa*). Se evaluaron parámetros fisicoquímicos clave como el pH y la textura mediante análisis instrumental, complementados con una evaluación visual de la integridad superficial del fruto antes y después del almacenamiento.

La figura 1 muestra la evolución y deterioro visual de fresas tratadas con recubrimientos al 10 %, 5 % y sin tratamiento (control), almacenadas a 4 °C y 20 °C, antes y después del periodo de conservación.

La tabla 1 expresa que a 4 °C la pérdida de peso fue similar entre tratamientos: 10 % (26.61 %), 5 % (30.13 %) y control (21.65 %). A 20 °C todos aumentaron, pero el control mostró la mayor merma (80.32 %), mientras que los recubrimientos redujeron la deshidratación: 10 % (47.86 %) y 5 % (44.57 %). Es por ello que se compara el porcentaje de pérdida de peso de las muestras bajo diferentes tratamientos (Control, 5 %, 10 %) y condiciones térmicas (refrigeración a 4 °C y temperatura ambiente a 20 °C). Se observa que la temperatura de almacenamiento influye significativamente en la pérdida de peso, siendo mayor a 20 °C en todos los casos. El tratamiento con 10 % a 4 °C presentó la menor pérdida promedio (26.6 %), lo que sugiere una mejor retención de humedad en comparación con los otros grupos. En contraste, el control a 20 °C mostró la mayor pérdida (≈80.3 %), evi-

denciando que la ausencia de tratamiento y una mayor temperatura aceleran la deshidratación.

El almacenamiento a 4 °C conservó mejor el color de las fresas, manteniendo mayor luminosidad (L*) y estabilidad en los tonos rojo (a*) y amarillo (b*). El recubrimiento al 10 % presentó los valores más altos de L* en ambas temperaturas, indicando menor oscurecimiento. A 20 °C, los tratamientos 5 % y 10 % mostraron aumento de a* (más rojizo), mientras que el control redujo notablemente a*, reflejando mayor degradación. En todos los casos, b* disminuyó a temperatura ambiente, señalando pérdida de tonalidad amarilla.

La figura 2 muestra una matriz de color donde cada celda representa una réplica experimental (R1, R2, R3) de fresa tratado con un porcentaje específico de proteína (10 %, 5 % o control), almacenado a temperatura de refrigeración (4 °C) o ambiente (20 °C). Cada celda se colorea según la conversión de los valores CIELAB (L*, a*, b*) a su correspondiente color RGB, permitiendo una visualización directa de la apariencia real de las muestras. Además, en cada celda se muestran los valores exactos de L* (luminosidad), a* (componente verde-rojo), b* (componente azul-amarillo) y ΔE, que indica la diferencia perceptual de color respecto al promedio del grupo control refrigerado.

Bajo refrigeración (4 °C), el tratamiento al 10 % presentó la mayor firmeza con un PEAK LOAD de 313 g y WORK de hasta 4.4 mJ, seguido por el 5 % (máx. 171 g) y el control (132.5 g). A 20 °C, todos los valores descendieron: 10 % llegó solo a 109 g, 5 % a 68.5 g y el control a 125.6 g, confirmando una marcada pérdida de firmeza a temperatura ambiente.

La figura 3 muestra los valores promedio de PEAK LOAD (g), parámetro que representa la fuerza máxima necesaria para deformar la muestra, en función de los distintos tratamientos (CONTROL, 5 %, 10 %) y bajo dos condiciones de temperatura: Refrigeración a 4 °C y Temperatura ambiente a 20 °C. Los resultados indican que las muestras conservadas a baja temperatura (4 °C) presentan valores significativamente mayores de firmeza respecto a las conservadas a 20 °C, lo que evidencia que el frío contribuye a mantener la integridad estructural del alimento. En particular, el tratamiento del 10 % mostró el mayor valor de PEAK LOAD bajo refrigeración, sugiriendo una posible sinergia entre formulación y temperatura que favorece la resistencia mecánica de la matriz. Por el contrario, las muestras a 20 °C evidenciaron una pérdida general de firmeza, posiblemente asociada a la degradación estructural por efectos térmicos y pérdida de humedad.

Los valores de pH registrados para tres réplicas (R1, R2, R3) en cada tratamiento (10 %, 5 % y Control), bajo dos condiciones térmicas: Refrigeración a 4 °C y Temperatura ambiente a 20 °C. Se observa que el pH tiende a ser ligeramente más alto bajo temperatura ambiente, especialmente en el tratamiento control, que alcanza un valor promedio de 3.88, en comparación con el control refrigerado que presenta un pro-

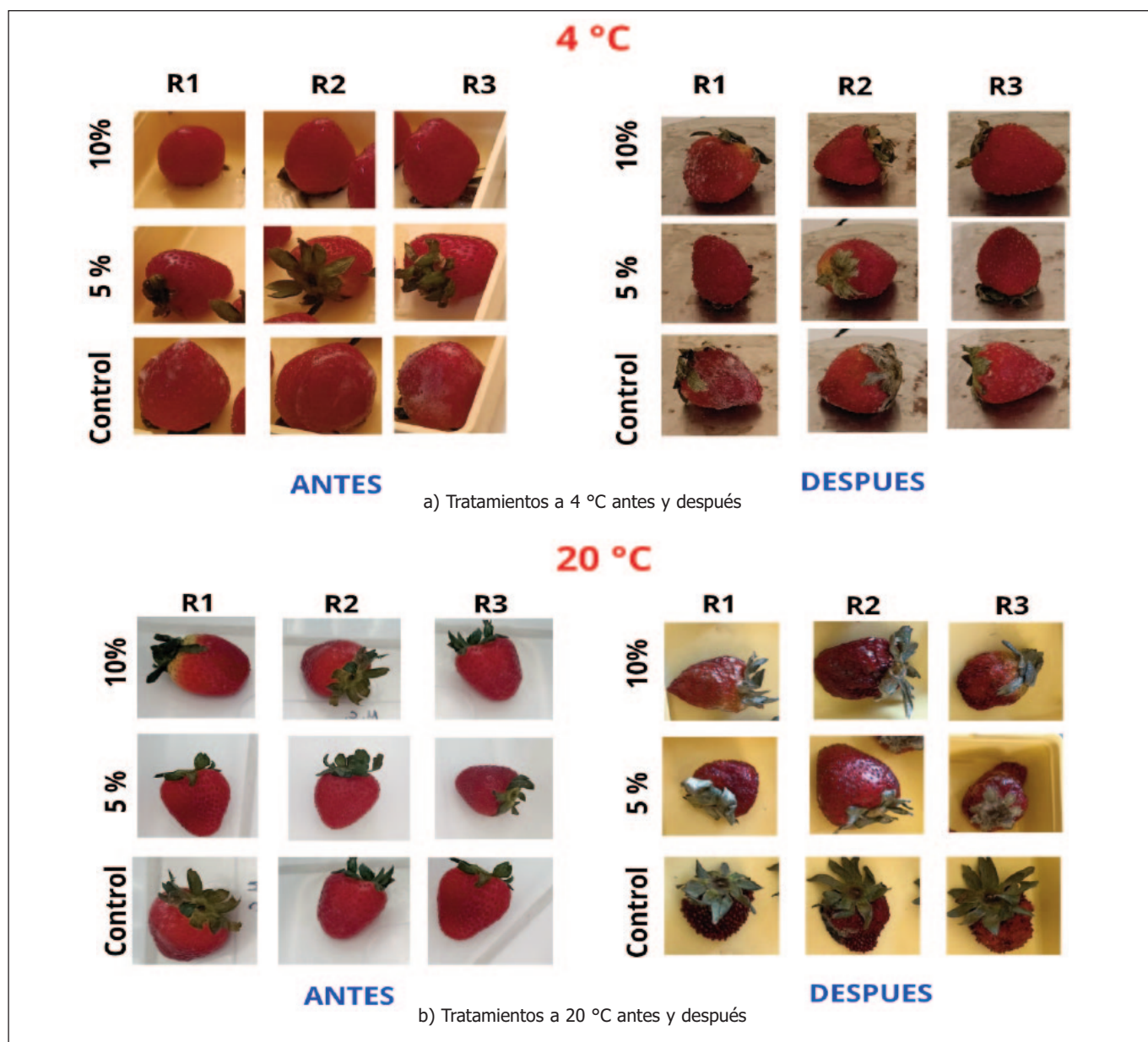


Figura 1. Evolución visual de fresas tratadas y almacenadas a 4 °C (a) y 20 °C (b)

Tabla 1. Porcentaje de pérdida de peso en muestras bajo diferentes tratamientos y condiciones de almacenamiento (4 °C y 20 °C)

Condición	Tratamiento	R1 (%)	R2 (%)	R3 (%)	Promedio (%)
4°C	10 %	30.17	30.87	18.8	26.61
	5 %	34.96	37.63	17.8	30.13
	Control	23.86	19.12	21.98	21.65
20°C	10 %	41.06	53.63	48.9	47.86
	5 %	45.66	41.52	46.52	44.57
	Control	70.54	86.94	83.47	80.32

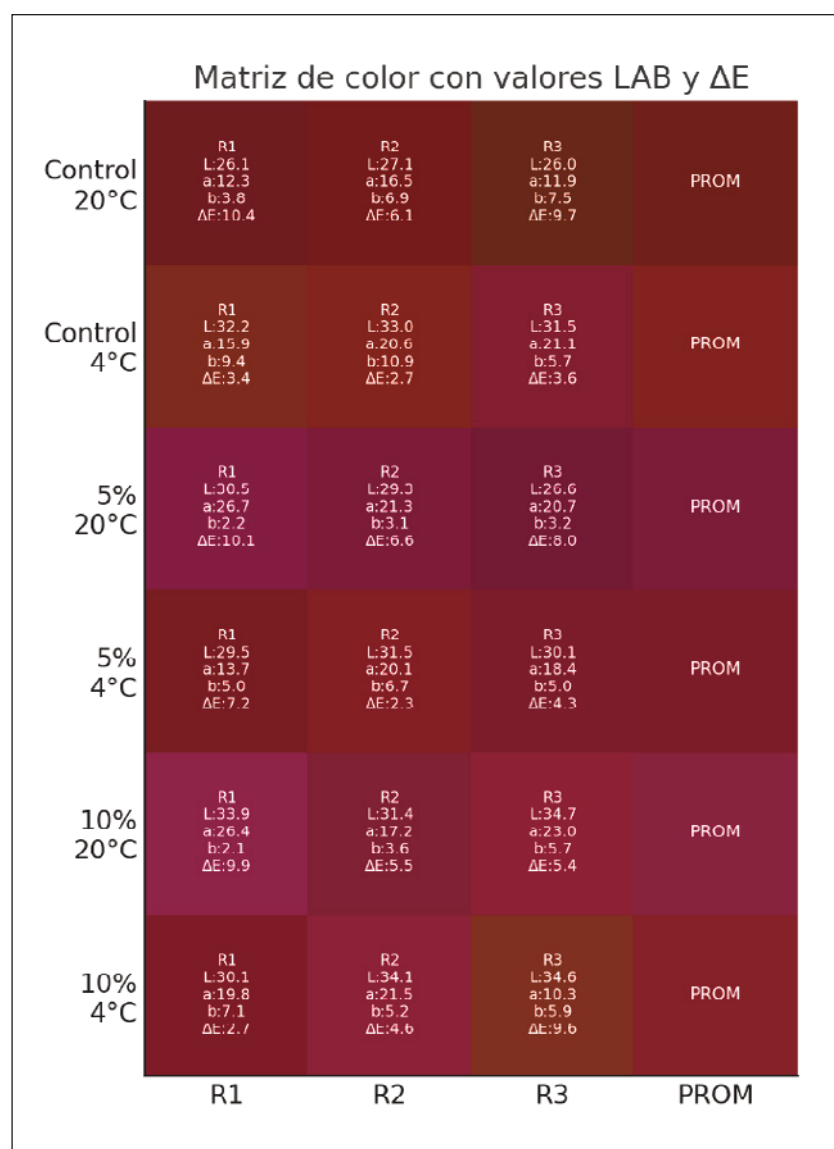


Figura 2. Variación del color en panes tratados con harina de maca fermentada bajo diferentes condiciones de almacenamiento y concentración, expresada en valores CIELAB y diferencia perceptual ΔE

cativa a la conservación poscosecha de fresas, principalmente al reducir la pérdida de peso y mantener la estabilidad del pH y del color. La menor deshidratación observada en las muestras recubiertas, especialmente a 4 °C, coincide con estudios como los de Bruno et al. sobre recubrimientos proteico-polisacáridos con antioxidantes en fresas, donde también se reporta mayor retención de firmeza y color rojo (a^*) usando formulaciones enriquecidas⁶. Además, investigaciones con recubrimientos de proteína de suero (whey protein) en frutas similares muestran mecanismos semejantes de barrera a la humedad y a gases^{20,21}. Asimismo, se evidencia que la temperatura de almacenamiento es un factor crítico: la refrigeración potencia el efecto protector del recubrimiento, mientras que a 20 °C se acelera el deterioro independientemente del tratamiento. La formulación al 10 % mostró los mejores resultados, lo que sugiere que una mayor concentración de proteína genera una matriz más densa y estable, capaz de retener mejor la humedad y ofrecer resistencia mecánica superior. Esto concuerda con hallazgos de Silva et al. en papaya, quienes usaron proteína aislada de soya con recubrimientos combinados, y observaron que concentraciones mayores aumentan la firmeza y disminuyen la pérdida de peso¹⁰. En conjunto, el estudio demuestra que la combinación de recubrimiento proteico y refrigeración constituye una estrategia efectiva, natural y de bajo costo para prolongar la vida útil de fresas frescas. Su implementación puede adaptarse a distintos contextos productivos, desde la agroindustria hasta sistemas locales, y representa una alternativa sostenible frente a métodos de conservación con aditivos sintéticos.

medio de 3.55. En contraste, el tratamiento del 10 % en refrigeración mantuvo un pH más estable y bajo (3.59), lo que indica que la combinación de refrigeración y tratamiento tiene un efecto conservante. El gráfico muestra que las fresas almacenadas a 20 °C presentan pH más altos que las refrigeradas a 4 °C, con el control alcanzando 3.88 frente a 3.55 en frío. El tratamiento al 10 % bajo refrigeración registra el pH más bajo (3.59), lo que indica mayor estabilidad y menor actividad microbiana en comparación con los demás.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman que los recubrimientos comestibles a base de proteína contribuyen de manera signifi-

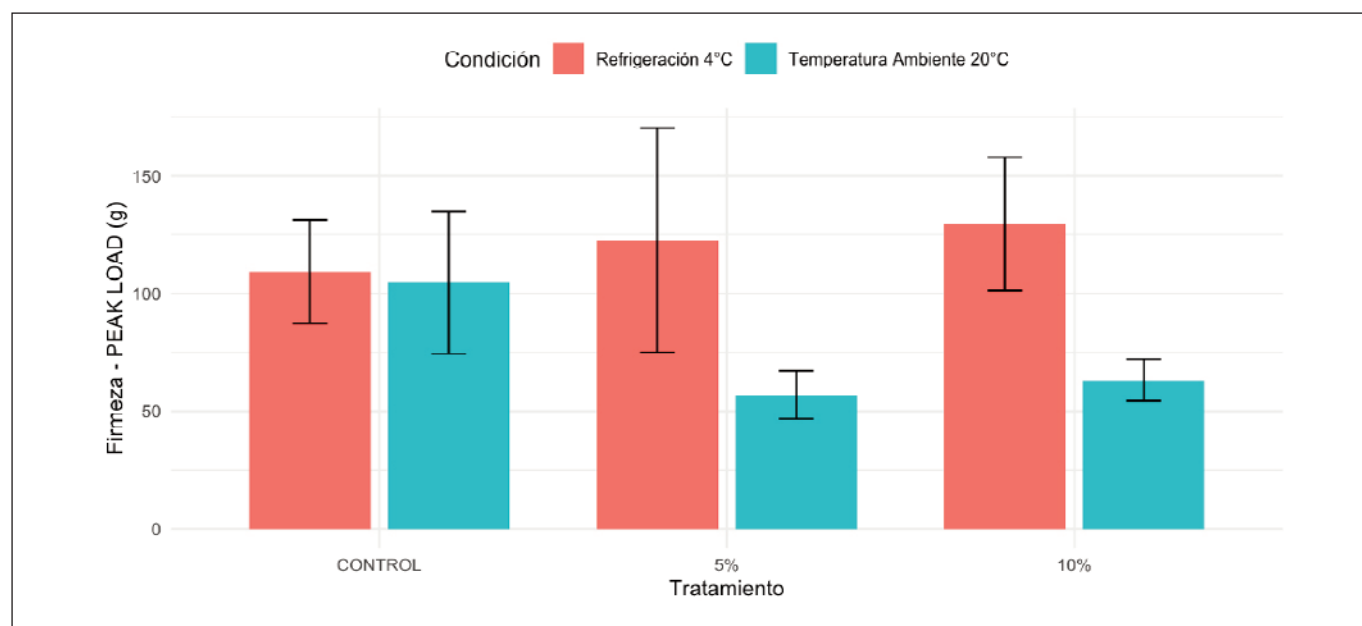
cativa a la conservación poscosecha de fresas frescas. Su implementación puede adaptarse a distintos contextos productivos, desde la agroindustria hasta sistemas locales, y representa una alternativa sostenible frente a métodos de conservación con aditivos sintéticos, alineándose con la tendencia hacia alimentos más limpios y mínimamente procesados, como lo señalan revisiones recientes como Shah (2023)³³.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la aplicación de recubrimientos comestibles formulados a base de componentes naturales ofrece una estrategia tecnológica eficaz para la conservación poscosecha de frutas frescas como la fresa. Las formulaciones evaluadas demostraron efectos positivos sobre la estabilidad del pH, la reducción de la pérdida de peso y la conservación del color, evidenciando una mejora en la vida útil del producto bajo condiciones de almacenamiento tanto refri-

Tabla 2. Evaluación instrumental de textura según tratamiento y temperatura de conservación

Condición	Tratamiento	Réplica	DEF PEAK U (mm)	FINAL LOAD (g)	PEAK LOAD (g)	WORK (mJ)
Refrigeración 4°C	10 %	R1	4.8	289.5	313.0	4.1
		R2	2.8	24.5	107.5	3.14
		R3	4.5	122.0	161.5	4.4
	5 %	R1	2.5	11.5	65.5	2.88
		R2	5.0	171.0	171.0	3.7
		R3	3.3	31.0	121.5	2.68
	CONTROL	R1	4.3	58.5	89.0	2.67
		R2	3.9	41.0	106.2	3.25
		R3	4.1	80.0	132.5	3.52
T° Ambiente 20°C	10 %	R1	3.8	57.0	71.0	2.14
		R2	5.0	109.0	109.0	2.09
		R3	5.0	53.0	53.5	2.39
	5 %	R1	5.0	68.5	68.5	1.41
		R2	4.9	49.5	50.0	1.33
		R3	5.0	52.0	52.0	1.31
	CONTROL	R1	5.0	118.5	118.5	2.4
		R2	5.0	96.5	125.6	2.55
		R3	4.3	63.5	70.0	2.21

**Figura 3.** Evaluación de la firmeza instrumental (PEAK LOAD) en función del tratamiento y temperatura de conservación en muestras texturales

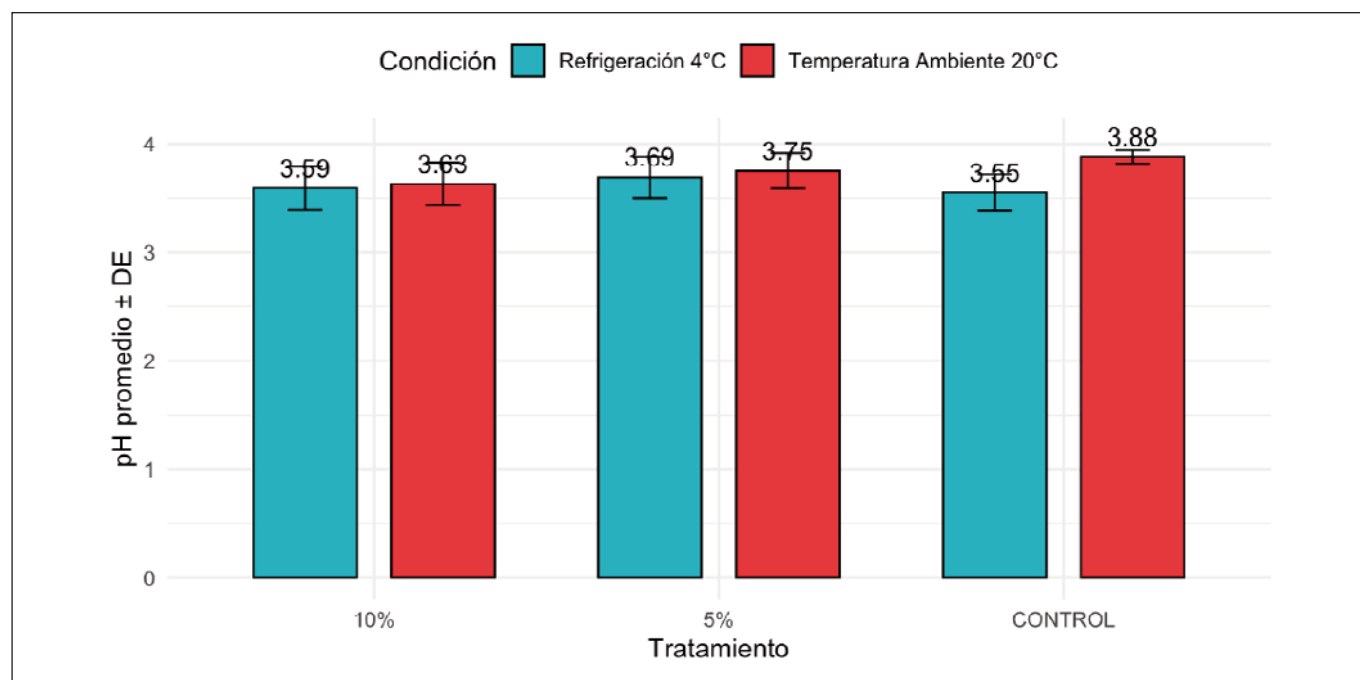


Figura 4. Comparación del pH promedio por tratamiento y condición de temperatura

gerado como a temperatura ambiente. Esta mejora en la calidad se atribuye a las propiedades barrera del recubrimiento, que limitan la transferencia de humedad y gases, así como a la posible actividad antioxidante y antimicrobiana de sus componentes. Además, se observó que los efectos del recubrimiento varían en función del tipo de formulación y la temperatura de conservación, lo que resalta la importancia de optimizar las condiciones de aplicación en función del producto y el entorno. La investigación respalda el uso de estas tecnologías como una alternativa sostenible, natural y económicamente viable frente a métodos convencionales de conservación, alineándose con las tendencias actuales de la industria alimentaria en favor de soluciones limpias, ecológicas y funcionales.

REFERENCIAS

- Vasiliauskaite A, Vasiliauskaite A, Mileriene J, et al. Application of Edible Coating Based on Liquid Acid Whey Protein Concentrate with Indigenous *Lactobacillus helveticus* for Acid-Curd Cheese Quality Improvement. *Foods*. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.3390/foods11213353.
- Pham TT, Nguyen LLP, Sao Đ, et al. Application of Edible Coating in Extension of Fruit Shelf Life: Review. *AgriEngineering*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/agriengineering5010034.
- Liu J, Liu J-H, Liu J, et al. A novel pseudo-protein-based biodegradable coating for magnesium substrates: in vitro corrosion phenomena and cytocompatibility. *J Mater Chem B*. Epub ahead of print 2015. DOI: 10.1039/c4tb01527d.
- Chire-Fajardo GC, Sotelo-Méndez A, Uribe-Salas AA, et al. Biological evaluation of the quality of dark chocolate protein in diets for rats. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2024; 44: 338–343.
- Karina S, Karina S, Setiadi, et al. Influence of Transglutaminase Enzyme Incorporated into Protein based Edible Coating for Preservation of Spanish Mackerel Fish (*Scomberomorus commersoni*). *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.1088/1757-899x/722/1/012081.
- Bruno A De, Gattuso A, Ritorto D, et al. Effect of Edible Coating Enriched with Natural Antioxidant Extract and Bergamot Essential Oil on the Shelf Life of Strawberries. *Foods*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/foods12030488.
- Jafarzadeh S, Jafarzadeh S, Forough M, et al. Plant protein-based nanocomposite films: A review on the used nanomaterials, characteristics, and food packaging applications. *Crit Rev Food Sci Nutr*. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1080/10408398.2022.2070721.
- Caner C, Caner C, Yüceer M, et al. Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poult Sci*. Epub ahead of print 2015. DOI: 10.3382/ps/pev102.
- Yousuf B, Yousuf B, Srivastava AK, et al. Application of natural fruit extract and hydrocolloid-based coating to retain quality of fresh-cut melon. *Journal of Food Science and Technology-mysore*. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.1007/s13197-020-04397-3.
- Silva DAC, Silva DAC, Anaconda KS, et al. EFECTO DE RECUBRIMIENTOS DE ALMIDÓN MODIFICADO DE YUCA, PROTEÍNA AISLADA DE SOYA Y ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO APLICADOS A LA PAPAYA. *null*. Epub ahead of print 2018. DOI: 10.31910/rudca.v21.n1.2018.664.

11. Abdullah AH, Awad-Allah MAA, Abd-Elkarim NAA, et al. Carboxymethyl Cellulose from Banana Rachis: A Potential Edible Coating to Extend the Shelf Life of Strawberry Fruit. *Agriculture*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/agriculture13051058.
12. Du T, Du T, Li X, et al. Phytochemicals-based edible coating for photodynamic preservation of fresh-cut apples. *Food Research International*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1016/j.foodres.2022.112293.
13. Piedra A, Piedra A, Alejandra M, et al. Efecto de recubrimientos comestibles formulados a base de alginato, carboximetilcelulosa y proteína de suero de leche en la vida útil de la remolacha (*Beta vulgaris* L.) mínimamente procesada. *null*. Epub ahead of print 2015. DOI: null.
14. Qi H, Qi H, Zheng W, et al. Novel Mussel-Inspired Universal Surface Functionalization Strategy: Protein-Based Coating with Residue-Specific Post-Translational Modification in Vivo. *ACS Appl Mater Interfaces*. Epub ahead of print 2019. DOI: 10.1021/acsami.8b22551.
15. Turan FT, Turan FT, Kahyaoğlu T, et al. The effect of an ultrasonic spray nozzle on carbohydrate and protein-based coating materials for blueberry extract microencapsulation. *J Sci Food Agric*. Epub ahead of print 2020. DOI: 10.1002/jsfa.10622.
16. Rivadeneira Barcia CS, Sánchez Moreira FE, Hernández León A, et al. Effect of an edible coating based on banana peel flour (*Musa paradisiaca*) and citric acid applied to minimally processed pineapple (*Ananas comosus*). *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2025; 45: 359–368.
17. Hu Q, Zhou F, Ly NK, et al. Development of Multifunctional Nanoencapsulated *trans*-Resveratrol/Chitosan Nutraceutical Edible Coating for Strawberry Preservation. *ACS Nano*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1021/acsnano.3c01094.
18. León LAN, Cabrera AC, Díaz PCP, et al. Maíces con alto contenido de antocianina, biofortificados con zinc, provitamina A y de alta calidad de proteína en Perú. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.18272/aci.v16 i1.3277.
19. Vargas MDLVY, Mayorga-Patrón MDLÁ, Tamayo-Cortez J, et al. Evaluación de un recubrimiento comestible biodegradable sobre la calidad del chile habanero. *Rev Mex De Cienc Agric*. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.29312/remexca.v15i3.3295.
20. Khorshidi M, Khorshidi M, Heshmati A, et al. Effect of whey protein- and xanthan-based coating on the viability of microencapsulated *Lactobacillus acidophilus* and physiochemical, textural, and sensorial properties of yogurt. *Food Sci Nutr*. Epub ahead of print 2021. DOI: 10.1002/fsn3.2398.
21. Xin Y, Yang C, Zhang J, et al. Application of Whey Protein-Based Emulsion Coating Treatment in Fresh-Cut Apple Preservation. *Foods*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/foods12061140.
22. Ghidelli C, Ghidelli C, Mateos M, et al. Novel approaches to control browning of fresh-cut artichoke: Effect of a soy protein-based coating and modified atmosphere packaging. *Postharvest Biol Technol*. Epub ahead of print 2015. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2014.08.008.
23. Priya K, Thirunavookarasu N, Chidanand D V. Recent advances in edible coating of food products and its legislations: A review. *J Agric Food Res*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.1016/j.jafr.2023.100623.
24. Rivadeneira Barcia CS, Vera Zambrano MS, Vásquez Cortez LH, et al. Edible coating made from *Musa paradisiaca* peel with the addition of Citrus x limonia essential oil applied to processed avocado. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2025; 45: 58–69.
25. Rivera Pacheco AR, Chavez Infantes JK, Mamani Quispe AL, et al. Total antioxidant capacity and total phenolics in a functional non-dairy drink based on passion fruit and chia peel. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria* 2024; 44: 193–202.
26. Peralta AVP, Cuzco JIC, Álvarez LFA. El almidón, su uso y efecto como recubrimiento comestible en la conservación de frutas. *Ciencia Digital*. Epub ahead of print 2024. DOI: 10.33262/cien ciadigital.v8i2.3001.
27. Paredes MEF, Palma GBA, Sánchez MET. Aplicación de un recubrimiento comestible a base de mucílago de nopal para la conservación de guayaba. *Sinergia Académica*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.51736/sa.v6i2.132.
28. Osorio O, Caicedo JFB, Legarda APB, et al. Efecto de diferentes formulaciones de recubrimiento con proporción de mezcla polisacárido/proteína para la conservación de lulo (*Solanum quitoense* L.). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.21930/rcta.vol24_num1_art:2857.
29. Monedero M, Monedero M. Recubrimientos comestibles a base de proteína de soja y lípidos. *null*. Epub ahead of print 2011. DOI: null.
30. Soto JP, Santivañez GQQ, Morales KRM, et al. Efecto del recubrimiento comestible a base de almidón de cáscara de papa (*Solanum tuberosa*) Huasahuasina – Tarma en la prolongación de la vida útil de la zarzamora (*RUBUS ULMIFOLIUS*). *KANYÚ*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.61210/kany.v1i2.especial.46.
31. Zhu M, Zhu M, Ran Q, et al. Interface Reversible Electric Field Regulated by Amphoteric Charged Protein-Based Coating Toward High-Rate and Robust Zn Anode. *Nanomicro Lett*. Epub ahead of print 2022. DOI: 10.1007/s40820-022-00969-4.
32. Chalán G, Chalán G, Mardelid R, et al. Efecto de recubrimientos comestibles a base de proteína de soja y almidón de yuca en la conservación de saúco (*Sambucus peruviana* H.B.K.). *null*. Epub ahead of print 2019. DOI: null.
33. Shah YA, Bhatia S, Al-Harrasi A, et al. Mechanical Properties of Protein-Based Food Packaging Materials. *Polymers (Basel)*. Epub ahead of print 2023. DOI: 10.3390/polym15071724.

Evaluation of exercise addiction and orthorexia nervosa among individuals attending fitness centers: insights from an adult population study

Gulcan ARUSOGLU¹, Pinar SÖKÜLMEZ KAYA², Canan ASAL ULUS²

¹ *Kirklareli University, Faculty of Health, Depart. of Nutrition and Dietetics. Kirklareli, Türkiye.*

² *Ondokuz Mayıs University, Faculty of Health, Depart. of Nutrition and Dietetics. Samsun, Türkiye.*

Recibido: 28/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

ABSTRACT

Aim: This study aimed to determine the emotional eating status and orthorexia nervosa tendencies of 87 individuals aged 18–65 who had been attending fitness centers in the city center of Kirklareli for at least three months, and to examine their association with exercise addiction.

Materials and Methods: Through a structured questionnaire, data on participants' general characteristics, nutritional and physical activity habits, and body mass index (BMI) measurements were collected. The Exercise Addiction Scale (EAS-17) was employed to assess exercise addiction, the ORTO-11 scale to evaluate orthorexia nervosa, and the Emotional Eating Scale (EES) to measure emotional eating behaviors.

Results: The mean age of the participants was 27.07±8.66 years (Median: 24, Min: 18, Max: 52); 56.3% were male, 74.7% were single, and 65.5% had a high school education or lower. According to the EAS cut-off points, 4.6% were at low risk, 49.6% at risk, 42.5% addicted, and 3.4% highly addicted. A statistically significant difference was observed between waist circumference and the mean scores of the "Excessive Focus" and "Mood Alteration" subscales of EAS ($p=0.001$). Based on EES cut-off points, 34.5% of the adults were found to be low, 44.8% moderate, and 4.6% very high emotional eaters. No statistically significant relationship was observed between total EAS scores and total or subscale EES scores ($p>0.05$). Similarly, no statistically significant associa-

tion was found between total and subscale EAS scores and ORTO-11 total scores ($p>0.05$).

Discussion: The results of this study demonstrated that, among a substantial proportion of individuals engaged in exercise, no relationship was found between exercise addiction and tendencies toward orthorexia or emotional eating.

Conclusion: It is considered beneficial for future studies to be conducted with larger sample sizes.

KEY WORDS

Physical activity dependence, Orthorexia, Emotional regulation.

INTRODUCTION

Behaviors that are inherently beneficial may lead to numerous adverse consequences when they become obsessive. Although exercise is universally regarded as a healthy habit, it is acknowledged that it has the potential to turn into an obsessive and harmful behavior^{1,2}. Regular physical activity plays an important role in maintaining health and preventing disease. However, excessive exercise has the potential to negatively affect both physical and psychological health³. Similar to other addictive behaviors, excessive exercise is frequently described by theorists as compulsive^{1,4}. Exercise encompasses systematic, programmed, and repetitive physical activities aimed at maintaining or improving one or more components of physical fitness (cardiorespiratory endurance, flexibility, muscular fitness)⁵. Physical activity, on the other hand, is defined as any bodily movement—such as household chores, dancing, running, or walking—produced by skeletal muscle contractions that expend energy above the basal level^{5,6}.

Correspondencia:

Gulcan Arusoglu
arusoglugulcan@gmail.com

Exercise addiction may also emerge as a compensatory behavior undertaken to support efforts to remain thin, often associated with eating disorders⁷. The physical and psychological benefits of regular exercise are well documented. However, while exercise is enjoyed by many, it may also be performed compulsively, resulting in harm. Despite its many positive effects, an excessive preoccupation with exercising, spending much of one's time exercising, and being unable to control this behavior despite barriers are considered indicators of exercise addiction⁸. Exercise addiction is thus characterized by psychological symptoms such as an overwhelming desire to exercise during leisure time and the inability to control excessive exercise behavior⁹.

Although the primary purpose of eating is nutrition, eating attitudes have been rapidly changing under cultural, biological, and psychological influences. Eating disorders, which result from the interaction of these factors, are conditions with both psychological and physical dimensions. They may lead to severe complications and even death due to inadequate or excessive food consumption¹⁰. Eating disorders are characterized by significant disturbances in eating behavior or behaviors that substantially impair physical and psychosocial health and result in alterations in the consumption and absorption of food¹¹. Research on less recognized eating disorders not included in the *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition* (DSM-V) has been increasing¹². The most common of these include orthorexia nervosa, bigorexia, diabulimia, and the female athlete triad. Orthorexia nervosa refers to a pathological obsession with consuming healthy foods free of herbicides, pesticides, or artificial substances, in which behaviors are associated more with the quality than the quantity of food consumed¹³. Studies have demonstrated that the prevalence of eating disorders is higher among athletes than in the general population^{14,15}. Research has shown that eating disorders occur in 6.0% of non-athletes, 20.0% of athletes engaged in appearance-focused sports, and 10.0% of athletes in sports where appearance is not important¹⁵.

Beyond the aforementioned measurement tools, another instrument used to assess eating is the Emotional Eating Scale, developed by Garaulet et al. in 2012. This short, simple, and comprehensible tool assesses the tendency to overeat in response to negative emotions, a psychological eating behavior that often leads to consuming food in excess of normal needs. Emotional eating is typically associated with affective fluctuations such as depression, anxiety, and loneliness¹⁶.

It cannot be claimed that all bodybuilders training in such facilities or all individuals exercising three times a week are exercise addicts or at risk of eating behavior disorders. However, among individuals who are psychologically predisposed, young people, and those who disrupt their meal balance in pursuit of their goals and desire to exercise more,

symptoms of disordered eating and exercise addiction are likely to appear.

The primary aim of this study is to determine the relationship between orthorexia nervosa, defined as an obsession with healthy eating, emotional eating, and exercise addiction among individuals engaged in sports.

MATERIALS AND METHODS

Design and Sample

Ethical approval for this study was obtained from the Kırklareli University Non-Interventional Clinical Research Ethics Committee. The research was conducted with the approval of the Kırklareli University Ethics Committee under protocol number E-69456409-199-13467 PR0334R0. The study population consisted of volunteer individuals aged 18–65 who held active memberships in fitness centers located in the central district of Kırklareli. Written permission was obtained from fitness center managers to conduct the study. Each participant was provided with the necessary explanation prior to the questionnaire, and participation was ensured on a voluntary basis after obtaining informed consent. Individuals who had been attending the fitness center for less than three months, those younger than 18, and those older than 65 were excluded from the study. Based on self-reporting that participants have been enrolled for more than three months were included. This registration period indicates the continuity of the member. The selection of participants is based on volunteering. The scales were self-administered and social desirability was quite high.

The sample of the study was determined using the non-probability random sampling method. The study is an analytical cross-sectional study. Fitness centers located in the district center were selected. Data on participants' sociodemographic characteristics (age, gender, education/employment status) and general information (nutritional habits, physical activity habits, alcohol/smoking status, etc.) were collected through face-to-face interviews using a multiple-choice questionnaire. Voluntary informed consent was obtained from all participants.

The Exercise Addiction Scale-17 (EAS-17), which has been validated and tested for reliability in Turkish, was used to determine exercise addiction. Through the questionnaire, participants' general characteristics, nutritional and physical activity habits, and anthropometric measurements were also obtained. In addition, the ORTO-11 scale was used to assess participants' eating attitudes and behaviors, and the Emotional Eating Scale (EES) was employed to examine emotional eating behavior.

Waist circumference (cm) Normal (female: ≤ 80 cm, male: ≤ 94 cm) Risky (female: > 80 cm, male: > 94 cm) High-risk (female: > 88 cm, male: > 102 cm)²⁸.

The scales were checked with weights of 0.5, 1, 5, 10 and 20 kg before each use. The scale was accurate to ± 0.1 kg.

The Mesilife MC-210 stadiometer was accurate to ± 0.1 cm. Waist circumference measurement was made with a non-stretchable tape measure which was accurate to ± 0.1 cm.

BMI (kg/m^2) <18.5 underweight, 18.5–24.9 normal, 25.0–29.9 overweight, ≥ 30.0 obese. Measurements were taken by the researcher and repeated 3 times²⁸.

Using the G*Power 3.1.9.4 program, with 80% statistical power and a significance level of $\alpha=0.05$, the minimum required sample size to detect an effect size of $d=0.30$ for correlation analysis was calculated as 82¹⁷⁻¹⁹. At the end of the study, 87 individuals were included.

Data Collection Tools

Exercise Addiction Scale-17 (EAS-17)

In the EAS-17 adapted to Turkish by Yeltepe et al., a 3-factor structure was obtained. The scale explains 54.61% of the variance. When the factors were examined, it was determined that the first factor consists of the first 7 items (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) under the name "Excessive Focus and Mood Change." This factor alone explains 34.89% of the exercise dependence variable in the scale. The second factor, "Postponement of Individual-Social Needs and Conflict," was found to consist of 6 items (8, 9, 10, 11, 12, 13). This factor alone explains 13.06% of the exercise dependence variable in the scale. It was determined that the third factor consists of 4 items (14, 15, 16, 17) under the name "Tolerance Development and Passion," and the third factor alone explains 6.65% of the exercise dependence variable in the scale. The score ranges of the Exercise Addiction Scale are evaluated as "1-17 normal group, 18-34 low-risk group, 35-51 risk group, 52-69 addicted group, 70-85 highly addicted group." Necessary usage permissions were obtained from the author who conducted the Turkish adaptation.

In this study, Cronbach's alpha coefficients were calculated as 0.704 for the EAS total dimension, and 0.846, 0.643, 0.653 for the Excessive Focus and Mood Change, Postponement of Individual-Social Needs, Conflict and Tolerance Development and Passion subdimensions, respectively.

Orthorexia Nervosa (Orto-11) Scale

ORTO-15 test, a Likert-type scale, was developed by Donini et al. to determine individuals' obsession with healthy eating. The ORTO-15 test investigates individuals' habits of purchasing, preparing, and selecting foods, as well as their obsessions with foods they consider healthy. In the Turkish version of the scale adapted by Arusoğlu et al., since items with the highest possible statistical power were selected, 11 items were determined in the final version and it was named ORTO-11^{20,21}. In this study, the Cronbach's alpha coefficient for ORTO-11 was calculated as 0.591.

Emotional Eating Scale

A 10-item, three-dimensional scale was obtained from the Turkish version published by Arslantaş et al. It consists of a 4-option rating starting with "never" as a response of zero and ending with sometimes, usually, and always responses, with a maximum of 3 points. As the scores obtained increase, emotional eating behavior increases. It has three subdimensions consisting of inability to prevent eating desire, food types, and feeling of guilt. There are no reverse items in the scale. The lowest score is "0" and the highest is 30 points. Garaulet et al. (2012) reported that scoring 0-5 points from the scale indicates "not being an emotional eater," 6-10 points indicates "being a low-level emotional eater," 11-20 points indicates "being an emotional eater," and 21-30 points indicates "being a very emotional eater"²². In this study, Cronbach's alpha coefficients were calculated as 0.711 for the EES total dimension, and 0.765, 0.667, and 0.537 for the Inability to Prevent Eating Desire, Food Types, and Feeling of Guilt subdimensions, respectively.

Data analysis

Descriptive tests including number (n), percentage (%), mean (M), standard deviation ($\pm$ SD), minimum (Min.), maximum (Max.), and median were utilized in data analysis. Reliability Analysis was conducted for the reliability of the scales, and results were evaluated with Cronbach's alpha coefficient. The normality of distribution was investigated with the Kolmogorov-Smirnov test. Student's t-test was applied for parametric distributions and Mann-Whitney U test for nonparametric distributions in comparing two independent group means. Kruskal-Wallis H test was performed for nonparametric distributions in comparing three or more group means, and when the difference was found to be significant, Tamhane's T3 test from post hoc tests was utilized. The relationship between numeric variables was examined with Pearson correlation analysis for parametric distributions and Spearman correlation analysis for nonparametric distributions. Correlation coefficients were evaluated as very weak if ≤ 0.25 , weak if 0.26-0.49, moderate if 0.50-0.69, strong if 0.70-0.89, and very strong if ≥ 0.90 (19). Analyses were performed in the Statistical Package for the Social Sciences 26.0 (SPSS 26.0), and $p < 0.05$ was considered significant. Homogeneity of variances was verified before applying t-tests.

RESULTS

Table 1 presents the distribution of participants' descriptive characteristics and the comparison of these characteristics according to the Exercise Addicted Scale (EAS) total and subdimension scores. It was determined that 56.3% of the adults with a mean age of 27.07 ± 8.66 years (Median: 24, Min.: 18, Max.: 52) were male, 74.7% were single, and 65.5% had high school education or below.

Table 1. Distribution of participants' descriptive characteristics and comparison of these characteristics according to Exercise Addiction Scale (EAS) total and sub-dimension scores

Variables (n=87)	n (%)	Total			Overfocus and Emotional Change			Postponement of Individual-Social Needs and Conflict			Development of Tolerance and Passion		
		$\bar{x}\pm SD$	Test value	p	$\bar{x}\pm SD$	Test value	p	$\bar{x}\pm SD$	Test value	p	$\bar{x}\pm SD$	Test value	p
Gender													
Woman	38 (43,7)	49,74±7,88	-1,413 ¹	0,161	24,18±6,47	-0,021 ²	0,983	14,58±4,64	-1,425 ²	0,154	10,97±3,42	-2,346 ¹	0,021*
Men	49 (56,3)	52,57±10,23			23,98±7,05			15,76±4,46			12,84±3,86		
Age													
< 25	47 (54,0)	50,91±10,11	-0,451 ¹	0,653	23,36±6,33	-1,645 ²	0,100	15,47±4,64	-0,406 ²	0,685	12,09±4,13	0,166 ¹	0,869
≥ 25	40 (46,0)	51,83±8,45			24,90±7,24			14,98±4,49			11,95±3,35		
Marital status													
Married	22 (25,3)	50,68±7,99	-0,195 ²	0,845	23,55±7,88	-0,025 ²	0,980	15,59±4,70	-0,269 ²	0,788	11,55±3,96	-0,868 ²	0,385
Single	65 (74,7)	51,55±9,80			24,25±6,40			15,12±4,53			12,18±3,72		
Education status													
Highschool and below	57 (65,5)	50,65±10,17	-0,942 ¹	0,349	22,42±7,06	-3,186 ²	0,001**	15,98±4,62	-2,061 ²	0,039*	12,25±3,95	0,757 ¹	0,451
University and above	30 (34,5)	52,63±7,50			27,20±4,90			13,83±4,14			11,60±3,43		
Smoking status													
No	59 (67,8)	51,22±9,48	-0,123 ²	0,902	23,95±6,76	-0,191 ²	0,848	15,46±4,84	-0,155 ²	0,877	11,81±3,75	-0,757 ²	0,449
Yes	28 (32,2)	51,57±9,20			24,32±6,89			14,79±3,92			12,46±3,83		
Alcohol consumption													
No	52 (59,8)	51,75±8,96	0,505 ¹	0,615	23,65±6,71	-0,856	0,392	15,60±4,65	-1,103	0,270	12,50±4,05	1,448 ¹	0,151
Yes	35 (40,2)	50,71±9,97			24,69±6,89			14,71±4,42			11,31±3,23		
Chronic disease													
No	80 (92,0)	51,69±9,11	-1,148 ²	0,251	24,24±6,69	-0,783 ²	0,434	15,31±4,59	-0,493 ²	0,622	12,14±3,79	-1,034 ²	0,301
Yes	7 (8,0)	47,29±11,67			22,14±7,90			14,43±4,39			10,71±3,50		
Regular medication consumption													
No	83 (95,4)	51,72±9,23	-1,714 ²	0,087	24,30±6,64	-1,353 ²	0,176	15,27±4,56	-0,325 ²	0,745	12,16±3,78	-1,628 ²	0,103
Yes	4 (4,6)	43,25±9,03			19,25±8,54			14,75±4,92			9,25±2,50		
Vitamin/mineral consumption													
No	58 (66,7)	51,47±9,39	-0,050 ²	0,960	24,93±6,16	-1,464 ²	0,143	15,00±4,71	-0,890 ²	0,374	11,53±3,94	-1,768 ²	0,077
Yes	29 (33,3)	51,07±9,39			22,34±7,66			15,72±4,26			13,00±3,24		

¹ Student's t-test. ² Mann Whitney-U test. * p<0,05, ** p<0,01.

The mean scores for the research group's EAS total, Excessive Focus and Mood Change, Postponement of Individual-Social Needs and Conflict, and Tolerance Development and Passion subdimensions were determined as 51.33 ± 9.34 (Min.: 30, Max.: 76), 24.07 ± 6.76 (Min.: 10, Max.: 35), 15.24 ± 4.55 (Min.: 6, Max.: 25), and 12.02 ± 3.77 (Min.: 4, Max.: 20), respectively. According to EAS cutoff points, it was observed that 4.6% were at low risk, 49.6% were at risk, 42.5% were dependent, and 3.4% were highly dependent (not shown in table).

No statistically significant difference was found between the group's descriptive characteristics and EAS total dimension scores ($p > 0.05$). The mean score for the Tolerance Development and Passion subdimension was found to be statistically significantly higher in males compared to females ($p = 0.021$). While the mean score for the Excessive Focus and Mood Change subdimension was statistically significantly higher in those with university education or above compared to those with high school education or below ($p = 0.001$), the mean score for the Postponement of Individual-Social Needs and Conflict subdimension was determined to be lower ($p = 0.039$) (Table 1).

Table 2 presents the distribution of participants' nutritional status-related characteristics and their comparison according to EAS total and subdimension scores. It was determined that 47.1% of the research group consumed three main meals, 6.9% consumed three snacks, and 64.4% consumed adequate amounts of water. It was found that 19.5% of the group used nutritional supplements, with whey protein (82.4%), creatine (23.5%), and multivitamins (23.5%) being the most commonly used among users (not shown in table). It was determined that 8.0% of adults consumed sports drinks, and the mean EAS total dimension score of sports drink consumers was statistically significantly higher compared to non-consumers ($p = 0.048$). According to BMI classification, 35.6% of participants were overweight and 6.9% were obese; according to waist circumference classification, 9.1% were in the risky group and 37.9% were in the high-risk group. A statistically significant difference was found between waist circumference and the mean score of the EAS Excessive Focus and Mood Change subdimension ($p = 0.001$). When examining the source of the difference, those with normal waist circumference had statistically significantly higher mean scores for the Excessive Focus and Mood Change subdimension compared to those at high risk ($p = 0.001$). No statistically significant difference was found between the group's nutritional status-related characteristics and the EAS Postponement of Individual-Social Needs and Conflict and Tolerance Development and Passion subdimension scores ($p > 0.05$).

Table 3 shows the distribution of participants' physical activity-related characteristics and their comparison according to EAS total and subdimension scores. It was found that 25.3% of adults were active as athletes, with fitness (39.1%),

bodybuilding (10.3%), and football (5.7%) being the most practiced sports among these types (not shown in table). Participants who were active as athletes had statistically significantly higher mean scores for the Tolerance Development and Passion subdimension compared to those who were not ($p = 0.014$). It was determined that 61.2% of participants had been doing sports for less than 3 years, 52.9% trained less than 5 times per week, and 65.5% trained less than 2 hours per day. It was observed that 70.1% of adults paid attention to fluid consumption before and after training; those who paid attention to fluid consumption had statistically significantly higher mean scores for EDS total score ($p = 0.024$) and Excessive Focus and Mood Change subdimension score ($p = 0.001$). It was found that 63.2% of the research group paid attention to nutrition before and after training; those who paid attention to fluid consumption had statistically significantly higher mean scores for the Excessive Focus and Mood Change subdimension ($p = 0.001$).

It was determined that 31.0% of the group ate after training; among the foods consumed after training, chicken (30%), fruits (25.0%), rice, pasta, etc. (23.3%), red meat products (20.0%), and protein powder (16.7%) were the most common (not shown in table). Those who ate after training had statistically significantly higher mean scores for the Postponement of Individual-Social Needs and Conflict subdimension compared to those who did not ($p = 0.046$) (Table 3).

Table 4 presents the relationship between participants' Exercise Dependence Scale total and subdimension scores and the Emotional Eating Scale (EES) and Orthorexia Nervosa Scale-11 (ORTHO-11) total and/or subdimension scores. According to EES cutoff points in the research group, it was found that 34.5% of adults were low-level, 44.8% were moderate-level, and 4.6% were very high-level emotional eaters (not shown in table). A weak negative statistically significant relationship was found between the EAS Excessive Focus and Mood Change subdimension score and EES total ($r: -0.333$, $p = 0.002$) and Inability to Prevent Eating Desire subdimension score ($r: -0.394$, $p = 0.000$). A weak or very weak positive statistically significant relationship was determined between the EDS Postponement of Individual-Social Needs and Conflict subdimension score and EES total ($r: 0.263$, $p = 0.014$), Inability to Prevent Eating Desire ($r: 0.334$, $p = 0.002$), and Feeling of Guilt ($r: 0.216$, $p = 0.045$) subdimension scores. No statistically significant relationship was observed between EAS total dimension and Tolerance Development and Passion subdimension scores and EES total and subdimension scores ($p > 0.05$). No statistically significant relationship was found between EDS total dimension and subdimension scores and ORTHO-11 total dimension scores ($p > 0.05$).

Table 2. Distribution of participants' nutritional status characteristics and comparison of these characteristics according to Exercise Addiction Scale (EDS) total and sub-dimension scores

Variables (n=87)	n (%)	Total			Overfocus and Emotional Change			Postponement of Individual-Social Needs and Conflict			Development of Tolerance and Passion		
		$\bar{x}\pm SD$	Test value	p	$\bar{x}\pm SD$	Test value	p	$\bar{x}\pm SD$	Test value	p	$\bar{x}\pm SD$	Test value	p
Number of main meals													
<3	31 (35,6)	50,90±8,71	0,739 ³	0,691	24,29±6,35	2,405 ³	0,300	14,68±4,53	1,107 ³	0,575	11,94±3,90	3,229 ³	0,199
3	41 (47,1)	52,15±9,65			24,90±6,42			15,68±4,95			11,56±3,91		
>3	15 (17,2)	50,00±10,12			21,33±8,17			15,20±3,49			13,47±2,88		
Number of snacks													
0	26 (29,9)	52,65±9,11	1,120 ³	0,290	25,31±6,35	0,612 ³	0,434	14,69±3,74	0,470 ³	0,493	12,65±3,59	1,745 ³	0,187
1-2	55 (63,2)	51,49±9,42			24,16±6,70			15,60±4,91			11,73±3,87		
3	6 (6,9)	44,17±7,49			17,83±6,74			14,33±4,76			12,00±3,95		
Daily water consumption													
Insufficient	31 (35,6)	51,06±11,22	-0,182 ¹	0,856	25,32±5,96	-1,027 ²	0,304	14,16±4,20	-1,458 ²	0,145	11,58±4,15	-0,813 ¹	0,419
Sufficient	56 (64,4)	51,48±8,22			23,38±7,13			15,84±4,67			12,27±3,55		
Nutritional supplement use status													
No	70 (80,5)	50,37±9,39	-1,730 ²	0,084	23,60±6,73	-1,262 ²	0,207	15,06±4,56	-,811 ²	0,417	11,71±3,75	-1,489 ²	0,136
Yes	17 (19,5)	55,29±8,20			26,00±6,75			16,00±4,60			13,29±3,69		
Sports drink consumption													
No	80 (92,0)	50,84±8,86	-1,976 ²	0,048*	23,95±6,66	-0,595 ²	0,552	15,00±4,57	-1,847 ²	0,065	11,89±3,79	-1,128 ²	0,259
Yes	7 (8,0)	57,00±13,25			25,43±8,30			18,00±3,56			13,57±3,36		
Effect of nutritional status on performance													
Yes	80 (92,0)	51,68±9,59	-1,562 ²	0,118	24,10±6,99	-0,713 ²	0,476	15,41±4,62	-1,096 ²	0,273	12,16±3,67	-0,807 ²	0,420
No	7 (8,0)	47,43±4,28			23,71±3,55			13,29±3,25			10,43±4,76		
Effect of emotional status on performance													
Yes	74 (85,1)	50,96±9,48	-0,757 ²	0,449	24,08±6,72	-0,108 ²	0,914	14,99±4,54	-1,153 ²	0,249	11,89±3,67	-0,927 ²	0,354
No	13 (14,9)	53,46±8,53			24,00±7,29			16,69±4,50			12,77±4,38		
BMI													
Normal	50 (57,5)	52,18±9,76	1,943 ³	0,378	25,52±6,09	4,659 ³	0,097	14,90±4,57	2,224 ³	0,329	11,76±3,80	3,403 ³	0,182
Preobese	31 (35,6)	50,77±8,80			21,87±7,69			16,06±4,52			12,84±3,55		
Obese	6 (6,9)	47,17±8,42			23,33±4,03			13,83±4,67			10,00±4,15		
Waist circumference													
Normal ^a	35 (53,0)	53,63±9,88	6,102 ³	0,051	26,29±5,70	13,239 ³	0,001**	14,94±4,76	1,418 ³	0,492	12,40±3,80	0,370 ³	0,831
Risk	6 (9,1)	53,33±6,65			26,50±6,89			15,00±3,22			11,83±4,17		
High risk ^b	25 (37,9)	47,64±8,99			19,16±7,34			16,60±5,17			11,88±3,73		

¹ Student's t-test. ² Mann Whitney-U test. * p<0,05, ** p<0,01.

Table 3. Distribution of participants' characteristics regarding physical activity and comparison of these characteristics according to Exercise Addiction Scale (EAS) total and sub-dimension scores

Variables (n=87)	n (%)	Total			Overfocus and Emotional Change			Postponement of Individual-Social Needs and Conflict			Development of Tolerance and Passion		
		$\bar{x}\pm SD$	Test value	p	$\bar{x}\pm SD$	Test value	p	$\bar{x}\pm SD$	Test value	p	$\bar{x}\pm SD$	Test value	p
Being an athlete													
Yes	22 (25,3)	54,77±11,42	-1,613 ²	0,107	25,32±7,15	-1,039 ²	0,299	15,77±4,26	-0,911 ²	0,362	13,68±3,73	-2,467 ²	0,014*
No	65 (74,7)	50,17±8,30			23,65±6,63			15,06±4,66			11,46±3,64		
Exercise duration													
< 3 years	41 (61,2)	51,00±9,19	-0,870 ²	0,385	22,90±7,11	-1,357 ²	0,175	16,32±4,91	-1,064 ²	0,287	11,78±3,61	-1,287 ²	0,198
≥ 3 years	26 (38,8)	52,62±9,63			25,15±7,00			14,62±4,25			12,85±3,85		
Number of workouts													
< 5 times/week	46 (52,9)	51,39±9,16	0,061 ¹	0,952	23,74±6,75	-0,597 ²	0,550	15,74±4,74	-1,092 ²	0,275	11,91±3,89	-0,287 ¹	0,775
≥ 5 times/week	41 (47,1)	51,27±9,64			24,44±6,84			14,68±4,32			12,15±3,68		
Duration of workouts													
< 2 h/day	57 (65,5)	51,68±9,82	0,481 ¹	0,632	24,61±6,91	-1,367 ²	0,172	14,98±4,56	-1,102 ²	0,270	12,09±3,84	0,220 ¹	0,827
≥ 2 h/day	30 (34,5)	50,67±8,46			23,03±6,47			15,73±4,56			11,90±3,69		
Special diet for training													
No	71 (81,6)	50,99±9,40	-0,022 ²	0,983	24,03±6,90	-0,220 ²	0,826	15,24±4,50	-0,154 ²	0,878	11,72±3,79	-1,695 ²	0,090
Yes	16 (18,4)	52,88±9,21			24,25±6,31			15,25±4,95			13,38±3,48		
Time to eat before training													
< 2 hours	39 (44,8)	51,18±9,71	0,622 ³	0,733	24,46±6,87	0,372 ³	0,830	14,74±3,97	3,555 ³	0,169	11,97±3,70	0,300 ³	0,861
≥ 2 hours	31 (35,6)	50,48±6,60			23,48±6,87			14,74±4,68			12,26±3,36		
Doesn't matter	17 (19,5)	53,24±12,55			24,24±6,64			17,29±5,22			11,71±4,75		
Pay attention to fluid consumption before and after training													
No	26 (29,9)	48,58±8,70	-2,265 ²	0,024*	20,62±6,47	-3,220 ²	0,001**	16,65±4,53	-1,926 ²	0,054	11,31±3,60	-1,420 ²	0,156
Yes	61 (70,1)	52,51±9,42			25,54±6,38			14,64±4,46			12,33±3,83		
Paying attention to nutrition before and after training													
No	32 (36,8)	49,06±8,80	-1,751 ¹	0,084	21,56±6,93	-2,593 ²	0,010*	15,75±4,71	-6,31 ²	0,528	11,75±4,52	-0,473 ¹	0,638
Yes	55 (63,2)	52,65±9,46			25,53±6,28			14,95±4,47			12,18±3,29		
Post-workout nutritional status													
No	60 (69,0)	51,32±9,93	-0,303 ²	0,762	24,65±6,66	-1,123 ²	0,261	14,68±4,66	-1,997 ²	0,046*	11,98±4,02	-0,387 ²	0,699
Yes	27 (31,0)	51,37±8,03			22,78±6,94			16,48±4,12			12,11±3,21		

¹ Student's t-test. ² Mann Whitney-U test. * p<0,05, ** p<0,01.

Table 4. Correlation between participants' Exercise Addiction Scale total and sub-dimension scores and Emotional Eating Scale and Orthorexia Nervosa Scale-11 total and/or sub-dimension scores

Dimensions	$\bar{x} \pm SD$	Min-Max	Exercise Addiction Scale (EAS)							
			Total		Overfocus and Emotional Change		Postponement of Individual-Social Needs and Conflict		Development of Tolerance and Passion	
			r	p	r	p	r	p	r	p
EES										
Total	10,97±5,12	0-24	-0,116 ¹	0,284	-0,333 ²	0,002**	0,263 ²	0,014*	-0,035 ¹	0,748
Inability to Control Food Cravings	6,11±3,94	0-14	-0,149 ²	0,168	-0,394 ²	0,000***	0,334 ²	0,002**	0,004 ²	0,970
Types of Food	2,41±1,67	0-6	-0,019 ²	0,863	0,093 ²	0,393	-0,156 ²	0,149	-0,033 ²	0,764
Feeling of Guilt	2,44±1,33	0-6	0,072 ²	0,508	-0,078 ²	0,471	0,216 ²	0,045*	0,116 ²	0,284
ORTHO-11										
Total	25,66±4,14	17-35	-0,160 ²	0,138	-0,173 ²	0,108	0,080 ²	0,463	-0,036 ²	0,741

¹ Pearson Correlation Analysis. ² Spearman Correlation Analysis. r: correlation coefficient. *p<0,05, **p<0,01, ***p<0,001.

DISCUSSION

This study was conducted on a total of 87 individuals, consisting of 38 women and 49 men, to evaluate the behaviors of individuals attending fitness centers regarding exercise addiction, emotional eating, and healthy eating obsession. It was determined that 56.3% of the adults with a mean age of 27.07 $\pm$ 8.66 years were male, 74.7% were single, and 65.5% had high school education or below.

According to EAS cutoff points, it was observed that 4.6% of participants were at low risk, 49.6% were at risk, 42.5% were addicted and 3.4% were highly addicted (not shown in table). According to the results of another study conducted by Kuzu et al. (2023), it was revealed that 3.3% of participants were exercise addicted and 77.2% had a risk of exercise addiction. Different results are reported in the literature regarding the prevalence of exercise addiction. This variability in study results may stem from measurement tools, characteristics of the selected sample, or cultural differences.

In our study, no difference was found between women and men in terms of exercise addiction. In some of the other studies conducted, exercise addiction was found to be higher in men, while in others, no difference was found between genders²³. The association of beauty perception in Turkish society with a muscular body structure in men and with thinness in women may be effective in this matter. In our research, no difference was found between the exercise addiction tendencies of individuals in both the under-25 and over-25 groups. However, in the study conducted by Kuzu

and Öztürk, it was found that exercise addiction was higher in individuals between 18-28 years of age. In the literature, it is reported that exercise addiction does not change with age, increases with age, or addiction behavior is more common in young people^{1,24}.

While no difference was found between exercise addiction in terms of educational status in our study, studies in the literature have shown that individuals who are high school graduates have higher exercise addiction tendencies²⁵. In the study conducted by Kuzu and Öztürk, it was found that those with university education had higher exercise addiction tendencies²³.

In this study, it was found that the mean exercise addiction scores of cigarette and alcohol users were high, but there was no difference between users and non-users. In another study, the mean exercise addiction score of cigarette and alcohol users was also found to be high²³.

Although research on disorders that emerge together with exercise addiction is insufficient, estimates suggest that 15-20% of exercise-addicted individuals are addicted on nicotine, alcohol, or illegal drugs. Sussman, Lisha, and Griffiths suggest that up to 25% of people with one addiction have another addiction. Buying addiction has been identified as common among the exercise addicted⁴.

It has been reported that orthorexia nervosa tendency is more frequent in individuals who are not satisfied with their physical appearance and exercise more frequently in the gym²⁶. The relationship between exercise addiction and

eating disorders has significance for diagnosis and treatment⁴.

In our study, the mean orthorexia scale score of participants was found to be 25.66 ± 4.14 . In studies conducted, it is reported to be higher in athletes, dietitians, and healthcare workers²³. In our study, no significant relationship was found regarding the increase in orthorexic tendency as exercise dependence increased. In some studies, a weak to moderate relationship has been found between orthorexia and exercise addiction^{23,27}. It is an expected result that individuals combine exercise and diet behaviors to protect themselves from diseases and keep their bodies fit and healthy.

In the study conducted by Arslantaş et al. (2019), emotional eating did not show a statistically significant association in terms of orthorexia tendency. That is, no relationship was found between emotional eating and healthy eating obsession¹⁶. In our study, a statistically significant association was detected in the subscales between exercise addiction risk and emotional eating tendency.

No statistically significant association was detected between EES and ORTO-11 scale in our study. In our study, according to EES cutoff points, it was found that 34.5% of adults were low-level, 44.8% were moderate-level, and 4.6% were very high-level emotional eaters. A weak negative statistically significant association was found between the EAS Excessive Focus and Mood Change subdimension score and EES total and Inability to Prevent Eating Desire subdimension scores.

LIMITATIONS

The study cannot be generalized to the population. The differences in education, marital status, and age of the individuals participating in the study constitute another limitation. The fact that the city where the study was conducted is a small place may affect the results.

CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

The results of this study did not show a relationship between exercise addiction and orthorexia tendency and emotional eating tendency in a significant portion of individuals who exercise. It is considered beneficial for future studies to be conducted with broader participation.

REFERENCES

1. Tekkurşun Demir G, Hazar Z, Cicioğlu Hİ. Egzersiz bağımlılığı ölçeği (EBÖ): Geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*. 2018;26(3):865-74. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.413383>
2. Szabo A, Griffiths MD. Exercise addiction in British sport science students. *International Journal of Mental Health and Addiction*. 2007;5(1):25-8. DOI: 10.1007/s11469-006-9050-8
3. Berczik K, Szabó A, Griffiths MD, Kurimay T, Kun B, Urbán R, et al. Exercise addiction: symptoms, diagnosis, epidemiology, and etiology. *Substance use & misuse*. 2012;47(4):403-17. doi: 10.3109/10826084.2011.639120.
4. Freimuth M, Moniz S, Kim SR. Clarifying exercise addiction: differential diagnosis, co-occurring disorders, and phases of addiction. *International journal of environmental research and public health*. 2011;8(10):4069-81. <https://doi.org/10.3390/ijerph8104069>
5. Sucular E. Egzersiz Yapan Bireylerin Yeme Davranış Bozukluklarının Egzersiz Bağımlılığı Üzerine Etkisi 2020. <http://adudspace.adu.edu.tr:8080/jspui/bitstream/11607/3943/1/TEZ%20PDF.pdf>. Reached 22ndOctober 2025.
6. Pitta F, Troosters T, Probst V, Spruit M, Decramer M, Gosselink R. Quantifying physical activity in daily life with questionnaires and motion sensors in COPD. *European respiratory journal*. 2006; 27(5):1040-55. doi: 10.1183/09031936.06.00064105.
7. Powers, PS, Thompson, RA. Athletes and eating disorders. In J. Yager & P. S. Powers (Eds.), *Clinical manual of eating disorders* (pp. 357–385). American Psychiatric Publishing, Inc. (2007). <https://psycnet.apa.org/record/2007-07143-014>
8. Hausenblas HA, Downs DS. Exercise dependence: A systematic review. *Psychology of sport and exercise*. 2002;3(2):89-123. DOI: 10.1016/S1469-0292(00)00015-7
9. Vardar E, Vardar SA, Toksöz İ, Süt N. Egzersiz bağımlılığı ve psikopatolojik özelliklerinin değerlendirilmesi. *Düşünen Adam Psikiyatri ve Nörolojik Bilimler Dergisi*. 2012;25(1):51-7. DOI: 10.5350/DAJPN 2012250106
10. Alphan MT, Baş M, Baysal A, Kutluay T, Kızıltan G, Pekcan G. Hastalıklarda beslenme tedavisi. Baskı, Hatiboğlu Yayınları, Ankara. 2013.
11. Edition F. Diagnostic and statistical manual of mental disorders. Am Psychiatric Assoc. 2013;21. https://ia800707.us.archive.org/15/items/info_munsha_DSM5/DSM-5.pdf. Reached 22ndOctober 2025.
12. Bratman S, Knight D. Health food junkies: overcoming the obsession with healthful eating: Broadway Books.; 2000.
13. Bartrina J. Orthorexia or when a healthy diet becomes an obsession. *Archivos latinoamericanos de nutrición*. 2007;57(4):313-5. PMID: 18524314
14. Krentz EM, Warschburger P. Sports-related correlates of disordered eating in aesthetic sports. *Psychology of Sport and Exercise*. 2011;12(4):375-82. DOI: 10.1016/j.psychsport.2011.03.004
15. Borgen JS, Corbin CB. Eating disorders among female athletes. *The physician and Sportsmedicine*. 1987;15(2):88-95. doi: 10.1080/00913847.1987.11709282.
16. Arslantaş H, Dereboy F, Yüksel R, İnalkaç S. Duygusal yeme ölçeği'nin türkçe çevirisinin geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Türk Psikiyatri Dergisi*. 2019;30:1-9. <https://doi.org/10.5080/u23520>
17. Faul F, Erdfelder E, Lang A-G, Buchner A. G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*. 2007;39(2): 175-91. doi: 10.3758/bf03193146.

18. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang A-G. Statistical power analyses using G* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behavior research methods*. 2009;41(4):1149-60. doi:10.3758/BRM.41.4.1149
19. Karagöz Y. SPSS ve AMOS uygulamalı nitel-nicel-karma bilimsel araştırma yöntemleri ve yayın etiği,(Güncellenmiş ve Geliştirilmiş 3. Basım) Nobel Akademik Yayıncılık. Haziran; 2021.
20. Arusoglu G. Beslenme ve diyetetik bölümü erkek öğrencilerinde Ortoreksiya nervoza eğiliminin belirlenmesi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*. 2018;6(86):56-71. DOI: 10.16992/ASOS.14457
21. Arusoğlu G, Kabakçı E, Köksal G, Merdol TK. Orthorexia Nervosa and Adaptation of ORTO-11 into Turkish. *Turkish journal of psychiatry*. 2008;19(3). PMID: 18791881
22. Arslantaş H, Dereboy F, Yüksel R, İnalkaç S. Duygusal yeme ölçeği'nin türkçe çevirisinin geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Türk Psikiyatri Dergisi*. 2019;30:1-10. [https://doi.org/ 10.5080/u23520](https://doi.org/10.5080/u23520)
23. Kuzu A, Öztürk PÇ. Spor yapan bireylerde egzersiz bağımlılığı, ortoreksiya nervoza ve etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*. 2023;10(2):226-34. <https://doi.org/10.52880/sagakaderg.1222578>
24. Marques A, Peralta M, Sarmento H, Loureiro V, Gouveia ÉR, Gaspar de Matos M. Prevalence of risk for exercise dependence: A systematic review. *Sports Medicine*. 2019;49(2):319-30. doi: 10.1007/s40279-018-1011-4.
25. Pulur A, Gedik A. Fitness merkezine giden bireylerin egzersiz bağımlılıklarının incelenmesi. *Sportive*. 2021;4(2):12-23. <https://doi.org/10.53025/sportive.875537>
26. Baysal I, Kızıltan G. Spor yapan bireylerin ortoreksiya nervoza eğilimleri ile beslenme durumları arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi-BÜSBİD*. 2020;5(3):204-214. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/3649291>
27. White M, Berry R, Rodgers RF. Body image and body change behaviors associated with orthorexia symptoms in males. *Body image*. 2020;34:46-50. doi: 10.1016/j.bodyim.2020.05.003.
28. WHO (2011). <https://www.who.int/publications/i/item/9789241501491>. Reached 22nd October 2025.

Tiempo de reacción de las extremidades superiores por edad cronológica y estado de madurez en adolescentes

Upper limb reaction time by chronological age and maturity status in adolescents

José SULLA TORRES¹, Nadia CHÁVEZ SALAS¹, María VALVERDE RIVEROS¹, Nicolás VIDAL FERNÁNDEZ², Rossana GOMEZ CAMPOS², Marco COSSIO BOLAÑOS²

¹ Escuela de Ingeniería de Sistemas, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

² Universidad Católica del Maule, Talca, Chile.

Recibido: 29/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El tiempo de reacción es importante en diversas situaciones, al incidir en la toma de decisiones rápidas, y en la ejecución de las actividades de la vida diaria.

Objetivo: Relacionar el tiempo de reacción de extremidades superiores [TRES (expresado en aciertos y tiempo de ejecución)] con la edad cronológica y el estado de madurez en jóvenes no deportistas. Para ello se utilizó la tecnología y sistema FITLIGHT®.

Métodos: Se efectuó un estudio Transversal (correlacional) en 73 jóvenes de 12 a 20 años (40 hombres y 33 mujeres). Los jóvenes proceden de un colegio y una universidad particular. La selección de la muestra fue no-probabilística debido al limitado acceso a la muestra y recursos financieros. Se evaluó el peso, la estatura. Se calculó el Índice de masa corporal (IMC). Se determinó el estado de madurez por medio de una ecuación de regresión que utiliza sexo, edad cronológica y estatura. El TRES se evaluó a través del sistema FITLIGHT® (numero de aciertos y 10 repeticiones con ambas manos en segundos).

Resultados: La edad cronológica mostró relaciones positivas bajas con el número de aciertos en ambos sexos (hombres $r=0,13$ y mujeres $r=0,29$). Por estado de madurez, las correlaciones aumentaron ligeramente en ambos sexos (hom-

bres $r=0,16$ y en mujeres $r=0,36$). Las correlaciones entre el estado de madurez con el número de aciertos fueron negativas y bajas ($r=-0,11$ en hombres y $-0,25$ en mujeres), y entre el estado de madurez con el tiempo utilizado en 10 repeticiones fueron de bajas a moderadas en ambos sexos (en hombres $r=-0,13$ $p<0,05$, y en mujeres $r=-0,28$, $p<0,05$).

Conclusión: El TRES en adolescentes y jóvenes mostró mayor asociación con el estado de madurez que con la edad cronológica. Además, en ambos sexos se observó un número similar de aciertos, pero los hombres fueron más rápidos, lo que sugiere que la madurez influye en la eficiencia motora, especialmente en las mujeres.

PALABRAS CLAVE

Desempeño motor, coordinación, crecimiento, Fitlight.

ABSTRACT

Introduction: Reaction time is important in various situations, as it influences quick decision-making and the performance of daily activities.

Objective: To correlate upper limb reaction time [TRES (expressed in hits and execution time)] with chronological age and maturity in young non-athletes. FITLIGHT® technology and system were used for this purpose.

Methods: A cross-sectional (correlational) study was conducted on 73 young people aged 12 to 20 (40 males and 33 females). The young people came from a private school and university. The sample selection was non-probabilistic due to

Correspondencia:
Marco Cossio Bolaños
mcossio1972@hotmail.com

limited access to the sample and financial resources. Weight and height were assessed. Body mass index (BMI) was calculated. Maturity status was determined using a regression equation that takes into account sex, chronological age, and height. TRES was assessed using the FITLIGHT® system (number of correct responses and 10 repetitions with both hands in seconds).

Results: Chronological age showed low positive correlations with the number of hits in both sexes (men $r=0.13$ and women $r=0.29$). By maturity status, the correlations increased significantly in both sexes (males $r=0.16$ and females $r=0.36$). The correlations between maturity status and number of correct answers were negative and low ($r = -0.11$ in males and -0.25 in females), and between maturity status and time taken for 10 repetitions were low to moderate in both sexes (in males $r = -0.13$, $p < 0,05$ and in females $r = -0.28$, $p < 0,05$).

Conclusion: TRES in adolescents and young adults showed a stronger association with maturity than with chronological age. In addition, a similar number of correct responses was observed in both sexes, but males were faster, suggesting that maturity influences motor efficiency, especially in females.

KEYWORDS

Motor skills, coordination, growth, Fitlight.

INTRODUCCIÓN

El tiempo de reacción (TR) es cuando una persona debe reaccionar voluntariamente a un estímulo (por ejemplo, visual, auditivo, táctico)^{1,2}. Abarca el tiempo necesario para percibir, reconocer y responder a un estímulo externo con adecuados movimientos corporales.

En muchos deportes, la velocidad de reacción (VR) motora es vital en diversas situaciones, ya que los atletas deben tomar decisiones rápidas para aumentar sus probabilidades de éxito³, mientras que en no deportistas el VR por sí solos proporcionan información objetiva sobre el estado funcional de las personas durante sus actividades de la vida diaria y constituyen un indicador esencial para evaluar su desarrollo neuromotor^{4,5}.

El TR es influenciado por aspectos genéticos relacionadas con la velocidad de transmisión del impulso nervioso a las sinapsis y concretadas en la respuesta efectora motora por aspectos ambientales (factores temperamentales y por la experiencia motora del sujeto)⁶.

Durante la ejecución de acciones motoras, los hemisferios cerebrales participan de forma desigual según la tarea, aunque en la mayoría de los casos se complementan e interrelacionan⁷. Para evaluar esta ejecución motora voluntaria (TR) de las extremidades superiores y/o inferiores a menudo se requiere de instrumental especializado, como teclados, pulsadores, pedales, cronómetros electrónicos (incluyendo software), entre otros. Además, en los últimos años, algunos instrumen-

tos tecnológicos, como el FITLIGHT Trainer TM (FITLIGHT Sports Corp., Canadá) o el Dynavision TM D2 Visuomotor Training Device (Dynavision International LLC, West Chester, OH) han sido sugeridos por algunos estudios⁸⁻¹⁰. En general, estas herramientas tecnológicas pueden utilizarse como instrumentos de entrenamiento y evaluación con un alto nivel de fiabilidad, validez, versatilidad y portabilidad para medir el TR de forma simple y compleja mediante estímulos visuales en poblaciones de deportistas y no deportista¹¹.

Desde esa perspectiva, investigar el TR en jóvenes no deportistas en función de la edad cronológica y el estado de madurez podría ayudar a comprender mejor el desarrollo neuromotor de los adolescentes. Pues durante la pubertad, los adolescentes a medida que maduran, aumentan los niveles de fuerza y potencia muscular, velocidad y agilidad^{12,13} e incluso, se produce mayor velocidad de conducción nerviosa y mielinización¹⁴, por lo que ese espera que el TR también mejore en función del estado de madurez.

Por lo tanto, este estudio se propuso como objetivos: relacionar el TRES (expresado en aciertos y tiempo de ejecución) con la edad cronológica y el estado de madurez en jóvenes no deportistas. Para ello se utilizó la tecnología y sistema FITLIGHT®.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio y muestra

Se efectuó un estudio transversal (correlacional) en 73 jóvenes de 12 a 20 años (40 hombres y 33 mujeres). Los padres de los menores de edad fueron contactados mediante teléfono para consultar sobre la participación de sus hijos y/o apoderados. Se explicó sobre el objetivo del estudio y los que aceptaron participar firmaron el consentimiento informado de sus hijos y/o apoderados. Los jóvenes mayores de 18 años autorizaron la participación en el estudio. En general, todos fueron invitados a participar de forma voluntaria en el estudio. La selección de la muestra fue no-probabilística. Esto debido al limitado acceso a la muestra y a los recursos económicos. Los adolescentes de 12 a 17 años pertenecían a un colegio privado y los de 18 a 20 años a una universidad privada. Ambas instituciones se encuentran localizadas en la zona urbana de la ciudad de Arequipa (Perú) y a menudo en el Perú, los que asisten a este tipo de instituciones pertenecen a la condición socioeconomía media alta.

Se incluyeron en el estudio a todos los jóvenes que se encontraban en el rango de edad establecido y a los que completaron las medidas antropométricas (peso y estatura) y las pruebas de la TRES. Se excluyeron a los jóvenes que faltaron el día de la evaluación y los que se encontraban con algún tipo de lesión física que impedía la realización de la prueba de TRES. El estudio se efectuó de acuerdo a la declaración de Helsinki para seres humanos y a las indicaciones del Comité de ética de la Universidad Católica Santa María de Arequipa

(UCSM-036-2025). Por ejemplo, el uso de los datos es exclusivamente para fines investigativos y se garantizan estricta confidencialidad de la información.

Técnica e instrumentos

Las medidas antropométricas se evaluaron de acuerdo al protocolo estandarizado por la Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría¹⁵. El peso corporal se evaluó utilizando una báscula (Tanita, Kewdale, Australia) con precisión de 0,1kg. La estatura de pie se midió utilizando un estadiómetro (SECA, Hamburgo) con precisión de 0,1 cm, de acuerdo al plano de Frankfurt. Ambas variables se midieron con la menor cantidad de ropa posible (Short, camiseta y sin zapatos).

Se calculó el Índice de Masa Corporal (IMC), utilizando la fórmula: $IMC = \text{peso(kg)} / \text{Estatura}^2(\text{m}^2)$. El estado de madurez se determinó a través de una ecuación de regresión desarrollada por Moore et al.¹⁶ para ambos sexos. Ambas ecuaciones utilizan la edad cronológica y la estatura. Por ejemplo, para mujeres: Estado de madurez (APVC) = $-7,709133 + (0,0042232 \times (\text{edad} \times \text{estatura}))$ y para hombres: Estado de madurez (APVC) = $7,999994 + (0,0036124 \times (\text{edad} \times \text{estatura}))$, donde APVC: años de pico de velocidad de crecimiento).

La evaluación del TRES se efectuó utilizando la tecnología y sistema FITLIGHT®. Cada evaluación se efectuó de forma individual (uno por uno). Todas las evaluaciones fueron medidas de lunes a viernes en horario de clases (8:00 a 10:00 am). Este equipo dispone de un conjunto de luces LED inalámbrico. Sirve para entrenamiento cognitivo y medir la velocidad de reacción¹⁷. El protocolo utilizado para este estudio fue utilizar ambas manos (derecha e izquierda).

Todos los jóvenes antes de efectuar las evaluaciones del TRES, practicaron dos veces para familiarizarse con el procedimiento y el equipamiento.

El evaluado se ubica frente a una mesa de ~80 cm de altura, donde las luces están dispuestas sobre una mesa separadas a unos 20 cm., uno al costado del otro según las sugerencias descritas por Barros-Suazo et al.¹⁰. El test está programado para encender varias luces de diversos colores secuencialmente, y el evaluado debe únicamente reaccionar a luz roja. Se cuenta 10 repeticiones. Los indicadores extraídos fueron: número de aciertos, número de errores y tiempo total requerido en las 10 repeticiones (segundos).

ESTADÍSTICA

La normalidad de los datos se verificó a través de la prueba de Shapiro Wilk. Se calculó la estadística descriptiva (promedio, desviación estándar y rango). Las diferencias entre ambos sexos se verificaron por medio de la prueba test t para muestras independientes. Las diferencias entre los rangos de edad se verificaron por medio de ANOVA de una vía y la prueba de especificidad de Tukey. Las relaciones entre variables se verificaron utilizando Pearson. Se calculó adicionalmente el coeficiente de determinación R^2 y el error estándar de estimación EEE. En todos los casos se estableció un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los cálculos se efectuaron en SPSS 25.0.

RESULTADOS

Las características de la muestra estudiada se observan en la tabla 1. Los jóvenes fueron alineados por rango de edad cronológica. Se observa que los hombres presentaron mayo-

Tabla 1. Características de la muestra estudiada

Edad (años)	n	Estado de Madurez		Antropometría						TRES (10 rep)			
		(APVC)		Peso (kg)		Estatura (cm)		IMC (kg/m²)		# aciertos		Tiempo (seg)	
		X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE	X	DE
Hombres													
12 a 14	9	0,36	0,72	62,24	15,24	1,70	7,73	20,79	3,65	9,11	1,36	11,52	5,53
15 a 17	22	1,70 ^a	0,72 ^a	67,94	9,02	1,70	7,55	23,42	2,77	8,87	1,39	12,86 ^a	6,81
18 a 20	9	4,68 ^{ab}	0,96 ^{ab}	70,89	13,79	1,77 ^{ab}	5,08	22,19	3,72	9,89	0,33	6,71 ^{ab}	1,56
Mujeres													
12 a 14	6	1,44 [*]	0,35	50,01 [*]	11,86	1,59 [*]	3,45	19,88	4,59	8,67	1,97	11,29	1,70
15 a 17	15	3,10 ^{*a}	0,66 ^a	57,59 [*]	3,70	1,59 [*]	6,34	22,98	2,13	9,00	1,91	10,67 ^a	3,83
18 a 20	12	5,12 ^{*ab}	0,62 ^{ab}	60,67 [*]	11,28	1,62 [*]	7,33	23,05	3,96	9,83	0,39	6,98 ^{ab}	1,69

X: Promedio, DE: Desviación estándar, TRES: Tiempo de reacción de extremidades superiores, IMC: Índice de masa corporal, *: diferencia significativa en relación a los hombres ($p < 0,05$), a: diferencia significativa en relación al grupo de edad 12-14 años ($p < 0,05$), b: diferencia significativa en relación al grupo de edad 15-17 años de edad ($p < 0,05$).

res valores de peso y estatura, en relación a las mujeres ($p<0,05$). Las mujeres presentaron valores más elevados en el estado de madurez (APVC) en relación a los hombres ($p<0,05$). No hubo diferencias significativas en el IMC y en las pruebas del TRES entre ambos sexos ($p>0,05$).

En cuanto a las comparaciones entre los tres grupos de edad, hubo diferencias significativas en el estado de madurez (APVC), peso corporal y el tiempo de reacción en 10 repeticiones ($p<0,05$), sin embargo, únicamente hubo diferencias en la estatura en hombres, donde los jóvenes con rango de edad de 18 a 20 años mostraron mayor estatura que sus similares de 15 a 17 años y 12 a 14 años ($p<0,05$). En mujeres no hubo diferencias en la estatura en los tres grupos de edad ($p>0,05$). Además, no hubo diferencias en el IMC y número de aciertos entre los tres grupos de edad ($p>0,05$).

Las correlaciones entre la edad cronológica y el estado de madurez con los indicadores de TRES se observan en la tabla 2. Se observó en ambos sexos, que la edad cronológica mostró relaciones positivas bajas con el número de aciertos (hombres $r=0,13$ y mujeres $r=0,29$), en ambos sexos, mientras tanto, cuando se alineó por estado de madurez, las correlaciones aumentaron ligeramente en ambos sexos (hombres $r=0,16$, $p<0,05$, y en mujeres $r=0,36$, $p<0,05$).

Las correlaciones entre el estado de madurez con el número de aciertos fueron negativas y bajas ($r=-0,11$ en hombres y $-0,25$ en mujeres), y entre el estado de madurez con el tiempo utilizado en 10 repeticiones las correlaciones fueron de bajas a moderadas en ambos sexos (en hombres $r=-0,13$, $p<0,05$, y en mujeres $r=-0,28$, $p<0,05$).

La figura 1 muestra las comparaciones del TRES en los jóvenes estudiados según edad cronológica y estado de madurez. No hubo diferencias significativas entre ambos géneros en el número de aciertos, tanto por edad cronológica, como por estado de madurez ($p>0,05$). También no hubo diferen-

cias entre ambos sexos en el tiempo utilizado para realizar la prueba en 10 repeticiones cuando se comparó por edad cronológica. Sin embargo, cuando se alineó por estado de madurez si hubo diferencias significativas entre ambos sexos ($p<0,05$). Las mujeres utilizaron más tiempo en relación a los hombres para desarrollar la prueba en 10 repeticiones. Los valores de desempeño oscilaron desde $\sim 8,8$ hasta $10,0$ segundos en ambos sexos.

DISCUSIÓN

Este estudio tuvo como objetivo inicial relacionar el TRES (expresado en aciertos y tiempo de ejecución) con la edad cronológica y el estado de madurez en jóvenes no deportistas. Para ello se utilizó la tecnología y sistema FITLIGHT®.

Los resultados del estudio han evidenciado correlaciones positivas bajas entre la cronológica con el número de aciertos, tanto en hombres, como en mujeres, mientras tanto, las relaciones entre el estado de madurez con los aciertos y el tiempo empleados con la prueba de 10 repeticiones fueron negativas de baja a moderadas.

Estos resultados indican que al parecer el TRES es más sensible al estado de madurez que la edad cronológica, por lo que el desarrollo neuromotor durante adolescencia no se explica únicamente por la edad, sino por el grado de maduración biológica. Existen evidencias que refuerzan estos hallazgos, donde el estado de madurez es determinante en el desempeño físico de los adolescentes^{18,19}.

Además, en este estudio se observó diferencias en el TRES cuando se comparó entre ambos sexos por estado de madurez. Los hombres iniciaron mayor rapidez en la prueba de 10 segundos en relación a las mujeres a pesar de mostrar similares resultados en el número de aciertos. Esto quiere decir que las mujeres fueron más lentas, pero consiguieron los mismos resultados en el número de aciertos que los hombres.

Tabla 2. Relación entre edad cronológica y estado de madurez con la TRES en jóvenes de ambos géneros

Variables	Numero de aciertos (#)			Tiempo (10 rep) (Seg)		
	R	R ²	EEE	R	R ²	EEE
Hombres						
Edad (años)	0,13	0,01	1,34	0,16	0,03	0,20
E.M. (APVC)	-0,11	0,01	1,33	-0,13	0,01	0,20
Mujeres						
Edad (años)	0,29	0,08	1,34	0,36	0,13	0,20
E.M. (APVC)	-0,25	0,06	1,35	-0,28	-0,08	0,22

APVC: Años de pico de velocidad de crecimiento, E.M: Estado de madurez, EEE: Error estándar de medición.

Por lo tanto, se deduce que las mujeres, a pesar de ser más lentas, priorizaron la precisión en la ejecución, logrando un rendimiento equivalente en el número de aciertos similar a sus contrapartes hombres.

Estos hallazgos reflejan claramente la existencia de un equilibrio entre rapidez y exactitud en la prueba de 10 repeticiones en las mujeres, ya que priorizaron la precisión de la respuesta por sobre la velocidad, logrando resultados equivalentes en aciertos a los de los hombres.

Algunos estudios sugieren que las mujeres tienden a adoptar un procesamiento más cuidadoso y deliberado, lo que puede conducir a tiempos más prolongados, pero con un buen nivel de precisión en sus respuestas²⁰, e incluso, atribuyen al tamaño de las manos y el grosor de los dedos, por lo que podrían afectar las tareas que implican destreza en las tareas de motricidad fina en las mujeres^{21,22}.

En suma, este estudio destaca que, para evaluar el TRES durante la adolescencia y la juventud, debe analizarse considerando no solo el desarrollo neurológico, sino también los cambios físicos, cognitivos y socioemocionales propios de esta etapa²³. La interacción de estos factores resulta fundamental para comprender de manera más integral los procesos de maduración cerebral y su influencia en el rendimiento motor y cognitivo de los adolescentes²⁴.

Para ello, estudios futuros deben considerar otras variables relevantes que no han sido controladas en este estudio, por ejemplo, si realizaban actividad física leve, moderada o intensa, o practicaban algún deporte en particular. Estos aspectos se deben medir para analizar de mejor forma los resultados.

Se destaca también como posibles limitaciones de este estudio, el pequeño tamaño de muestra y rango de edad utili-

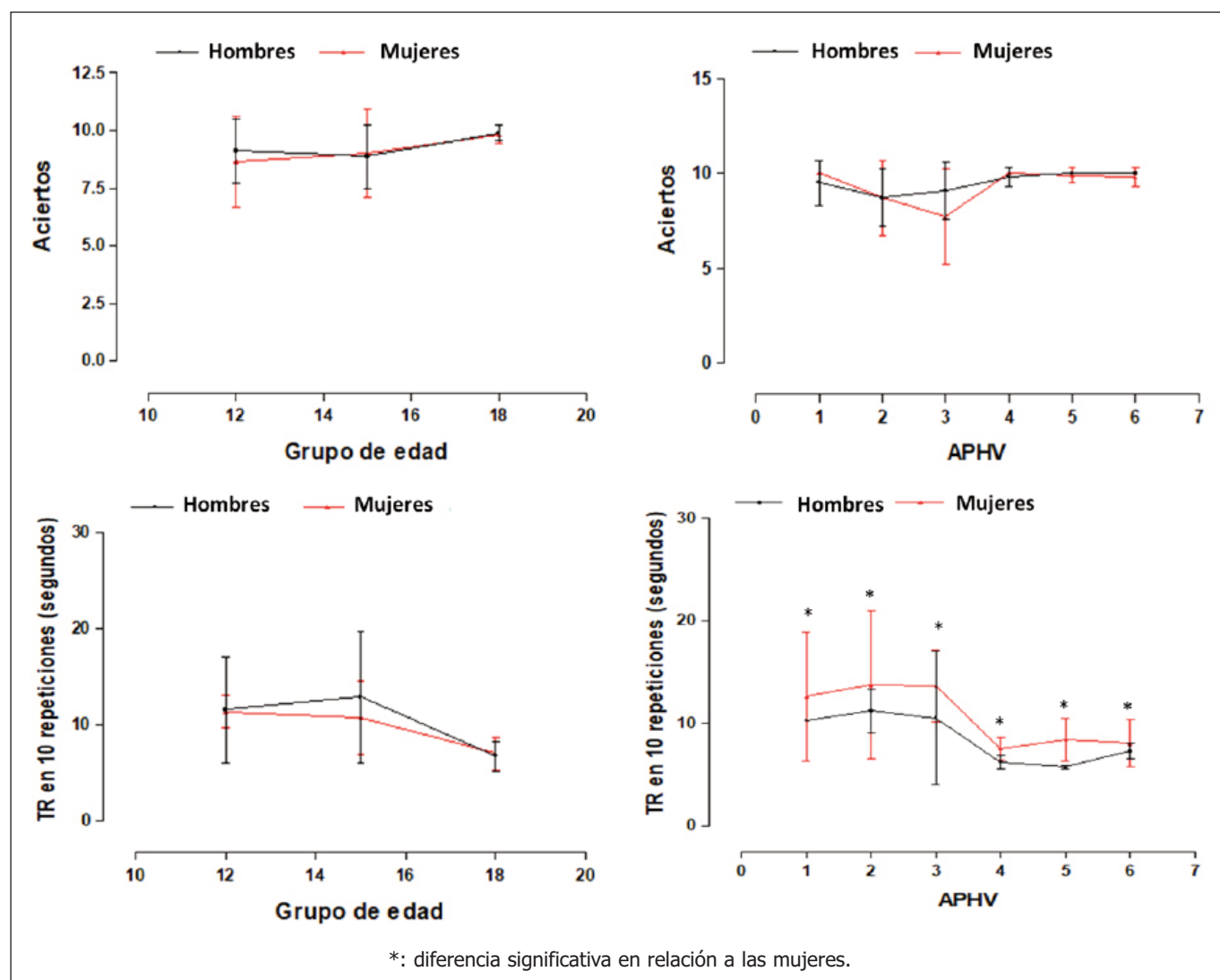


Figura 1. Comparación de la TRES alineados por edad cronológica y estado de madurez

zado, incluso el tipo de estudio utilizado impide realizar relaciones causales, lo que sugiere que próximos estudios enfaticen en el tamaño de la muestra, rango de edad y se proyecten a estudios longitudinales. También, una posible limitación es que no se controló la lateralidad de los participantes (por ejemplo, si su predominancia fue la mano izquierda y/o derecha). Esto podría afectar los resultados obtenidos, por lo que se sugiere controlar este aspecto en futuros estudios.

Como fortalezas, se destaca que es uno de los primeros estudios efectuados en el Perú en adolescentes y jóvenes, además, se utilizó la tecnología FITLIGHT® (basado en luces Led) para evaluar el TRES. Estos resultados pueden servir también de línea de base para futuras comparaciones y análisis de cambios seculares con el tiempo.

CONCLUSIÓN

Este estudio concluye que el TRES en adolescentes y jóvenes está más asociado por estado de madurez que por la edad cronológica. Estos resultados indican que en ambos sexos alcanzaron un número similar de aciertos, aunque los hombres mostraron mayor rapidez en relación a las mujeres, lo que sugiere que el estado de madurez juega un papel clave en la eficiencia de la respuesta motora, especialmente en las mujeres, ya que utilizaron más tiempo para alcanzar los mismos aciertos.

AGRADECIMIENTOS

A los fondos otorgados por la Universidad Católica de Santa María. Contrato: 30580-R-2024.

REFERENCIAS

- Harrar, V., & Harris, L.R. The effect of exposure to asynchronous audio, visual, and tactile stimulus combinations on the perception of simultaneity. *Exp Brain Res* [Internet]. 2008;186(4):517–24. <http://dx.doi.org/10.1007/s00221-007-1253-0>
- Ilamkar, K.R. Analysis of human information processing in performance and cognition. *Int J Res Health Sci* 2014; 2(1): 36–40. <http://www.cgrms.nkd/cssuos.pmp;vhi4Ukiudo6&css4Cssuo8>
- Göral, K., Saygın, Ö., & İrez GB. Profesyonel futbolcuların oynadıkları mevkilere göre görsel ve işitsel reaksiyon sürelerinin incelenmesi. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi*. 2012;14(1):5–11.
- Butler, A.A., Menant, J.C., Tiedemann, A.C., & Lord, S.R. Age and gender differences in seven tests of functional mobility. *J Neuroeng Rehabil* [Internet]. 2009;6(1). <http://dx.doi.org/10.1186/1743-0003-6-31>
- Cano, L.A., Gerez, G.D., García, M.S., Albarracín, A.L., Farfán, F.D., & Fernández-Jover, E. Decision-making time analysis for assessing processing speed in athletes during motor reaction tasks. *Sports* [Internet]. 2024;12(6):151. <http://dx.doi.org/10.3390/sports12060151>
- Wilke, J., Vogel, O. Computerized cognitive training with minimal motor component improves lower limb choice-reaction time. *J Sports Sci Med*. 2020;19(3):529–34. PMID: 32874106; PMCID: PMC7429437.
- Strick, P.L., Dum, R.P., & Rathelot, J.A. The cortical motor areas and the emergence of motor skills: A neuroanatomical perspective. *Annu Rev Neurosci* [Internet]. 2021;44(1):425–47. <http://dx.doi.org/10.1146/annurev-neuro-070918-050216>
- Appelbaum, L.G., & Erickson, G. Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques. *Int Rev Sport Exerc Psychol* [Internet]. 2018;11(1):160–89. <http://dx.doi.org/10.1080/1750984x.2016.1266376>
- Hassan, A.K., Alibrahim, M.S., & Sayed Ahmed, Y.A.R. The effect of small-sided games using the FIT LIGHT training system on some harmonic abilities and some basic skills of basketball players. *Front Sports Act Living* [Internet]. 2023;5:1080526. <http://dx.doi.org/10.3389/fspor.2023.1080526>
- Barros Suazo, T.B., Vidal-Espinoza, R., Gomez-Campos, R., Guzman, A.B., Cossio Bolaños, M., & Urrea Albornoz, C. Comparación de la memoria de trabajo y la velocidad de reacción de miembros superiores entre jóvenes tenismesistas y estudiantes universitarios. *Sportis Sci J Sch Sport Phys Educ Psychomot* [Internet]. 2025;11(2):1–14. <http://dx.doi.org/10.17979/sportis.2025.11.2.11429>
- Myers, L., Toonstra, J.L., & Cripps, A.E. The test-retest reliability and minimal detectable change of the FitLight Trainer™. *International Journal of Athletic Therapy and Training*. 2022;6:1–5.
- Van Praagh E, Dor?? E. Short-term muscle power during growth and maturation. *Sports Med* [Internet]. 2002;32(11):701–28. <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200232110-00003>
- Yapici, H., Gulu, M., Yagin, F.H., Eken, O., Gabrys, T., & Knappova, V. Exploring the relationship between biological maturation level, muscle strength, and muscle power in adolescents. *Biology (Basel)* [Internet]. 2022;11(12):1722. <http://dx.doi.org/10.3390/biology11121722>
- Arain, M., Haque, M., Johal, L., Mathur, P., Nel, W., Rais, A., Sandhu, R., & Sharma, S. (2013). Maturation of the adolescent brain. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 9, 449–461. <https://doi.org/10.2147/NDT.S39776>
- Sociedad Internacional para el Avance de la Kineantropometría. Estándares internacionales para la valoración antropométrica. Australia; 2001.
- Moore, S. A., McKay, H. A., Macdonald, H., Nettlefold, L., Baxter-Jones, A. D., Cameron, N., & Brasher, P. M. (2015). Enhancing a Somatic Maturity Prediction Model. *Medicine and science in sports and exercise*, 47(8), 1755–1764. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000588>
- Badau, D., Stoica, A. M., Litoi, M. F., Badau, A., Duta, D., Hantau, C. G., Sabau, A. M., Oancea, B. M., Ciocan, C. V., Fleancu, J. L., & Gozu, B. (2023). The Impact of Peripheral Vision on Manual Reaction Time Using Fitlight Technology for Handball, Basketball and Volleyball Players. *Bioengineering (Basel, Switzerland)*, 10(6), 697. <https://doi.org/10.3390/bioengineering10060697>

18. Strykalenko, Y., Huzar, V., Shalar, O., Oloshynov, S., Homenko, V., & Svirida, V. Physical fitness assessment of young football players using an integrated approach. *J Phys Educ Sport*. 2021;21(1): 360–6.
19. Santos, V., Casanova, N., Marconcin, P., Willig, R., Vidal-Conti, J., Soares, D., & Flôres, F. (2025). Physical fitness as a predictor of reaction time in soccer-playing children. *PLoS one*, 20(3), e0320147. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0320147>
20. Roivainen, E., Suokas, F., & Saari, A. (2021). An examination of factors that may contribute to gender differences in psychomotor processing speed. *BMC psychology*, 9(1), 190. <https://doi.org/10.1186/s40359-021-00698-0>
21. Peters, M., & Campagnaro, P. Do women really excel over men in manual dexterity? *J Exp Psychol Hum Percept Perform* [Internet]. 1996;22(5):1107–12. <http://dx.doi.org/10.1037/0096-1523.22.5.1107>
22. Macdermid, J.C., Fehr, L., & Lindsay, K. The effect of physical factors on grip strength and dexterity. *Br J Hand Ther* [Internet]. 2002;7(4):112–8. <http://dx.doi.org/10.1177/175899830200700401>
23. Best, O., & Ban, S. (2021). Adolescence: physical changes and neurological development. *British journal of nursing (Mark Allen Publishing)*, 30(5), 272–275. <https://doi.org/10.12968/bjon.2021.30.5.272>
24. Sturman, D. A., & Moghaddam, B. (2011). The neurobiology of adolescence: changes in brain architecture, functional dynamics, and behavioral tendencies. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 35(8), 1704–1712. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.04.003>

Obtaining pectinases by solid-state fermentation with different carbon sources

Juan Alejandro NEIRA MOSQUERA^{1,2,3}, Lisbeth Stefany LOZANO AVALOS², Melanie Esthefania MACAS MOREIRA², Sungey Naynee SANCHEZ LLAGUNO², Jhonnatan Placido ALDAS MOREJON^{4,5}, Karol Yannela REVILLA ESCOBAR^{1,4}

1 Universidad Pública de Santo Domingo de los Tsáchilas. Santo Domingo, Ecuador.

2 Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura. Sangolquí, Ecuador.

3 Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.

4 Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador.

5 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael. Argentina.

Recibido: 10/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

ABSTRACT

Introduction: The use of agroindustrial waste, such as fruit peels, in the production of wines and ciders constitutes an innovative strategy to reduce food waste and promote the circular economy.

Objective: To obtain pectinases through solid-state fermentation using different carbon sources, with the aim of applying them as clarifying agents in the liquor industry.

Materials and Methods: A completely randomized block design (CRBD) with an ABC factorial arrangement was used, where factor A corresponded to the carbon sources (passion fruit, pineapple, and orange peels), factor B to the type of cider (orange and plum), and factor C to the enzyme concentrations (2% and 4%). Data were analyzed using ANOVA with a significance level of $p < 0.05$, evaluating physico-chemical parameters such as pH, acidity, °Brix, absorbance, and turbidity.

Results: Values ranged from pH (2.60–3.93), acidity (0.54–0.62%), °Brix (6.75–7.03), absorbance (0.60–1.82), and turbidity (19.60–121.65). Passion fruit peel exhibited the highest pectin esterase activity (22,000 U/mL) and the greatest absorbance reduction (2.45 to 2.25), achieving an overall viscosity decrease of 93.92%, demonstrating its high efficacy

as a clarifier. Microbiological analyses showed that mold and yeast counts remained within established limits, and no mesophilic aerobes, total coliforms, or enterobacteria were detected, ensuring the safety of the final product.

Conclusion: Passion fruit peel stood out as the best carbon source due to its high enzymatic activity and clarification efficiency, demonstrating the potential of agroindustrial waste to generate added value and promote sustainable processes in the liquor industry.

KEYWORDS

Clarification, waste, tropical fruits, cider.

INTRODUCTION

In Ecuador, the agroindustrial sector plays a fundamental role in economic development and improving the population's quality of life. However, the increasing demand for food and the need to diversify the product offering drive industrial processes that, in turn, generate a significant increase in waste production¹. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), approximately 30% of the food produced worldwide is wasted throughout the supply chain, from production to consumption².

This figure not only represents a significant loss of natural, economic, and human resources, but also generates considerable environmental impacts, such as greenhouse gas emissions and water waste³. Thus, food waste, which in many cases still retains nutritional and functional value, is why the

Correspondencia:
Jhonnatan Placido Aldas Morejon
jhonnatanaldas719@gmail.com

idea of a second chance was born, converting underutilized raw material with great potential to be used in new food or industrial applications, thus promoting more sustainable and circular production models⁴.

Due to this, research into the use of pectinases or pectinolytics was born, being an enzyme of great industrial importance, which is naturally produced by the peels of fruits and vegetables or in turn by microorganisms such as bacteria, yeasts and fungi, the latter being the most used and among them stand out fungal strains such as *Aspergillus niger* and *Aspergillus awamori*⁵. It is also emphasized that the enzyme pectinase degrades the plant polysaccharides present in the primary cell wall of plant cells, obtaining an increase in yield and a reduction in turbidity and viscosity in both juices and liquors⁶.

The selection of the appropriate substrate for solid-state fermentation is important, since its composition in sugars, fiber and pectin directly influences the production yield of pectinase⁷. Recent studies have shown that the use of fruit peels as a substrate in solid-state fermentation (SSF) processes has become popular due to their high content of organic compounds such as sugars, fiber, cellulose and pectin⁸. Furthermore, these peels have high availability and represent a common waste in the agri-food industries⁹. Among the different peels generated by the agroindustry, passion fruit, pineapple and orange peels stand out for their high biotechnological potential.

Passion fruit peel (*Passiflora edulis*) is one of the most representative residues of the tropical fruit agroindustry, this by-product can constitute up to 50% of the total weight of the fruit and has a high content of dietary fiber, soluble sugars and pectins¹⁰. It also contains bioactive compounds such as polyphenols, flavonoids and vitamin C that, although not directly involved in enzyme production, can promote microbial growth by acting as metabolic cofactors^{11,12}. Several studies have reported the use of passion fruit peel in fermentations to obtain pectinases due to its high proportion of pectin¹³.

Another waste obtained within the food industry is the pineapple peel (*Ananas comosus*) this residue, in addition to containing cellulose and hemicellulose, is rich in fermentable sugars such as glucose, fructose and sucrose, which makes it ideal as a source of assimilable carbon for enzyme-producing microorganisms¹⁴. Furthermore, its seasonal availability and low cost make this residue a viable alternative for the sustainable production of enzymes for industrial processes¹⁵. On the other hand, orange peel (*Citrus sinensis*) is known for its high pectin content, which gives it particular value in biotechnological processes aimed at the production of pectinases (Ramos-Alvarado et al. 2020).

On the other hand, the production of crystalline alcoholic beverages such as wines, piscos and fruit liqueurs requires clarification processes to eliminate pectins, polymers present in the

cell walls of fruits that generate unwanted turbidity¹⁶. The use of pectinases obtained by solid-state fermentation constitutes an effective and economical alternative, also reducing the need for chemical additives. The application of these enzymes allows obtaining beverages with improved physicochemical and sensory properties and stability during storage⁵.

Incorporating the use of residues such as passion fruit, pineapple, and orange peels into the production of pectinases for the liquor industry not only represents an opportunity for technological innovation but also a step toward meeting environmental sustainability goals. Therefore, the objective of this research was to obtain pectinases by solid-state fermentation, using different carbon sources for application as a clarifier in the liquor industry.

MATERIALS AND METHODS

This research was developed in the Industrial Biotechnology, Bromatology and Biosciences

laboratories of the IASA II Campus of the University of the Armed Forces "ESPE", located in the Luz de América parish, Hacienda Zoila Luz, via Quevedo, km 24. This project was carried out under an experimental approach, which included the activation of the fungus *Aspergillus oryzae* and its subsequent solid-state fermentation, as well as the performance of physicochemical and microbiological tests.

Experimental Design

For the evaluation of pectinases derived from solid-state fermentations using various carbon sources from agro-industrial waste (peels) and their application at different concentrations, a completely randomized block design (CRBD) was used with an A*B*C factorial arrangement, where factor A = Carbon sources (passion fruit, pineapple, and orange peel), factor B = Type of cider (orange and plum cider), and factor C = Concentrations (2% and 4%). In the present investigation, an ANOVA ($p < 0.05$) was applied. Statistical processing of the data and the generation of graphics were performed with the Statgraphics program.

Experimental management

Preparation of cider or wine-type drinks

To produce alcoholic beverages such as cider or fruit wine, fresh fruits were used, previously washed and disinfected to ensure aseptic conditions. From these fruits, 600 ml of plum and orange juice were extracted, initially recording the Brix and pH values. The juices obtained were pasteurized (DARITECH) at 70 °C, while 30 mL of each extract was separately set aside at 30 °C for the activation of commercial yeast (*Saccharomyces cerevisiae*), using a dose of 1 g per 1000 mL of substrate, leaving it to stand for 15 to 20 minutes to ensure its activation. Subsequently, once the pasteurized ex-

Table 1. Treatments for obtaining pectinases from solid-state fermentation (SSF)

Treatments	Description
T1	Passion fruit + orange + 2%
T2	Passion fruit + orange + 4%
T3	Passion fruit + plum + 2%
T4	Passion fruit + plum + 4%
T5	Pineapple + orange + 2%
T6	Pineapple + orange + 4%
T7	Pineapple + plum + 2%
T8	Pineapple + plum + 4%
T9	Orange + orange + 2%
T10	Orange + orange + 4%
T11	Orange + plum + 2%
T12	Orange + plum + 4%

tracts reached a temperature of approximately 40 °C, sugar was added until a soluble solids concentration of 19 °Brix was obtained, a favorable condition for alcoholic fermentation. Finally, the activated yeast was incorporated into the total volume of the extracts and the mixture was transferred to a sealed bioreactor to promote anaerobic conditions. The fermentation carried out over a period of 19 days, after which the ciders or fruit wines were filtered and packaged in glass bottles for subsequent storage and analysis.

Obtaining pectinase

For the conditioning of the pectinase-producing microorganism, *Aspergillus oryzae* was used, previously activated by preparing an inoculum in potato dextrose agar (PDA) medium. The culture medium was prepared using 3.9 g of potato dextrose agar dissolved in 100 ml of distilled water, followed by sterilization. Subsequently, the medium was dispensed in sterile Petri dishes and inoculated with *A. oryzae* spores, incubated for 48 h at 37 °C, the process continued for an additional 72 h at room temperature to promote optimal mycelial development and sporulation. Once fungal growth was obtained, the spores were resuspended in 0.9% sterile saline solution, using a ratio of 100 ml per 10 g of spores. The resulting suspension was homogenized and the appropriate inoculum concentration was determined, establishing it at 1×10^6 spores/mL, an amount that was used for the inoculation of the substrate in the solid-state fermentation¹⁷.

Obtaining pectinase enzymes by fermentation on solid substrate (SSF)

Orange, pineapple, and passion fruit peels were used as substrates, selecting only those in good condition, free of signs of rot or contamination. The samples were washed with distilled water, dried (orange: 25 °C/24 h; pineapple and passion fruit: 28 °C/42 h), weighed (100 g per treatment), and packaged in sterile glass jars. Sterilization was carried out in an autoclave for 25 min at 121 °C. Inoculation was carried out with *Aspergillus oryzae* (1×10^6 spores/mL) using 37.5 mL of suspension per treatment, incubating for 4 days at temperatures between 25–28 °C. A second inoculation was performed with the same volume to optimize enzyme production, extending the fermentation to a total of 7 days. The enzyme extract was obtained by washing with saline solution (0.9%), vacuum filtration, and centrifugation (2000 rpm/15 min). Purification was carried out by selective precipitation with sodium hydrogen phosphate (4.5%) and calcium chloride (5%), generating a gel that allowed the removal of contaminating proteins. The purified supernatant was concentrated by ethanol precipitation (3:1 v/v) and stored for 12–24 h at 4 °C. Finally, the precipitate was lyophilized to evaluate its capacity as a clarifying agent.

Evaluation of the physicochemical parameters of ciders with pectinases

The physicochemical characterization of the cider samples was carried out following standardized procedures. Regarding the pH determination, it was carried out using a potentiometer previously calibrated with buffer solutions of pH 4 and 7, in accordance with the provisions of the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 2 325 (2002). For the analysis of titratable acidity, 5 ml of each sample was used with 0.02 N NaOH using phenolphthalein as an indicator, until reaching the pale pink turn, and the acidity expressed as acetic acid was calculated using the official formula established following the methodology described in the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 374 (2016)¹⁸. On the other hand, the obtaining of total soluble solids (°Brix) was carried out using a digital refractometer calibrated with distilled water, following the methodology recommended by the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 380 (1985)¹⁹. Determination of soluble solids. For absorbance measurements, a spectrophotometer set to a wavelength of 530 nm was used to evaluate phenolic compounds and color stability in fermented beverages²⁰. Finally, turbidity was determined using 20 ml of sample in a previously calibrated turbidimeter, in accordance with the international standard ISO 7027-1:2016²¹.

Determination of the enzymatic activity of pectinases

Pectin esterase activity

The sodium hydroxide (NaOH) titration method was used. 4 mL of the lyophilized 10% enzyme extract (pectinase) were

placed in a 20 ml solution of 1% citrus pectin, previously dissolved in 0.15 M NaCl. The samples were incubated for 72 hours at 25 °C. After this time, the samples were titrated with 0.02 N NaOH²². Pectin esterase activity was quantified using the following equation:

$$APE = \frac{(V_S - V_b)(Normalidad\ de\ NaOH)}{V_t}$$

Where:

V_S = Volume of NaOH consumed per sample titration [mL].

V_b = Volume of NaOH consumed per titration of the blank [mL].

V_t = Volume of sample used [mL].

Pectate lyase activity

It was evaluated by the increase in absorbance between 225 and 232 nm. 4 mL of the 10% lyophilized enzyme extract were mixed with 2.5 ml of 0.5% citrus pectin dissolved in 50 mM Tris-HCl buffer and 1 mM CaCl₂. The samples were incubated for 72 hours at 25 °C, using the unincubated lyophilized precipitate as a control. An increase of 0.1 absorbance units per minute at 232 nm in 1 mL corresponds to one unit of enzyme activity²³. The activity was calculated using the following equation:

$$APL = M_1 - M_0 \text{ Ecu2}$$

Where:

M_1 = Abs of the incubated sample [A].

M_0 = Abs of the control sample [A].

Endo activity polymethyl galactose

The sampling solutions contained 10 mL of 2% pectin, 2 mL of Acetate Buffer pH 4.5 and 5 ml of 10% lyophilized pectinase solution, which were incubated at 25°C for 72 hours. The viscosity of the following samples was determined: Blank; Pectin solution without pectinase, Control; Pectin solution with pectinase without incubation and Test: Pectin solution with incubated pectinase²². The measurements were performed using rotor #6. Polymethylgalacturonase activity was determined using the following equation:

$$RV (\%) = \frac{(V_b - V_m)}{V_b} \times 100$$

Where:

V_b = Viscosity of the target [Cp].

V_m = Viscosity of the incubated sample [Cp].

Microbiological analysis of ciders enzymatically treated with pectinases

Inside the laminar flow chamber, 2 ml of the best treatment previously established by physicochemical analysis were ex-

tracted and serial dilutions (1:10) in peptone water were made using a micropipette. Cultures were performed on Petrifilm TM plates to count enterobacteria, aerobes, coliforms, molds and yeasts, taking small aliquots of the diluted samples and transferring them to the Petrifilm sheets. It was ensured that the samples were evenly distributed after gentle pressure on their exterior. Finally, the Petrifilm of enterobacteria, aerobes and coliforms were incubated in the oven for 48 hours at 37 °C, while the Petrifilm of molds and yeast were incubated at room temperature for 72 hours²⁴,

RESULTS

The pH values obtained in the different treatments show a clear influence of the three factors evaluated (carbon source, type of cider and concentration), evidencing significant differences ($p < 0.05$) between some groups, as can be seen in Table 2. T6 (Pineapple + orange + 4%) with 3.93 presented a higher content, demonstrating a lower acidification of the system, attributed to the combination of fruits with lower acid content and higher sugar content. Unlike T12 (Orange + plum + 4%) with 2.60 obtained a lower content, indicating a higher production of organic acids during the fermentation process, favored by the presence of plum, a fruit that promoted acidification in all its combinations.

Regarding acidity content, significant differences were observed between treatments, although these were relatively narrow. Thus demonstrating that treatments T3 (0.62), T4 (0.61), T7 (0.62±0.01), T8 (0.62), T11 (0.62) and T12 (0.60) recorded the highest values; it is emphasized that these treatments included plum cider in their formulations, reaffirming the higher degree of fermentation and production of organic acids. On the other hand, the lowest acidity value (0.54) was obtained by T10 (Orange + orange + 4%), associated with the treatments with the lowest general acidification.

Regarding the °Brix content, T8 (7.03) showed the most representative value, corresponding to the combination of Pineapple + plum + 4%. This result is attributed to a higher contribution of initial sugars or lower consumption of these during fermentation. Meanwhile, the other treatments remained relatively stable, oscillating between 6.75 and 6.90 °Brix, reflecting a slight variation in the content of residual sugars.

Values peaked at T3 (1.82), associated with passion fruit + plum + 2%. This indicates a higher presence of colored or cloudy compounds in this treatment, likely derived from both the fermentation process and the characteristics of the fruits used, such as plum, known for its phenolic pigment content. T2 (0.51) showed the lowest absorbance, indicating greater clarification or a lower presence of pigments and suspended solids.

On the other hand, turbidity contents were recorded in T8 (121.65), with Pineapple + Plum + 4% as the most representa-

Table 2. Physicochemical results of the study of pectinases obtained from three different substrates when interacting with two wines and two concentrations, in wine clarification

Treatment	pH	Acidity	°Brix	Absorbance	Turbidity
T1	3.90±0.03 ^{bc}	0.55±0.02 ^{sd}	6.85±0.10 ^a	0.64±0.05 ^a	19.60±1.2 ^c
T2	3.86±0.02 ^{bc}	0.57±0.02 ^{be}	6.85±0.08 ^a	0.51±0.05 ^c	20.30±1.1 ^c
T3	2.70±0.04 ^a	0.62±0.02 ^a	6.90±0.02 ^{ab}	1.82±0.01 ^d	117.95±2.5 ^a
T4	2.71±0.03 ^a	0.61±0.02 ^a	6.85±0.10 ^a	1.53±0.02 ^b	119.29±2.3 ^{ab}
T5	3.81±0.02 ^b	0.58±0.01 ^{bc}	6.90±0.02 ^{ab}	0.63±0.05 ^a	35.85±1.5 ^d
T6	3.93±0.03 ^c	0.58±0.03 ^{bc}	6.83±0.06 ^a	0.60±0.03 ^{ac}	36.50±1.6 ^d
T7	2.66±0.02 ^a	0.62±0.01 ^a	6.80±0.09 ^a	1.54±0.06 ^b	119.75±2.4 ^{ab}
T8	2.70±0.02 ^a	0.62±0.04 ^a	7.03±0.02 ^b	1.50±0.07 ^b	121.65±2.8 ^b
T9	3.81±0.03 ^b	0.58±0.03 ^{bc}	6.75±0.05 ^a	0.65±0.05 ^a	22.15±1.3 ^c
T10	3.79±0.02 ^b	0.54±0.01 ^d	6.80±0.02 ^a	0.61±0.04 ^{ac}	22.40±1.4 ^c
T11	2.61±0.03 ^a	0.62±0.02 ^a	6.90±0.01 ^{ab}	1.54±0.07 ^b	119.35±2.3 ^{ab}
T12	2.60±0.01 ^a	0.60±0.02 ^{ac}	6.87±0.02 ^{ab}	1.54±0.06 ^b	119.92±2.5 ^{ab}

tive value. It is worth mentioning that fermentation can disrupt the cellular matrix of fruits, facilitating the release of these components and increasing turbidity. Unlike T1 (19.60), which consisted of combinations with passion fruit + orange + 2%, this reflects greater visual stability and possibly better clarification.

Enzymatic activity tests for pectinase enzymes

Figure 1 shows the average pectin esterase activity obtained from different carbon sources used in solid-state fermentation. The results indicate that passion fruit peel produced the highest enzyme activity, with a value of 22,000 U/mL, followed by orange with 19,000 U/mL, while pineapple had the lowest production (7,000 U/mL). Therefore, it is demonstrated that the passion fruit substrate constitutes a more favorable carbon source for the development of pectinase-producing microorganisms.

Regarding the Pecto Lyase Activity values (Figure 2) obtained in the control and after 72 h of fermentation, it is observed that in all cases the absorbance values decreased after the fermentation process, demonstrating a clarifying effect of the enzymatic treatment. The greatest difference between the control and the 72-hour period was recorded for the passion fruit carbon source, increasing from approximately 2.45 to 2.25, indicating greater efficiency in the degradation of pectins or compounds responsible for turbidity. In the case of pineapple, the values were the lowest, both in the control and after fermentation (2.20 - 2.12), while orange showed an intermediate

trend (2.38 - 2.18). These results demonstrate the potential of the fermentation system used as a substrate with passion fruit.

Regarding the average viscosity values obtained with and without incubation, based on the different carbon sources used during fermentation (Figure 3), it is observed that in all treatments, viscosity decreased significantly after the incubation process with *endopolymethylgalacturonase*. A reduction in viscosity (93.92%) was observed in the incubated samples compared to the non-incubated ones

Microbiological analysis of ciders enzymatically treated with pectinases

Table 3 shows the microbiological results obtained for ciders made with 2% and 4% orange concentrations. In both

Table 3. Microbiological analysis of *Citrus sinensis* (L.) ciders

Parameters	Orange cider (2%)	Orange cider (4%)
Molds and Yeasts	10 UFC	10 UFC
Aerobic	Absence	Absence
Coliforms	Absence	Absence
Enterobacteriaceae	Absence	Absence

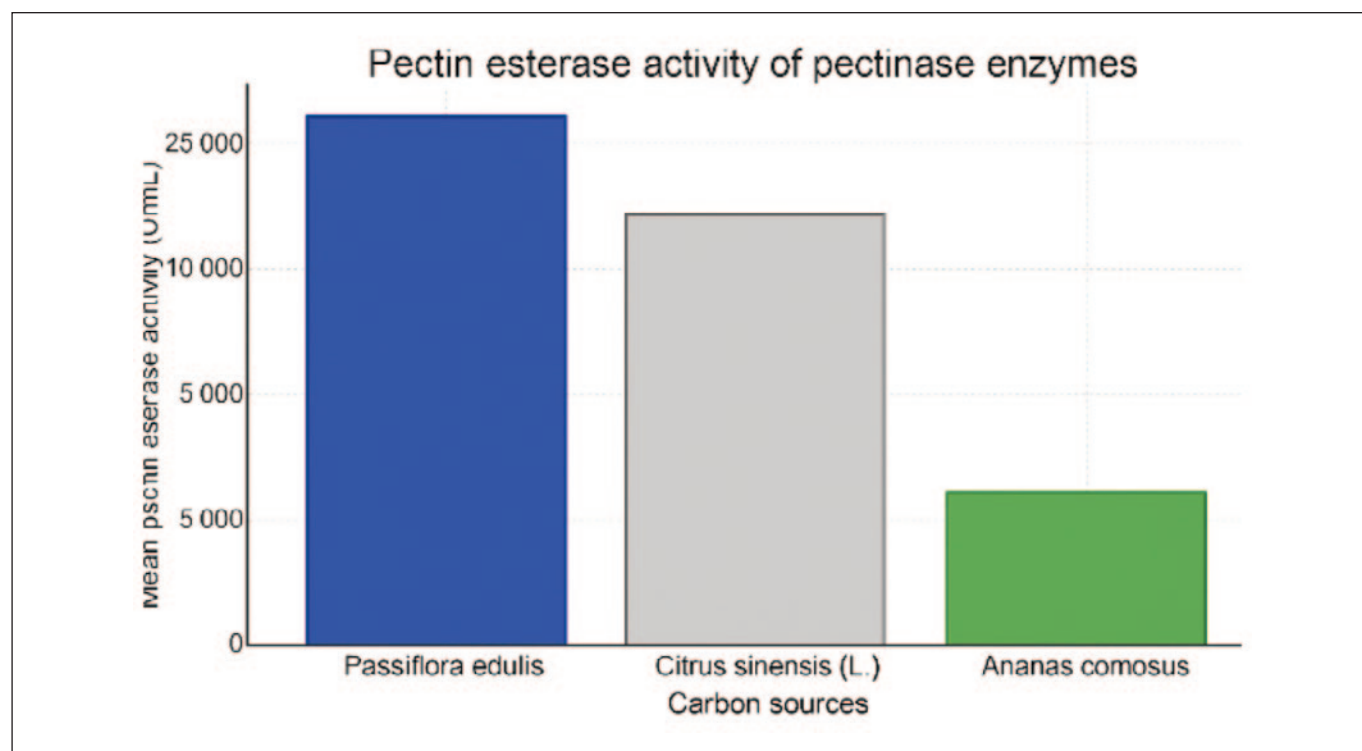


Figure 1. Pectin esterase activity of pectinase enzymes from different carbon sources

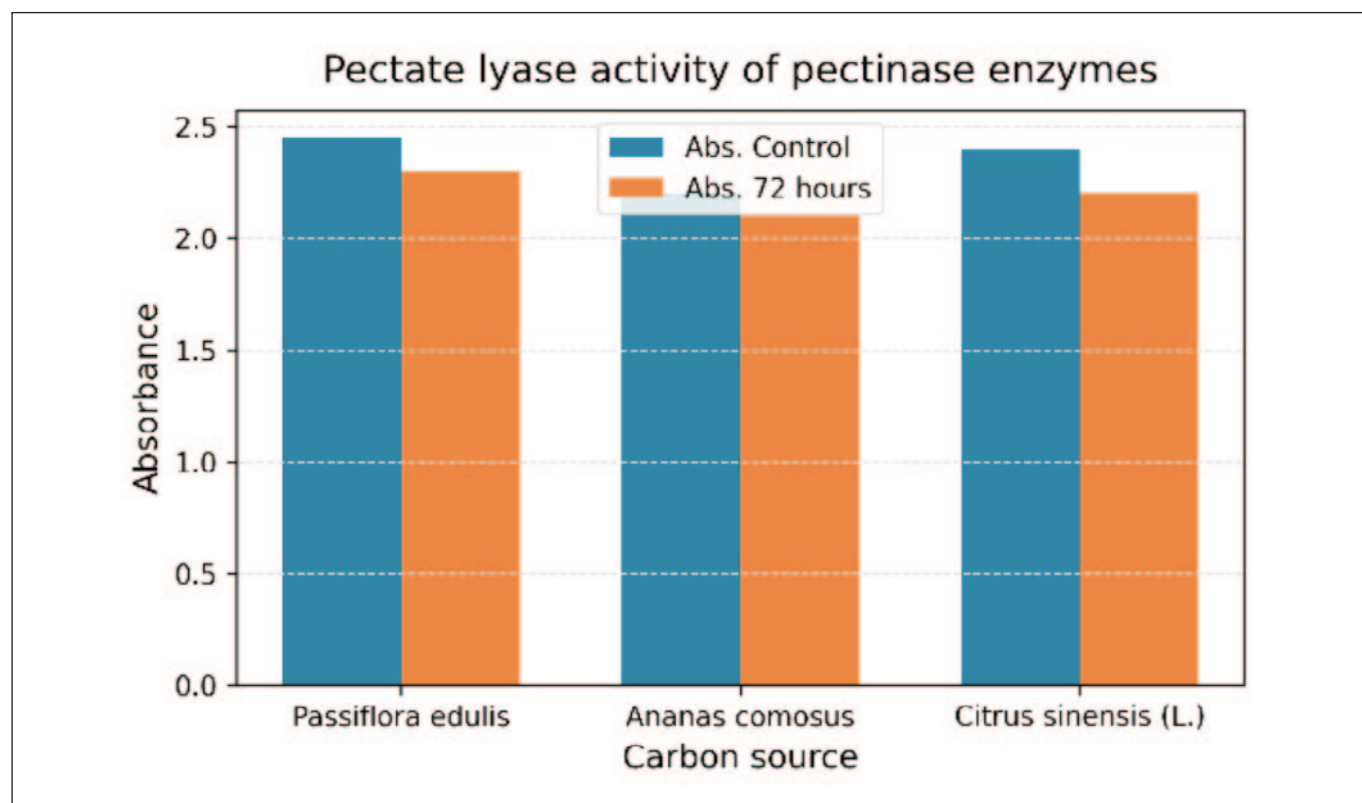


Figure 2. Pectate lyase activity of pectinase enzymes

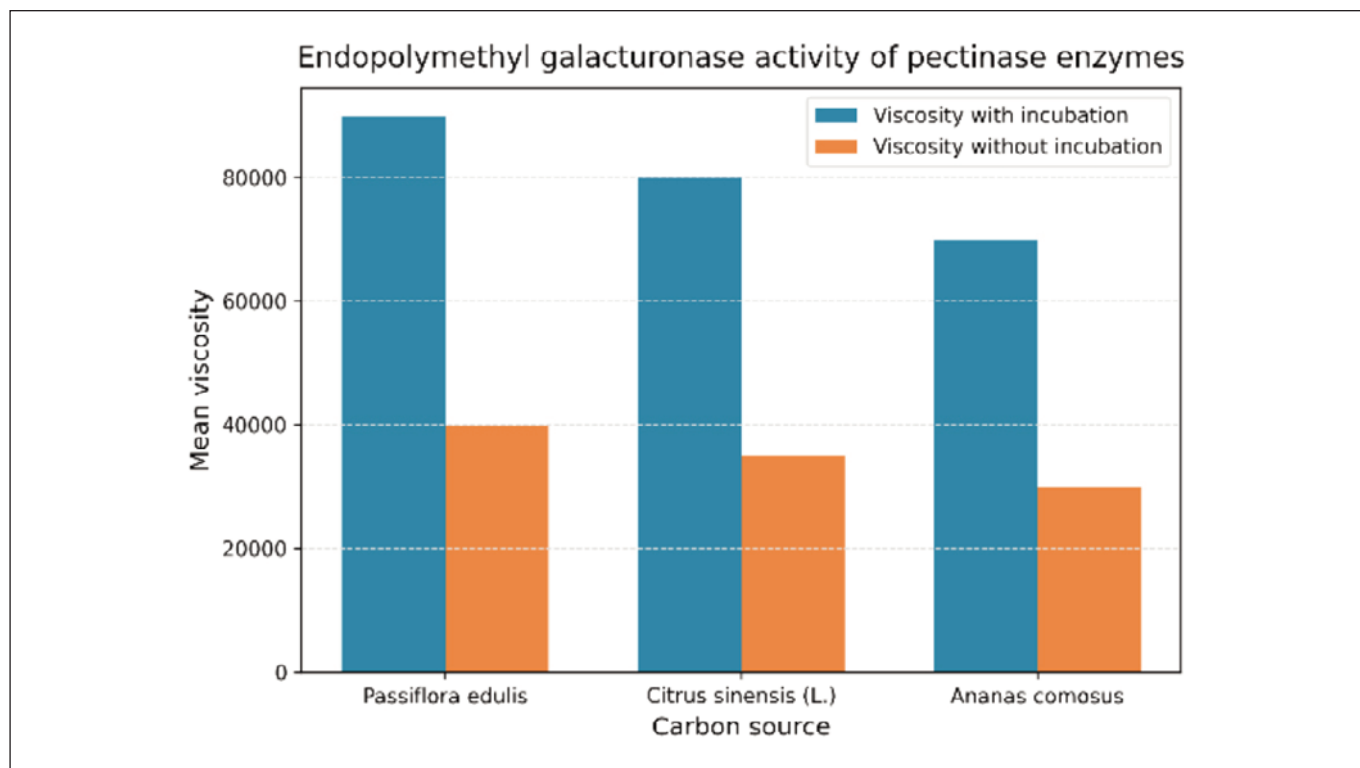


Figure 3. Endopolymethyl galacturonase activity of pectinase enzymes

treatments, the mold and yeast load was minimal, with values of 10 CFU, indicating adequate hygiene and control of the fermentation process. Furthermore, the absence of mesophilic aerobes, coliforms, and enterobacteria was recorded. These results demonstrate that the combination of raw materials and the treatment applied during the fermentation process were effective in inhibiting the growth of undesirable microorganisms, ensuring a final product that is microbiologically stable and suitable for consumption.

DISCUSSION

Physicochemical results of the study of pectinases obtained from three different substrates when interacting with two wines and two concentrations, in wine clarification

The pH values obtained in the present study show similarity with those reported in research on the extraction of pectin from orange peel waste by microwave-assisted acid hydrolysis (MHA), where pH values between 2.17 and 2.55 were observed during the extraction process¹⁷. Similarly, studies related to the extraction of pectinases from passion fruit peel reported pH ranges between 2.0 and 4.0, values that are adequate to optimize enzymatic activity¹³. In general, combinations with plum tended to generate higher acidity levels (low pH), while mixes with orange and without plum maintained higher pH values.

Regarding acidity contents, they are related to studies that evaluated the quality characteristics of apple wine in different must pretreatments, where they reported an acidity value of 0.94%²⁵. Furthermore, it is emphasized that the use of fungal pectinases, commonly used in wine and cider clarification processes, not only favors the breakdown of pectins and improves the filterability of the final product but can also influence the increase in acidity. This is due to the release of galacturonic acids during the pectin hydrolysis process¹⁶.

The soluble solids content behaviors are consistent when making pineapple and mango peel wines, reporting a value of 6.2 °Brix²⁶. Similarly, in a study conducted on the quality of apple wine subjected to different must pretreatments, soluble solids contents were recorded ranging from 5.57 to 9.47 °Brix²⁵. These results support that the °Brix levels obtained in the present study are within the expected range for fermented beverages made from fruits or agro-industrial by-products.

On the other hand, the absorbance results are similar to those obtained when making grape wine using papaya latex (*Papain*) and yausabara gel (*Pavonia sepium*) presenting values between 0.80 – 1.8²⁷. In studies carried out on rosé must, they indicate that the application of pectinase, both free and immobilized, allowed to significantly reduce the absorbance, thus confirming its effectiveness and significant reductions in the absorbance of rosé must, confirming the effectiveness of

this enzyme in the elimination of compounds responsible for turbidity²⁸.

Enzymatic activity tests for pectinase enzymes

In relation to obtaining the pectin esterase enzyme, they are comparable in research on the use of *Endopolygalacturonase* and pectin esterase enzymes from *Aspergillus Niger*. reported an activity of up to 17 U/ml, 40 U/ml and 150 U/ml. Demonstrating that the pectinase enzymes obtained disintegrate pectin into reducing sugars and also reduce intracellular adhesiveness, degree of esterification and its rigidity²². Meanwhile, when studying the pectinase enzyme in the enzymatic degradation and physical and chemical characteristics of peach bagasse pectin, they reported absorbance values between 1.46 and 5.6, comparable to those obtained in this research²⁹. It is worth mentioning that the addition of pectinase during maceration prior to alcoholic fermentation favors the release of phenolic and aromatic compounds by breaking down the cell walls of the fruit, thus improving juice yield, filterability and color intensity in wines³⁰. On the other hand, the use of the endopolymethyl enzyme galacturonase. In enzymatic processes in juices it has been shown to significantly reduce viscosity by 90%. For example, in a study with guava pulp treated with commercial pectinase, viscosity decreased from 15.90 to 1.32 mPa s in just 3 minutes, that is, a reduction greater than 90%⁸. Likewise, when producing wines, reductions of 93.92% in viscosity were observed after use, demonstrating the effectiveness of these enzymes in improving fluidity and oenological performance³⁰.

Microbiological analysis

Microbiological analyses of the treatments for molds and yeasts were within the range permitted by Ecuadorian Technical Standard 2801:2015²⁵, which establishes a value of 10 CFU. It is worth mentioning that the mold and yeast count observed in this study is positive, since the yeasts present generally correspond to those involved in the fermentation process, such as *Saccharomyces cerevisiae*, a microorganism widely used for its ability to produce ethanol and improve the sensory profile of wines²². Furthermore, the absence of aerobes, coliforms, and enterobacteria reinforces the microbiological quality of the product, avoiding risks to the consumer³⁰.

CONCLUSION

The study demonstrated that obtaining pectinases through solid-state fermentation, using fruit peels as carbon sources, represents an efficient alternative for use as a clarifying agent in the liquor industry. Among the sources evaluated, passion fruit peel proved to be the most favorable due to its high enzymatic activity and ability to improve the clarity of the final product. Furthermore, the microbiological safety of the ciders produced was confirmed, ensuring their suitability for con-

sumption. These results reinforce the potential of utilizing agro-industrial waste as a sustainable strategy for developing innovative products in the food and liquor sectors.

REFERENCES

1. Aime-Ninga K, Carly-Desobgo ZS, Sirshendu D, Jong-Nso E. Pectinase hydrolysis of guava pulp: effect on the physicochemical characteristics of its juice. *Heliyon*. 2021;7(10):e08141. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08141>
2. Balamaze J, Wambere J. Production of good quality wine from single and mixture of fruit peels. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 2017;17(1). <https://doi.org/10.18697/ajfand.77.15515>
3. Barbosa-Santos TDA, Neto AF, De-Freitas ST, De-Souza Araújo J, Oliveira Vilar SB, Lima MS. Phytochemical compounds and antioxidant activity of the pulp of two Brazilian passion fruit species: *Passiflora cincinnata* Mast. and *Passiflora edulis* Sims. *International Journal of Fruit Science*. 2021;21(1):255-269. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1872050>
4. Campos-Rodriguez J, Acosta-Coral K, Moreno-Rojó C, Paucar-Menacho LM. Passion fruit (*Passiflora edulis*): Nutritional composition, bioactive compounds, utilization of by-products, biocontrol, and organic fertilization in cultivation. *Scientia Agropecuaria*. 2023;14(4). <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.040>
5. Caro-Hernández PA, Tobar JA. Análisis microbiológico de superficies en contacto con alimentos. *Entramado*. 2020;16(1):240-249. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6126>
6. Chen H, Wang L. Enzymatic hydrolysis of pretreated biomass. In: *Technologies for Biochemical Conversion of Biomass*. 2017. p. 65-99. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802417-1.00004-1>
7. Chuma Barrigas WM. Evaluación del proceso de clarificación de vino de uva, artesanal e industrial, utilizando látex de papaya (papaina) y gel de yausabara (*Pavonia sepium*). [Tesis de grado]. Universidad Técnica del Norte; 2018. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8484/1/03%20EIA%20466%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
8. Claus H, Mojsov K. Enzymes for wine fermentation: Current and perspective applications. *Fermentation*. 2018;4(3):52. <https://doi.org/10.3390/fermentation4030052>
9. Cury K, Aguas Y, Martinez A, Olivero R, Chams L. Agroindustrial waste impact, management and exploitation. *Rev Colombiana Cienc Anim*. 2017;9:122-132. <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/530/pdf>
10. Davidson M, Roth L, Gambrel-Lenarz S. Coliform and other indicator bacteria. In: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Apha Press; 2012. <https://ajph.aphapublications.org/doi/abs/10.2105/9780875530024ch07>
11. Ecuadorian Institute of Standardization [INEN]. Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 2 325. Alcoholic beverages. Beer. pH determination. Quito; 2002. <https://www.fao.org/faolex/results/details/en/c/LEX-FAOC039889/>
12. Ecuadorian Institute of Standardization [INEN]. Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 374. Alcoholic beverages. Fruit wine.

- Requirements. Quito; 2016. <https://es.scribd.com/document/372621930/Nte-Inen-374-3-Revision>
13. Ecuadorian Institute of Standardization [INEN]. Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 380. Determinación de sólidos solubles, método refractométrico. Quito; 1985. <https://es.scribd.com/document/363596001/380>
 14. Ecuadorian Institute of Standardization [INEN]. Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 2802. Bebidas alcohólicas. Cocteles o bebidas alcohólicas mixtas y los aperitivos. Requisitos. Quito; 2015. <https://es.scribd.com/document/392769622/Nte-inen-2802-Bebidas-Alcoholicas-Cocteles-o-Bebidas-Alcoholicas>
 15. Espejo F. Role of commercial enzymes in wine production: a critical review of recent research. *J Food Sci Technol*. 2020; 58(2):9-21. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04489-0>
 16. Ewen-Cameron DT, Faour-Klingbeil D. Impact of food waste on society, specifically at retail and foodservice levels in developed and developing countries. *Foods*. 2024;13(13):2098. <https://doi.org/10.3390/foods13132098>
 17. Fernandez A, Sette P, Echegaray M, Soria J, Salvatori D, Mazza G, Rodriguez R. Clean recovery of phenolic compounds, pyro-gasification thermokinetics, and bioenergy potential of spent agro-industrial bio-wastes. *Biomass Conversion and Biorefinery*. 2023; 13:12509-12526. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-02197-z>
 18. García-García P, Galindo-Alcántara A, Ruiz-Acosta SD. Pectin extraction methods in fruits: Systematic review. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2024;10(3). <https://doi.org/10.19136/era.a10niii.3728>
 19. Haile S, Ayele A. Pectinase from microorganisms and its industrial applications. *Scientific World Journal*. 2022;2022:1881305. <https://doi.org/10.1155/2022/1881305>
 20. Hreeba K, Aboshaloe E, Almusrati M. Comparative quantitative study of acetyl salicylic acid in aspirin samples using spectrophotometry and volumetric methods. *Alqalam Journal of Medical and Applied Sciences*. 2025;8(2):832-835. <https://doi.org/10.54361/ajmas.258240>
 21. International Organization for Standardization. International Organization for Standardization ISO 7027-1:2016. Water quality - Determination of turbidity - Part 1: Quantitative methods (ISO 7027-1:2016). Geneva; 2016. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0057502>
 22. Lozano-Química A, López E. Endopolygalacturonase and pectinesterase from *Aspergillus niger*. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 2001;3(2):85-91. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/30079>
 23. Mehraj M, Das S, Feroz F, Wani W, Dar SQ, Kumar S, et al. Nutritional composition and therapeutic potential of pineapple peel - a comprehensive review. *Chem Biodivers*. 2024;21(5):e202400315. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202400315>
 24. Molina-Hernández J, Martínez-Correa H, Andrade-Mahecha M. Agroindustrial potential of passion fruit epicarp as active food ingredient. *Información Tecnológica*. 2019;30(2):45-53. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200245>
 25. Muñoz R, Cuesta M. Extracción de pectina a partir de la corteza de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* degener). *Revista Politécnica*. 2012;31:95-103. https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/195
 26. Olivera S, Araújo S, Denchev Z. Polyamide microparticles with immobilized enological pectinase as efficient biocatalysts for wine clarification: The role of the polymer support. *Molecules*. 2024;30(1):114. <https://doi.org/10.3390/molecules30010114>
 27. Pagan-Gilbert J. Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón [tesis de grado]. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes; 1999. <https://www.cervantesvirtual.com/nd/ark:/59851/bmcz8965>
 28. Pilco CJ, Moreno-Mejía C, Mazabanda-Toslombo R, Merino-Azogues DP-B. Identification and quantification of *Saccharomyces cerevisiae* yeasts in the fermentation of wine musts. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*. 2023;4(1): 2430. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i1.427>
 29. Ramos-Alvarado MM, Cadenas-González MT, Bolio-López GI, Leo-Avelino G, Maciel-Cerda A, Castañeda-Castañeda C, et al. Biopelículas a base de pectina de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*): Caracterización física, química y estructural. *Agroindustrial Science*. 2020;10(3):273-278. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.03.08>
 30. Ratkovich N, Esser C, Resende-Machado AM, Almeida-Mendes B, Gracas-Cardoso M. The spirit of cachaça production: An umbrella review of processes, flavour, contaminants and quality improvement. *Foods*. 2023;12(17):3325. <https://doi.org/10.3390/foods12173325>

Factores asociados a la hipertensión arterial en adultos peruanos

The factors associated with high blood pressure in peruvian adults

Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI¹, Janet del Rocio GORDILLO CORTAZA²

1 Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle- Perú.

2 Universidad de Guayaquil – Ecuador.

Recibido: 6/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: La hipertensión arterial se ha convertido en el principal factor de riesgo atribuible a la pérdida de años de vida y la discapacidad, por eso se hace necesario la prevención y cambios sustanciales de los estilos de vida.

Objetivo: Identificar los factores asociados a la hipertensión arterial en adultos peruanos a partir de los datos de la ENDES 2024.

Métodos: Estudio cuantitativo con enfoque transversal; es un análisis secundario de la base de datos de la Encuesta Nacional Demográfica y Salud Familiar (ENDES) del año 2024. La muestra fue de 2031 adultos peruanos entre 18 y 59 años, conformada por el 64,6 % (n = 1312) mujeres y el 35,4 % (n = 719) varones, de (18-60 años). Se incluyeron variables sociodemográficas (edad, sexo), antropométricas, hábitos de consumo (frutas, verduras, alcohol, tabaco) y diagnóstico de hipertensión arterial obtenido por autorreporte. Se realizó la prueba de Spearman y regresión logística binaria utilizando el Software SPSS 27, aplicando un nivel de significancia $p < 0,05$.

Resultados: El tabaquismo (OR = 2,454; $p < 0,001$) y el consumo de alcohol (OR = 1,601; $p = 0,001$) incrementaron significativamente el riesgo de hipertensión arterial, mientras que el consumo frecuente de jugos de frutas mostró un efecto protector modesto (OR = 0,809; $p = 0,045$).

Conclusiones: El estudio evidenció que la edad, el consumo de alcohol y el tabaquismo son factores que incremen-

tan significativamente el riesgo de hipertensión arterial, mientras que el consumo de jugos de frutas se asocia con una ligera reducción del mismo.

PALABRAS CLAVE

Factores de riesgo; Consumo de alcohol; Tabaquismo; Estilo de vida saludable.

ABSTRACT

Introduction: High blood pressure has become the main risk factor attributable to loss of life years and disability, which is why prevention and substantial lifestyle changes are necessary.

Objective: To identify the factors associated with high blood pressure in Peruvian adults based on data from ENDES 2024.

Methods: Quantitative study with a cross-sectional approach; this is a secondary analysis of the database from the 2024 National Demographic and Family Health Survey (ENDES). The sample consisted of 2,031 Peruvian adults between the ages of 18 and 59, comprising 64.6% (n = 1,312) women and 35.4% (n = 719) men (aged 18-60). Sociodemographic variables (age, sex), anthropometric variables, consumption habits (fruit, vegetables, alcohol, tobacco), and self-reported diagnosis of high blood pressure were included. Spearman's test and binary logistic regression were performed using SPSS 27 software, applying a significance level of $p < 0.05$.

Results: Smoking (OR = 2.454; $p < 0.001$) and alcohol consumption (OR = 1.601; $p = 0.001$) significantly increased the risk of high blood pressure, while frequent consumption of fruit juices showed a modest protective effect (OR = 0.809; $p = 0.045$).

Correspondencia:

Yuliana Yessy Gomez Rutti
ygomez@une.edu.pe

Conclusions: The study showed that age, alcohol consumption, and smoking are factors that significantly increase the risk of high blood pressure, while fruit juice consumption is associated with a slight reduction in risk.

KEYWORDS

Risk factors; Alcohol consumption; Smoking; Healthy lifestyle.

LISTA DE ABREVIATURAS

ENDES: Encuesta Nacional Demográfica y Salud Familiar.

INTRODUCCIÓN

La hipertensión arterial (HTA) constituye una de las principales enfermedades crónicas no transmisibles a nivel mundial y representa un factor de riesgo determinante para el desarrollo de patologías cardiovasculares, cerebrovasculares y renales. A pesar de su elevada prevalencia, se estima que alrededor del 46% de los adultos hipertensos desconocen su condición, y menos de la mitad recibe un diagnóstico y tratamiento oportuno; únicamente uno de cada cinco mantiene un control adecuado de su presión arterial¹.

En el contexto nacional, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) informó en 2023 que el 19,4% de las personas mayores de 15 años presentó hipertensión arterial, mientras que solo el 10,8% había recibido diagnóstico médico². Estas cifras reflejan la magnitud del problema en la población peruana y evidencian la necesidad de implementar estrategias de prevención y control más efectivas.

La HTA suele asociarse con múltiples factores de riesgo, tanto biológicos como conductuales y sociales. Entre ellos se incluyen el consumo de tabaco y alcohol, los hábitos alimentarios inadecuados y la baja ingesta de frutas y verduras, los cuales han demostrado una relación significativa con la prevalencia de la enfermedad³⁻⁶.

Este panorama evidencia que el inadecuado control de la presión arterial constituye un grave problema de salud pública, no solo por su elevada frecuencia, sino también por el impacto negativo en la calidad de vida de las personas y la sobrecarga que genera en los sistemas de salud. Frente a ello, resulta imprescindible diseñar e implementar nuevas estrategias de prevención y control que involucren tanto a los pacientes y sus familias como al personal y al sistema de salud, a fin de reducir los riesgos y complicaciones asociados⁷.

En este sentido, investigaciones que profundicen en los factores relacionados con la hipertensión y en la efectividad de los estilos de vida saludables adquieren relevancia, ya que aportan evidencia para el diseño de medidas preventivas e intervenciones oportunas.

En consecuencia, la presente investigación adquiere relevancia social debido a la limitada cantidad de estudios reali-

zados en estos grupos poblacionales y en este contexto específico. Por lo expuesto, el objetivo fue determinar los factores asociados a la hipertensión arterial en adultos peruanos.

MÉTODOS

Estudio cuantitativo, observacional, de tipo transversal, basado en un análisis secundario de la Encuesta Nacional Demográfica y de Salud Familiar (ENDES 2024), desarrollada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), que sigue estándares metodológicos internacionales (DHS Program)⁸.

Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por adultos peruanos (18–59 años) incluidos en la base de datos ENDES 2024⁸, recolectada entre enero y diciembre del mismo año. La ENDES utiliza un muestreo probabilístico, bietápico, estratificado e independiente a nivel departamental, con representatividad nacional, por área urbana y rural. Se excluyeron casos con datos faltantes, respuestas 'no sabe/no recuerda', gestantes y personas fuera del rango de edad establecido, obteniéndose una muestra final de 2031 adultos (64,6% mujeres; 35,4% hombres).

Variable e Instrumentos

Se incluyeron variables sociodemográficas como la edad (años cumplidos), sexo (1 = masculino; 2 = femenino), la variable antropométrica (peso, talla e IMC), las mediciones fueron realizadas por personal capacitado mediante procedimientos estandarizados, utilizando básculas digitales y estadiómetros portátiles⁹.

La variable consumo alimentario incluyó el número de porciones semanales de frutas y verduras, evaluadas mediante preguntas de frecuencia con apoyo visual (cartilla adaptada del Laminario de medidas caseras de AB Prisma). Las preguntas realizadas respecto al consumo de frutas y de verduras, fueron en base a porciones para ambos casos; considerando su equivalente en medidas caseras para frutas (unidad, tajada, rodaja, racimo o puñado) y verduras (plato pequeño) según corresponda. Para las conversiones a porciones se empleó el apoyo de una cartilla de imágenes adaptada del Laminario de medidas caseras elaborado por AB Prisma¹⁰, en aquellos casos donde la respuesta fue diferente a una medida estándar para frutas (kilogramos o preparación en jugo o ensalada) y verduras (tazones, platos grandes), según corresponda¹¹.

La recomendación estándar es consumir al menos cinco porciones diarias de frutas y/o verduras o vegetales, o su equivalente en 35 porciones semanales. Para el indicador, se determinó el porcentaje de personas que siguen la recomendación estándar en base al número de porciones por día y número de días por semana (en los últimos 7 días) que consu-

mieron frutas o verduras reportado por los entrevistados. No se ha incluido el consumo de refresco de frutas (por ejemplo, limonada) ni el consumo de fruta en sopas (por ejemplo, chapo) o segundos (por ejemplo, patacones). Además, preguntaron solo por el consumo de verduras bajo la forma de ensalada, ya que en otras formas como guisos y sopas la estimación es más compleja, por lo que el indicador podría estar ligeramente subestimado¹⁰.

La variable estilo de vida estuvo conformada por el consumo de alcohol, tabaquismo, actividad física. Asimismo, la variable dependiente fue el diagnóstico de hipertensión arterial (1 = presenta, 2 = no presenta), según la codificación de la ENDES 2024 obtenido por autorreporte.

Recopilación de los datos

La información fue obtenida de la base de datos pública de la ENDES 2024 disponible en el portal del INEI (<https://www.inei.gob.pe>). Se descargó el módulo de salud (CSALUD01, código 1640: Encuesta de salud a personas de 15 años y más) y se seleccionaron 18 variables con información completa para el análisis⁸.

Análisis estadístico

Se aplicó el Software SPSS 27 para el desarrollo del análisis de datos. Se realizará un análisis descriptivo de los datos, las variables continuas se expresaron en media $\pm$ DE y las categóricas en porcentajes. Se utilizó la prueba estadística de Spearman para la relación entre la hipertensión sistólica e IMC, asimismo se realizó la regresión logística binaria para identificar los factores de riesgo con la hipertensión, en el cual la variable dependiente será la hipertensión (1=Si presenta, 2=No presenta) y las variables predictoras serán la edad, el sexo (1=masculino, 2= femenino), IMC, consumo de frutas y verduras y estilo de vida. Se aplicará un nivel de significancia $p < 0,05$.

El presente estudio utilizó una base de datos secundaria de acceso público y anónimo (ENDES 2024 – INEI), por lo que no requirió aprobación de un comité de ética. Se respetaron los principios éticos de confidencialidad, integridad y uso responsable de la información.

RESULTADOS

La muestra estuvo conformada por 2031 adultos con una edad promedio de 35 años (DE = 10,14; rango: 18-60 años). El 64,6 % (n = 1312) fueron mujeres y el 35,4 % (n = 719) varones. El 90,0 % (n = 1828) contaba con seguro de salud. En cuanto al nivel educativo, el 10,5 % (n = 213) presentó educación primaria, el 40,7 % (n = 826) secundaria y el 48,8 % (n = 992) educación superior.

El 6,3 % (n = 128) presentó diagnóstico de hipertensión arterial, mientras que el 93,7 % (n = 1903) no reportó dicha condición. La presión arterial sistólica en promedio fue

114,74 mmHg (DE=16,13) que comprende de los 73 a los 220 mmHg, presión diastólica fue 75,15 mmHg (DE=10,46) comprendidas entre 47 a 132 mmHg.

Según la tabla 1, el 43,4 % de los participantes presentó sobrepeso y el 27,4% obesidad. Además, el 15,4% reportó consumo de tabaco y el 79,8 % consumo de alcohol en el último año. La edad promedio que tomó por primera vez bebidas alcohólicas fue a los 19 años (DE=3,72).

En la tabla 2, se muestra que, más de la mitad de los participantes (51,2 %) consumió frutas todos los días, mientras que el consumo diario de jugo de frutas, ensalada de frutas y ensalada de verduras fue menor (15,0 %, 5,4 % y 24,7 %, respectivamente). El consumo ocasional (1 a 3 días por semana) fue más frecuente en jugo de frutas y ensalada de frutas, mientras que las frutas enteras mostraron mayor prevalencia de consumo diario.

En la tabla 3, los participantes con hipertensión arterial mostraron promedios de consumo de frutas, jugos y verduras similares a los de quienes no presentaban la condición. En ambos grupos, el consumo de frutas enteras fue mayor que el de jugos o ensaladas de frutas, mientras que la ingesta de verduras alcanzó cerca de 4 días por semana en promedio.

Tabla 1. Estado nutricional y hábitos de estilo de vida en adultos peruanos (ENDES 2024)

Estado nutricional	n	%
IMC (kg/m²)		
Bajo de peso	23	1,1
Normal	545	26,8
Sobrepeso	881	43,4
Obesidad	556	27,4
Obesidad mórbida	26	1,3
Estilo de vida	n	%
En los últimos 12 meses ha fumado cigarrillos		
Si	312	15,4
No	1719	84,6
En los últimos 12 meses ha consumido alguna bebida alcohólica		
Si	1620	79,8
No	411	20,2
Total	2031	100,0

Tabla 2. Frecuencia semanal de consumo de frutas y verduras en adultos peruanos

Días/semana	Frutas n (%)	Jugo de frutas n (%)	Ensalada de frutas n (%)	Ensalada de verduras n (%)
1	55 (2,7)	436 (21,5)	949 (46,7)	340 (16,7)
2	183 (9,0)	568 (28,0)	596 (29,3)	387 (19,1)
3	319 (15,7)	451 (22,2)	264 (13,0)	411 (20,2)
4	249 (12,3)	189 (9,3)	73 (3,6)	224 (11,0)
5	137 (6,7)	72 (3,5)	36 (1,8)	127 (6,3)
6	49 (2,4)	11 (0,5)	4 (0,2)	40 (2,0)
7	1039 (51,2)	304 (15,0)	109 (5,4)	502 (24,7)
Total	2031 (100,0)	2031 (100,0)	2031 (100,0)	2031 (100,0)

En la figura 1, se evidenció una relación positiva entre IMC y presión arterial sistólica ($Rho = 0,32$; $p = 0,001$), con un incremento progresivo de los valores desde bajo peso hasta obesidad mórbida.

Tabla 3. Consumo promedio de frutas y verduras según diagnóstico de hipertensión arterial

Factores	Sin hipertensión $\bar{x}$ (DE)	Con hipertensión $\bar{x}$ (DE)
IMC (kg/m^2)	27,85 (4,82)	27,87 (3,96)
Días/semana que tomó jugo de frutas	3,08 (1,96)	2,90 (1,85)
Días/semana que consumió frutas	5,22 (2,01)	5,35 (1,95)
Tajadas o racimos de fruta consumidos	2,04 (1,07)	2,12 (1,12)
Vasos de jugo de frutas consumidos	1,49 (0,72)	1,50 (0,74)
Días/semana que comió ensalada de frutas	2,05 (1,50)	2,22 (1,63)
Porciones de ensalada de frutas	1,16 (0,57)	1,13 (0,42)
Días/semana que comió ensalada de verduras	3,76 (2,19)	3,73 (2,16)
Porciones de ensalada de verduras	1,22 (0,64)	1,21 (0,65)

Como se aprecia en la figura 2, la edad incrementó significativamente el riesgo de presentar hipertensión arterial: por cada año que aumenta la edad, el riesgo crece un 5,4% ($OR = 1,054$; $IC\ 95\%: 1,043-1,065$; $p < 0,001$). También se observó que haber consumido bebidas alcohólicas en los últimos 12 meses eleva el riesgo en un 60% ($OR = 1,601$; $IC\ 95\%: 1,212-2,114$; $p = 0,001$).

Por el contrario, empezar a beber alcohol a una edad más avanzada tiene un efecto protector, ya que reduce el riesgo en un 3,7% por cada año de retraso en el inicio del consumo ($OR = 0,963$; $IC\ 95\%: 0,936-0,991$; $p = 0,010$). De igual forma, fumar cigarrillos en los últimos 12 meses se asocia con más del doble de riesgo ($OR = 2,454$; $IC\ 95\%: 1,869-3,223$; $p < 0,001$).

En cuanto a la alimentación, consumir jugo de frutas con mayor frecuencia a la semana se relaciona con una ligera disminución del riesgo ($OR = 0,809$; $IC\ 95\%: 0,654-1,000$; $p = 0,045$). No obstante, la cantidad total de frutas, la frecuencia y porciones de ensaladas de frutas o verduras y el número de vasos de jugo, no mostraron una asociación significativa con el evento estudiado ($p > 0,05$).

DISCUSIÓN

El presente estudio confirmó que la edad es un factor determinante en el riesgo de desarrollar hipertensión arterial, con un incremento sostenido por cada año adicional ($OR = 1,054$; $p < 0,001$). Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por Viera da Silva et al.¹², quienes evidenciaron que la variabilidad de la presión arterial sistólica es significativamente más robusta en el grupo > 60 años ($p < 0,01$), y con De Sousa et al.¹³, quienes documentaron que, en pacientes adultos de atención primaria, el avance de la edad se asocia a cifras más elevadas de presión arterial ($p = 0,031$). Dichos resultados refuerzan la comprensión de que el envejecimiento vascular, la ri-

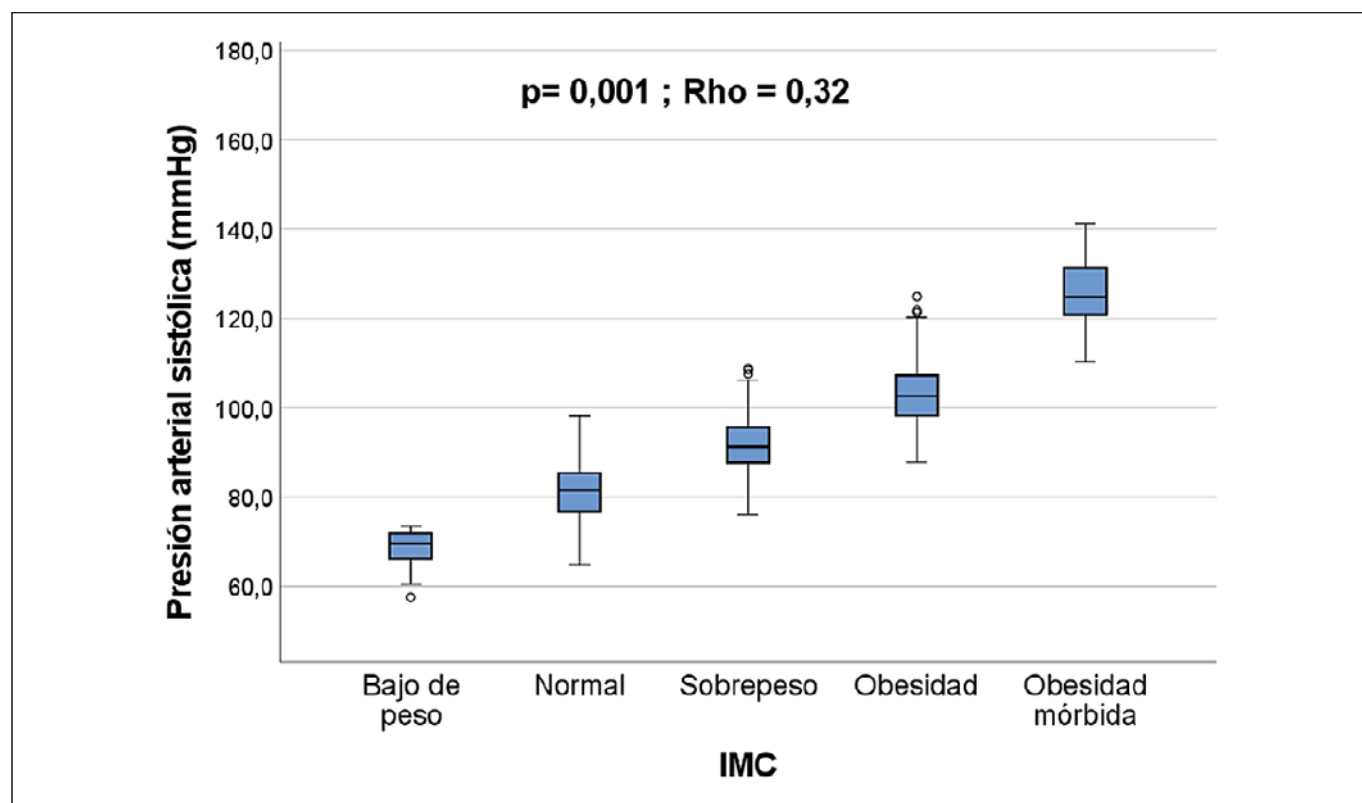


Figura 1. Relación entre índice de masa corporal (IMC) y presión arterial sistólica en adultos peruanos

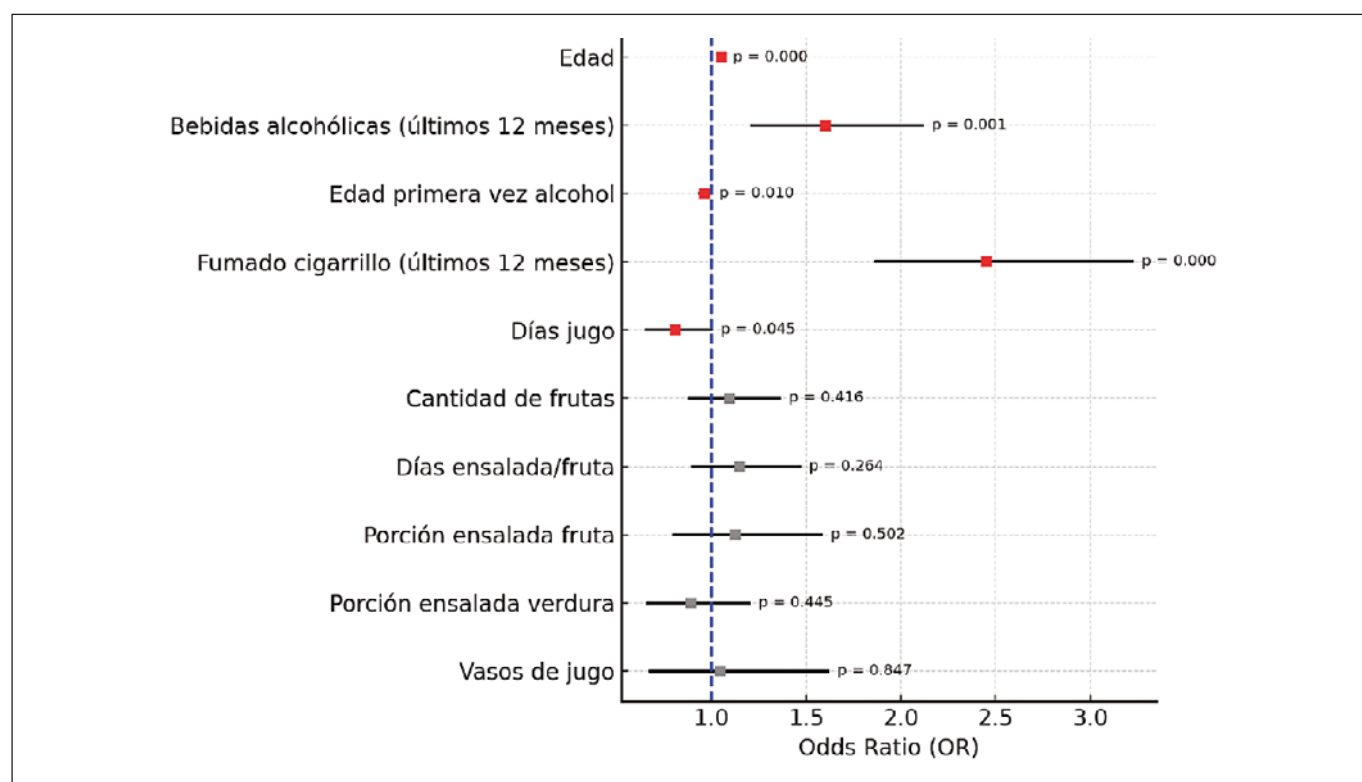


Figura 2. Factores asociados a la hipertensión arterial en adultos peruanos según análisis de regresión logística binaria

gidez arterial y la disfunción endotelial son mecanismos clave que contribuyen al aumento progresivo del riesgo.

Asimismo, el consumo de bebidas alcohólicas en los últimos 12 meses se asoció a un incremento del 60% en el riesgo de hipertensión (OR = 1,601; $p = 0,001$). Este resultado coincide con De Sousa et al.¹³, quienes identificaron el alcoholismo como un factor asociado a la adherencia al tratamiento para la hipertensión ($p = 0,020$) y a un mayor índice de masa corporal ($p < 0,000$). Del mismo modo, estudios comunitarios han demostrado una relación longitudinal entre los patrones y la cantidad de alcohol consumido y la incidencia de hipertensión en cohortes multiétnicas¹⁴. Fisiopatológicamente, el alcohol ejerce efectos negativos sobre la función endotelial, disminuyendo la biodisponibilidad de óxido nítrico y promoviendo la generación de especies reactivas de oxígeno, lo que potencia el estrés oxidativo y favorece la disfunción vascular¹⁵.

El tabaquismo también emergió como un factor de riesgo importante, duplicando la probabilidad de hipertensión (OR = 2,454; $p < 0,001$). Estos hallazgos son comparables a los reportados en un análisis multivariable en población japonesa, donde los fumadores habituales mostraron un riesgo aproximadamente dos veces mayor de hipertensión respecto a los no fumadores¹⁶. La exposición crónica a nicotina y otros compuestos del tabaco produce vasoconstricción, aumento de la rigidez arterial y daño endotelial, lo que contribuye al incremento sostenido de la presión arterial.

Por otra parte, se observó que el consumo frecuente de jugos de frutas se asoció con una ligera disminución del riesgo (OR = 0,809; $p = 0,045$). Este hallazgo es consistente con Madsen et al.¹⁷, quienes reportaron que una mayor ingesta de frutas y verduras, especialmente frutas, se relaciona con menor riesgo de hipertensión. La evidencia disponible indica que el consumo bajo a moderado de jugo de fruta sin agregado de azúcar no se asocia con un riesgo aparente de enfermedades crónicas y puede tener efectos protectores sobre las enfermedades cardiovasculares¹⁸. Contrariamente el estudio de Beckett et al.¹⁹, no encontraron asociaciones entre las ingestas más altas y más bajas de jugo 100% y el diagnóstico de enfermedad cardíaca coronaria o hipertensión. Dichos resultados respaldan las recomendaciones dietéticas de incrementar el consumo de frutas como parte de las estrategias preventivas, debido a su contenido de potasio, antioxidantes y fibra, elementos que favorecen la salud vascular²⁰.

Los hallazgos resaltan la importancia de intervenciones multifactoriales en la prevención de la hipertensión, que incluyan la reducción de hábitos nocivos como el consumo de alcohol y tabaco, la promoción de dietas saludables ricas en frutas y verduras, y un control más estrecho en grupos etarios avanzados.

Las limitaciones que presentó el estudio fue desconocer en la encuesta cuantos vasos de alcohol consumen al día o por semana, para conocer el nivel en mililitros que representaría

al año, además no se cuantificó en gramos las cantidades de frutas y verduras.

CONCLUSIÓN

El estudio evidenció que la edad, el consumo de alcohol y el tabaquismo son factores que incrementan significativamente el riesgo de hipertensión arterial, mientras que el consumo frecuente de jugos de frutas se asocia con una ligera reducción del mismo. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de estrategias preventivas integrales que prioricen la modificación de estilos de vida, con énfasis en la reducción del consumo de alcohol y tabaco, la promoción de dietas saludables ricas en frutas y verduras y el monitoreo temprano de la presión arterial en poblaciones de mayor edad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Nacional de Estadística e Informática, por el acceso a la base de datos ENDES 2024.

REFERENCIAS

1. OMS. Hipertensión. 2023. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/hypertension>
2. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Enfermedades No Transmisibles 2023. 2023. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/5601760-peru-enfermedades-no-transmisibles-y-transmisibles-2023>
3. Chow CK, Teo KK, Rangarajan S, Islam S, Gupta R, Avezum A, et al. Prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in rural and urban communities in high-, middle-, and low-income countries. *JAMA*. 2013; 310:959-68
4. Agho KE, Osuagwu UL, Ezech OK, Ghimire PR, Chitekwe S, Ogbo FA. Gender differences in factors associated with prehypertension and hypertension in Nepal: A nationwide survey. *PLoS One*. 2018;13(9): e0203278. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203278>
5. Tareque MI, Koshio A, Tiedt AD, Hasegawa T. Are the rates of hypertension and diabetes higher in people from lower socioeconomic status in Bangladesh? Results from a nationally representative survey. *PLoS One*. 2015;10(5):e0127954. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0127954>
6. Li B, Li F, Wang L, Zhang D. Fruit and Vegetables Consumption and Risk of Hypertension: A Meta-Analysis. *J Clin Hypertens*. 2016;18(5):468-76. <https://doi.org/10.1111/jch.12777>
7. Regino-Ruenes Yenys M., Quintero-Velásquez Mario A., Saldarriaga-Franco Juan F. La hipertensión arterial no controlada y sus factores asociados en un programa de hipertensión. *Rev. Colomb. Cardiol*. 2021; 28(6): 648-655. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56332021000600648&lng=en. Epub Jan 07, 2022. <https://doi.org/10.24875/rccar.m21000108>
8. INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2024. <https://proyectos.inei.gob.pe/microdatos/>
9. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. Manual de la Antropometrista. 2024.

10. Asociación Benéfica PRISMA. Laminario de medidas caseras. Lima: PRISMA; 1997.
11. Encuesta Nacional Demográfica y Salud Familiar. PERÚ: Enfermedades no transmisibles y transmisibles. 2024. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/6813669-peru-enfermedades-no-transmisibles-y-transmisibles-2024>
12. Vieira-da-Silva, M.A., Bauab Filho, A.B., Imanichi, F. et al. The correlation between age, blood pressure variability and estimated pulse wave velocity. *Sci Rep.* 2025; (15) 6990. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-91023-x>
13. De Sousa - Santana B, Soares-Rodrigues B, Morato-Stival M, Grou-Volpe CR. Hipertensión arterial en ancianos acompañados en la atención primaria: perfil y factores asociados. *RESEARCH • Esc. Anna Nery.* 2019; 23 (2). <http://dx.doi.org/10.1590/2177-9465-EAN-2018-0322>
14. Abdelhady- Algharably E, Andrzej Januszewicz FM, Kreutz Reinhold. Understanding the impact of alcohol on blood pressure and hypertension: From moderate to excessive drinking. *Pol Heart J* 2024; 82(1):10-18. <http://dx.doi.org/10.33963/v.kp.98704>.
15. Mancia G, Kreutz R, Brunström M, et al. 2023 ESH Guidelines for the management of arterial hypertension The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension: Endorsed by the International Society of Hypertension (ISH) and the European Renal Association (ERA). *J Hypertens.* 2023; 41(12): 1874–2071. <https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000003480>,
16. Yamato I, Kansui Y, Matsumura K, et al. Impact of smoking status on incident hypertension in a Japanese occupational population. *Hypertens Res.* 2025;48(1):180-188. <https://doi.org/10.1038/s41440-024-01996-x>
17. Madsen H, Sen A, Aune D. Fruit and vegetable consumption and the risk of hypertension: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Eur J Nutr.* 2023;62(5):1941-1955. <https://doi.org/10.1007/s00394-023-03145-5>
18. Rosell M, Nyström CD. Fruit juice - a scoping review for Nordic Nutrition Recommendations 2023. *Food Nutr Res.* 2024; 68: 10.29219/fnr.v68.10463. <https://doi.org/10.29219/fnr.v68.10463>
19. Beckett EL, Fayet-Moore F, Cassettari T, Starck C, Wright J, Blumfield M. Health effects of drinking 100% juice: an umbrella review of systematic reviews with meta-analyses. *Nutr Rev.* 2025;83(2): e722-e735. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae036>
20. Nishi SK, Khoury N, Valle Hita C, Zurbau A, Salas-Salvadó J, Babio N. Vegetable and Fruit Intake Variety and Cardiovascular Health and Mortality: A Systematic Review and Meta-Analysis of Observational Studies. *Nutrients.* 2023; 15(23):4913. <https://doi.org/10.3390/nu15234913>

Análisis de mediación entre IMC materno, edad y el Índice de Rohrer en mujeres adultas: estudio transversal

Mediation analysis between maternal BMI, age and the Rohrer Index in adult women: a cross-sectional study

Janet del Rocío GORDILLO CORTAZA¹, Maria Antonieta TOURIZ BONIFAZ², Verónica Alexandra MENDOZA RAMÍREZ³, Rodrigo Javier MENDOZA RAMÍREZ¹, Andrea Michelle PRADO MATAMOROS⁴, Zully Stefania CEDEÑO ROBALINO¹, Fátima Victoria FERAUD IBARRA¹, Yanina Teresa OCHOA MONTOYA², William Johnny JIMÉNEZ JIMÉNEZ¹, Nelly Carolina PALADINES ZAPATA¹, Walter Adalberto GONZÁLEZ GARCÍA⁴, Miguel Angel CASTRO MATTOS⁵

¹ Universidad de Guayaquil.

² Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

³ The University San Antonio, (UTSA).

⁴ Universidad Técnica de Babahoyo.

⁵ Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

Recibido: 13/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El Índice de Masa Corporal (IMC) materno es un predictor robusto de la adiposidad en los hijos; por lo tanto, el Índice ponderal al nacer permite evaluar el estado nutricional y la composición corporal identificando alteraciones en el crecimiento fetal y riesgos a largo plazo.

Objetivo: Evaluar la asociación entre el IMC materno y el Índice de Rohrer (IP), explorando el papel mediador de la edad de la mujer.

Metodología: Estudio transversal con datos secundarios de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) de Perú, 2012–2020. Se incluyeron 31 742 registros de recién nacidos a término (≥ 37 semanas), sin malformaciones congénitas, con datos disponibles de IMC materno gestacional y edad materna al parto. Se excluyeron nacimientos prematuros, embarazos múltiples, casos con restricción del crecimiento intrauterino y registros incompletos. El IMC materno se calculó con datos de la primera consulta prenatal y el IP

como peso/talla³ al nacimiento. Se utilizó el IP por su capacidad para reflejar la adiposidad relativa en comparación con el peso al nacer o el IMC en poblaciones neonatales. Se realizó un análisis de mediación con el software JAMOWI, estimando efectos directos, indirectos y totales estandarizados con intervalos de confianza al 95 %.

Resultados: El modelo de mediación cumplió con los supuestos estadísticos (linealidad, normalidad de residuos y ausencia de multicolinealidad). El IMC materno mostró un efecto directo elevado sobre el IP ($\beta = 0.97$; $p < .001$). El efecto indirecto a través de la edad de la mujer fue estadísticamente significativo, pero de magnitud reducida ($\beta = 0.0086$; $p < .001$), representando solo el 0.88 % del efecto total.

Conclusiones: La influencia del IMC materno sobre la corpulencia del hijo se ejerce principalmente a través de vías directas, mientras que la edad de la mujer desempeña un papel mediador marginal. Estos hallazgos destacan la importancia de intervenciones dirigidas al control del IMC materno como estrategia de prevención de la obesidad intergeneracional.

PALABRAS CLAVE

Índice de Ponderal; Estado nutricional fetal; Mediación estadística; Obesidad intergeneracional; Salud pública.

Correspondencia:

Janet del Rocío Gordillo Cortaza
janetgordillo28@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Maternal body mass index (BMI) is a robust predictor of adiposity in children; therefore, birth weight index allows for the assessment of nutritional status and body composition, identifying alterations in fetal growth and long-term risks.

Objective: To assess the association between maternal BMI and Rohrer Index (PI), exploring the mediating role of women's age.

Methodology: Cross-sectional study using secondary data from the Demographic and Family Health Survey (ENDES) of Peru, 2012–2020. A total of 31,742 records of full-term newborns (≥ 37 weeks) without congenital malformations and with available data on maternal gestational BMI and maternal age at delivery were included. Premature births, multiple pregnancies, cases of intrauterine growth restriction, and incomplete records were excluded. Maternal BMI was calculated using data from the first antenatal visit and PI as birth weight divided by height³. The Rohrer's Index was used for its ability to reflect relative adiposity compared to birth weight or BMI in neonatal populations. Mediation analysis was performed using the JAMOV software, estimating direct, indirect, and total standardized effects with 95% confidence intervals.

Results: The mediation model met the statistical assumptions (linearity, normality of residuals, and absence of multicollinearity). Maternal BMI showed a high direct effect on PI ($\beta = 0.97$; $p < .001$). The indirect effect through female age was statistically significant, but small in magnitude ($\beta = 0.0086$; $p < .001$), accounting for only 0.88 % of the total effect.

Conclusions: The influence of maternal BMI on offspring corpulence is mainly exerted through direct pathways, while female age plays a marginal mediating role. These findings underscore the importance of interventions targeting maternal BMI as a strategy to prevent intergenerational obesity.

KEYWORDS

Rohrer's index; Fetal nutritional status; Statistical mediation; Intergenerational obesity; Public health.

INTRODUCCIÓN

La obesidad infantil representa uno de los principales desafíos de salud pública a nivel mundial, con efectos que se extienden desde la infancia hasta la edad adulta, impactando la morbilidad y mortalidad cardiovascular, metabólica y osteoarticular^{1,2}. La comprensión de los determinantes de la adiposidad en recién nacidos y lactantes es fundamental para el diseño de estrategias de prevención temprana que puedan interrumpir la transmisión intergeneracional de la obesidad^{3,4}.

La evidencia científica ha establecido de manera consistente que el IMC materno representa uno de los predictores más robustos de la adiposidad en la descendencia desde las primeras etapas de vida^{5,6}. Estudios longitudinales han demostrado que las madres con IMC elevado tienen mayor probabilidad de tener hijos con adiposidad aumentada ya desde el período neonatal y durante la infancia temprana, incluso después de ajustar por factores genéticos paternos y variables socioeconómicas^{5,7}. Esta asociación se atribuye a mecanismos complejos que incluyen programación metabólica intrauterina, modificaciones epigenéticas durante la gestación, y el ambiente nutricional compartido durante la lactancia^{4,8}.

Sin embargo, la relación entre el IMC materno y la adiposidad neonatal no opera de manera aislada. La edad materna emerge como un factor potencialmente mediador en esta relación, dado que influye tanto en los cambios fisiológicos durante el embarazo como en los patrones de crecimiento fetal. Específicamente, la edad materna se asocia con modificaciones en el metabolismo materno, la sensibilidad a la insulina durante la gestación, y la eficiencia de la transferencia placentaria de nutrientes, factores que podrían modular la expresión de la predisposición genética a la adiposidad en el feto⁹.

Para la evaluación de la corpulencia en recién nacidos y lactantes, el IP ha demostrado ventajas significativas sobre el IMC tradicional, ya que proporciona una medida más precisa de la densidad corporal y corrige mejor las variaciones relacionadas con la estatura en cuerpos en desarrollo, siendo especialmente relevante en poblaciones neonatales con amplia variabilidad antropométrica¹⁰.

A pesar de la abundante evidencia sobre la asociación directa entre IMC materno y adiposidad neonatal, existe una notable escasez de estudios que hayan explorado específicamente los mecanismos mediadores de esta relación considerando la edad materna. Los estudios previos se han centrado principalmente en asociaciones directas o han analizado la relación madre-hijo sin considerar el papel mediador de variables maternas como la edad al momento del parto. Esta laguna en el conocimiento limita nuestra comprensión de los mediadores específicos a través de los cuales opera la transmisión intergeneracional de la adiposidad desde las primeras etapas de vida y, por tanto, la capacidad para diseñar intervenciones preventivas dirigidas y efectivas durante el período prenatal y perinatal¹¹.

El análisis de mediación propuesto es indispensable porque permitirá identificar si la edad materna constituye un mediador significativo en la relación IMC materno-adiposidad neonatal, cuantificar la magnitud relativa de los efectos directos versus indirectos, y proporcionar evidencia para el desarrollo de intervenciones preventivas que consideren la edad materna como factor modulador en programas de control de peso dirigidos a mujeres en edad reproductiva y durante el embarazo.

Por ello, este estudio tiene como objetivo evaluar la asociación entre el IMC materno y el IP en recién nacidos, cuantificando específicamente el papel mediador de la edad materna en dicha relación mediante análisis de mediación estadística. Se hipotetiza que la edad materna actuará como mediador parcial en la relación entre IMC materno e IP neonatal, con un efecto mediador significativo, pero de magnitud menor comparado con el efecto directo del IMC materno.

METODOLOGÍA

Diseño del estudio: Se realizó un estudio observacional transversal utilizando datos secundarios de la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES), elaborada anualmente por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). El diseño transversal permitió explorar relaciones entre variables en una muestra poblacional amplia, aunque sin posibilidad de establecer relaciones causales. La base de datos se obtuvo en la sección «consulta por encuestas» del portal web del INEI, la misma que fue estimada previa evaluación de los resultados obtenidos con la implementación de las encuestas ENDES ejecutadas en los periodos 2012 a 2020 y los lineamientos del tipo de diseño previamente establecidos para este fin correspondiente al año 2023¹². La encuesta recoge información detallada sobre salud materna e infantil, incluyendo variables como el IMC materno gestacional, la edad materna y características neonatales. Los datos empleados son de acceso libre y cuentan con la autorización explícita para su uso en investigación.

Población y muestra: Se incluyeron registros de todos los recién nacidos a término (≥ 37 semanas de gestación) de madres con registros completos de IMC gestacional y edad al momento del parto. Criterios de inclusión: (1) recién nacidos a término, (2) IMC materno gestacional, (3) edad materna, (4) mediciones antropométricas neonatales. Criterios de exclusión: (1) nacimientos prematuros (< 37 semanas), (2) gestaciones sin malformaciones, (3) restricción del crecimiento intrauterino, (4) embarazos múltiples, (5) registros incompletos. En total se obtuvieron 31742 registros.

Variables del estudio: La variable independiente fue el IMC materno gestacional (kg/m^2), calculado a partir del peso y talla registrados en la primera consulta prenatal. La variable mediadora fue la edad materna al momento del parto (años completos). La variable dependiente fue el IP neonatal, calculado como peso (kg) dividido por talla³ (m^3), medido dentro de las primeras 24 horas de vida.

Recolección de datos: Los datos se obtuvieron retrospectivamente de la encuesta ENDES. Previo al análisis, se realizó una limpieza exhaustiva de las mediciones antropométricas neonatales. Se excluyeron registros con valores faltantes o biológicamente implausibles (peso < 500 g o > 6000 g; talla < 25 cm o > 60 cm). Adicionalmente, se eliminaron valores extremos del Índice de Ponderal definidos como aquellos que

excedían ± 3 desviaciones estándar respecto a la media.

Análisis estadístico: Se realizó un análisis de mediación utilizando el módulo Mediation del software JAMOV (versión 2.6.26). El modelo especificó el IMC materno como variable predictora, la edad materna como mediadora, y el IP como variable de resultado. Se estimaron efectos directos, indirectos y totales con intervalos de confianza del 95% calculados mediante el método Delta. Los efectos fueron completamente estandarizados para facilitar la interpretación. Se verificaron los supuestos del modelo de mediación y se realizó un análisis de sensibilidad^{13,14}.

RESULTADOS

El estudio incluyó un total de 31742 registros de madre-recién nacido que cumplieron con los criterios de inclusión. La edad promedio de las madres (28.9 ± 10.2 años) refleja una distribución centrada en la edad reproductiva temprana, coherente con los datos nacionales de natalidad. Las características descriptivas de la muestra se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características descriptivas de la muestra

Variable	Media $\pm$ DE	Mediana (RIQ)	Rango
IMC materno (kg/m^2)	26.88 ± 5.29	26.40 (6.99)	14.07 - 58.62
Edad materna (años)	28.95 ± 10.17	29.00 (17.00)	12 - 49
IP neonatal (kg/m^3)	1.76 ± 0.35	1.73 (0.47)	0.89 - 4.03

DE = Desviación estándar; RIQ = Rango intercuartílico.

Verificación de Supuestos del Modelo

Antes de proceder con el análisis de mediación, se verificaron los supuestos estadísticos fundamentales. Las relaciones entre variables mostraron linealidad adecuada mediante inspección gráfica de diagramas de dispersión. Los residuos del modelo presentaron distribución aproximadamente normal según las pruebas de Shapiro-Wilk ($p > 0.05$) y la inspección visual de gráficos Q-Q. No se detectó multicolinealidad significativa entre las variables ($VIF < 2.0$).

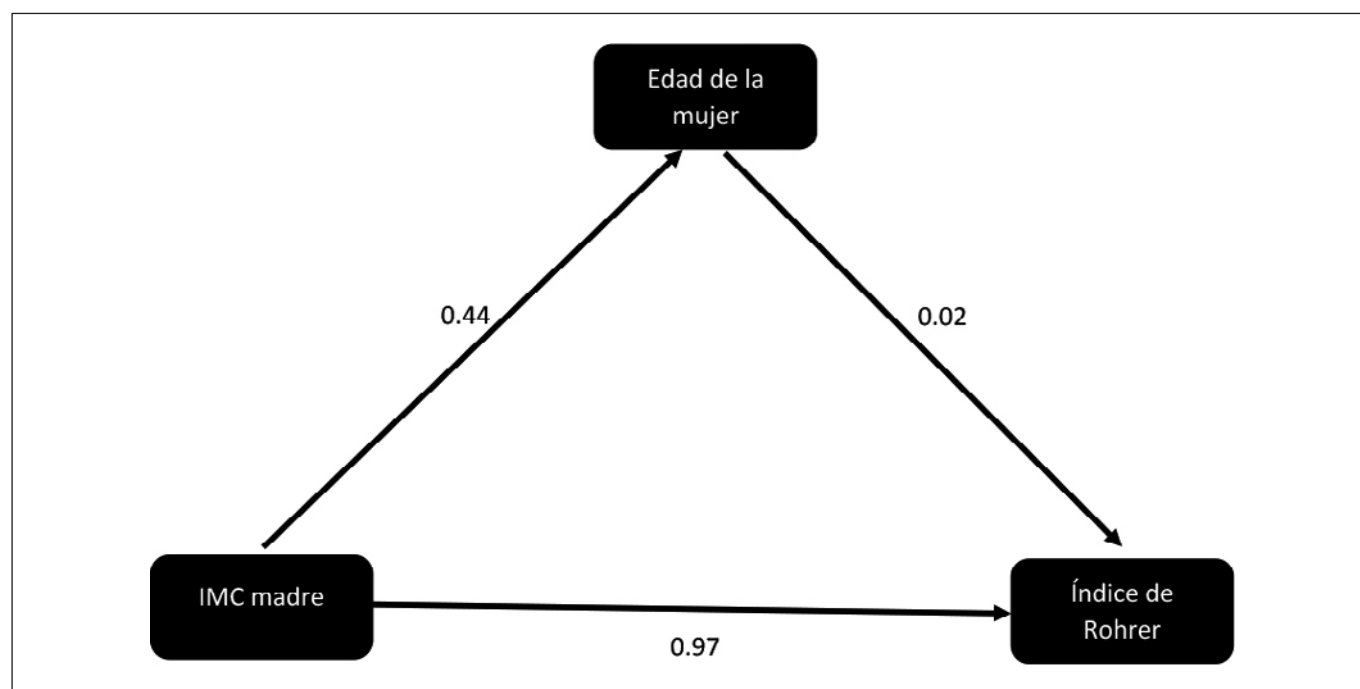
Análisis de Mediación

El análisis de mediación reveló un patrón de relaciones entre el IMC materno, la edad materna y el IP neonatal. Los resultados detallados se presentan en la Tabla 2 y se ilustran en la Figura 1.

Tabla 2. Efectos directos, indirectos y totales del modelo de mediación

Tipo de efecto	Relación	β estandarizado	EE	IC 95%	z	p
Indirecto	IMC materno $\rightarrow$ Edad materna $\rightarrow$ IP	0.009	0.0005	0.008-0.010	16.8	< .001
<i>Componente a</i>	IMC materno $\rightarrow$ Edad materna	0.437	0.010	0.419-0.456	86.5	< .001
<i>Componente b</i>	Edad materna $\rightarrow$ IP	0.020	0.001	0.018-0.022	17.1	< .001
Directo	IMC materno $\rightarrow$ IP	0.974	0.001	0.972-0.976	844.1	< .001
Total	IMC materno $\rightarrow$ IP	0.983	0.001	0.981-0.985	942.3	< .001

Todos los efectos están completamente estandarizados. IC = Intervalo de confianza; EE = Error estándar.

**Figura 1.** Modelo de mediación con coeficientes estandarizados

Efecto Indirecto: Se identificó un efecto indirecto estadísticamente significativo del IMC materno sobre el IP neonatal a través de la edad materna ($\beta = 0.009$, IC 95%: 0.008-0.010, $p < .001$). Este efecto mediador resulta de la combinación de dos vías: (1) el efecto significativo del IMC materno sobre la edad materna ($\beta = 0.437$, IC 95%: 0.419-0.456, $p < .001$), y (2) el efecto también significativo de la edad materna sobre el IP neonatal ($\beta = 0.020$, IC 95%: 0.018-0.022, $p < .001$).

Efecto Directo: Se observó un efecto directo muy fuerte y significativo del IMC materno sobre el IP neonatal ($\beta = 0.974$, IC 95%: 0.972-0.976, $p < .001$), lo cual indica que la mayor parte de la relación entre estas variables no es mediada por la edad materna.

Efecto Total: El efecto total del IMC materno sobre el IP neonatal (suma del directo e indirecto) fue significativo ($\beta = 0.983$, IC 95%: 0.981-0.985, $p < .001$), confirmando que el IMC materno es un predictor robusto de la adiposidad neonatal.

Proporción de Mediación: El efecto indirecto representa únicamente el 0.88% del efecto total, indicando que, aunque existe mediación estadística, esta es de magnitud muy limitada desde una perspectiva práctica.

Análisis de Sensibilidad

Para evaluar la robustez de los hallazgos, se realizó un análisis de sensibilidad excluyendo casos extremos (valores > 3 DE

de la media) y utilizando métodos alternativos de estimación de intervalos de confianza mediante bootstrap con 5 000 re-muestras. Los resultados permanecieron consistentes, con variaciones en los intervalos de confianza del 95 % menores al 1.2 % respecto a las estimaciones obtenidas con el método Delta.

Interpretación Clínica

Los hallazgos indican que por cada aumento de una desviación estándar en el IMC materno gestacional, se observa un incremento promedio de 0.983 desviaciones estándar en el IP neonatal. Este efecto opera predominantemente de manera directa, posiblemente a través de mecanismos de programación intrauterina, transferencia placentaria de nutrientes, y factores genéticos. El papel mediador de la edad materna, aunque estadísticamente significativo, es clínicamente marginal, sugiriendo que las intervenciones dirigidas al control del IMC materno tendrían efectos similares independientemente de la edad materna dentro del rango estudiado.

DISCUSIONES

Los hallazgos de este estudio indican que el IMC materno gestacional tiene un efecto sustancial sobre el IP neonatal, con una contribución directa considerable ($\beta = 0.974$) y un efecto mediado por la edad materna que, aunque estadísticamente significativo, es clínicamente modesto ($\beta = 0.009$). Este patrón sugiere que el IMC materno actúa como un determinante temprano de la composición corporal neonatal, independientemente de la edad de la madre dentro del rango analizado. La alta magnitud del efecto directo respalda la hipótesis de que mecanismos fisiológicos vinculados al estado nutricional materno, como la programación intrauterina, la transferencia placentaria de nutrientes, y posibles vías epigenéticas, son los principales responsables del crecimiento neonatal proporcional.

Nuestros resultados coinciden con los reportados por estudios longitudinales previos. Por ejemplo, el Fels Longitudinal Study encontró que un mayor IMC materno se asocia con mayor adiposidad en la descendencia desde etapas muy tempranas de la vida⁵. De manera similar, estudios longitudinales han demostrado que madres con trayectorias persistentes de sobrepeso tienen entre 1.56 (IC 95% 1.36-1.79) veces mayor riesgo de tener hijos con sobrepeso en la niñez¹⁵. Una revisión sistemática también señaló que el IMC pregestacional materno se asocia consistentemente con una mayor adiposidad infantil, mientras que el efecto paterno es mucho menos consistente¹⁶. La robustez del efecto directo hallado en nuestra muestra refuerza esta evidencia, aun cuando el componente indirecto mediado por la edad materna sea estadísticamente significativo, pero clínicamente pequeño.

Desde el punto de vista biológico, múltiples mecanismos podrían explicar esta asociación. Entre ellos destacan la alteración de la señalización de leptina (LEP) y la expresión diferencial de genes asociados al metabolismo lipídico como el

PPAR γ ⁷. Además, se ha propuesto que la hiperglucemia leve no diabética durante la gestación, común en madres con sobrepeso, puede inducir crecimiento fetal excesivo y alterar la proporción corporal neonatal⁴. El entorno postnatal inmediato también puede interactuar con estos efectos, amplificando la trayectoria de obesidad infantil temprana¹⁷.

Por otro lado, el uso del IP, más sensible que el IMC tradicional en etapas tempranas de la vida, mejora la capacidad de detectar alteraciones en la corpulencia infantil⁸. Este índice es especialmente útil en estudios que incluyen sujetos pediátricos o adolescentes.

Aunque el efecto indirecto mediado por la edad de la mujer resultó estadísticamente significativo ($p < .001$), su magnitud es irrelevante desde el punto de vista práctico ($< 1\%$). Como han señalado MacKinnon y colaboradores, los efectos indirectos que representan menos del 5 % del total pueden considerarse débiles, a menos que exista una sólida justificación teórica^{18,19}. En este caso, la edad no parece tener un papel biológicamente plausible como mediador clave de la corpulencia.

Implicaciones prácticas

Desde una perspectiva clínica y de salud pública, estos resultados subrayan la importancia de intervenir sobre el estado nutricional materno antes y durante el embarazo. El énfasis exclusivo en la edad materna como factor de riesgo podría desviar la atención de factores metabólicos más determinantes. Además, las estrategias preventivas deben extenderse al entorno familiar, incluyendo el fomento de prácticas saludables desde el inicio de la vida, como la lactancia materna exclusiva y el monitoreo del crecimiento neonatal proporcional.

Limitaciones del Estudio

Este estudio presenta varias limitaciones importantes que deben considerarse en la interpretación de los resultados. Primero, el diseño observacional retrospectivo limita la capacidad de establecer relaciones causales definitivas entre las variables estudiadas. Segundo, no se controlaron potenciales confusores como, factores socioeconómicos, hábitos nutricionales maternos o comorbilidades durante el embarazo, que podrían influir en los resultados. Tercero, la medición del IMC materno gestacional basada en registros médicos puede estar sujeta a sesgos de reporte o medición. Cuarto, la generalización de los resultados está limitada a la población estudiada y puede no aplicarse a otras poblaciones con características demográficas o clínicas diferentes. Finalmente, el modelo de mediación asume relaciones lineales que pueden no capturar completamente la complejidad de las interacciones biológicas subyacentes.

Direcciones para Investigación Futura

Los hallazgos de este estudio sugieren varias líneas de investigación futuras. Primero, estudios longitudinales prospec-

tivos que incluyan múltiples mediciones durante el embarazo y el período postnatal temprano podrían proporcionar evidencia más robusta sobre la causalidad de las relaciones observadas. Segundo, la inclusión de otros mediadores potenciales como marcadores metabólicos maternos, calidad de la dieta, actividad física y factores psicosociales podría ofrecer una comprensión más comprehensiva de los mecanismos subyacentes. Tercero, estudios de validación externa en poblaciones diversas son necesarios para confirmar la generalización de estos hallazgos. Finalmente, investigaciones sobre intervenciones específicas dirigidas al control del IMC materno pregestacional podrían informar el desarrollo de programas de prevención más efectivos para la obesidad neonatal e intergeneracional.

CONCLUSIÓN

En resumen, el IMC materno constituye un predictor robusto y directo del IP, mientras que la edad de la mujer tiene un rol marginal como mediador. Estos hallazgos refuerzan la evidencia sobre la influencia predominante de factores biológicos y ambientales directos en la configuración de la adiposidad infantil, subrayando la necesidad de intervenciones tempranas centradas en la salud materna.

BIBLIOGRAFÍA

1. Organization WH. Obesity and overweight. Fact Sheet, Genova: p. 4.
2. Lobstein T JLR. Planning for the worst: estimates of obesity and comorbidities in school-age children in 2025. *Pediatric Obesity*. 2016; 11(5).
3. Lawlor DA SGMARMAWGea. Epidemiologic evidence for the fetal overnutrition hypothesis: Findings from the maternity study of pregnancy and its outcomes. *Am J Epidemiology*. 2007; 165(4).
4. Godfrey KM GPHM. Development origins of metabolic disease: life course and intergenerational perspectives. *Trends Endocrinol Metab*. 2020; 21(4).
5. Mamun AA KMOMWGNJCL. Associations of excess weight gain during pregnancy with long-term maternal overweight and obesity: Evidence from 21 years postpartum follow-up. *Am J Clin Nutr*. 2010; 91(5).
6. Weng SF RSSJYMGC. Systematic review and metaanalyses of risk factors for childhood overweight identifiable during infancy. *Arch Dis Child*. 2012; 97(12).
7. Heslehurst N VRAZBHSENLea. The association between maternal body mass index and child obesity: A systematic review and metaanalysis. *Plos Med*. 2019; 11(16).
8. Gluckman PD HM. Living with the past: evolution, development and patterns of disease. *Science*. 2002; 17(305).
9. Sonagra AD PDSRDSMARD. Maternal obesity and neonatal metabolic health: Insight into insulin resistance. *Cureus*. 2024; 10(16).
10. Chen LW TMFMAISLTKea. Which anthropometric measures best reflect neonatal adiposity. *Int J Obesity*. 2018; 42(3).
11. Breda J MKBMWJASAZea. Methodology and implementation of the WHO European Childhood Obesity Surveillance initiative. *Obes Rev*. 2021; 22(6).
12. Peru. INDEE. Encuesta demográfica y de Salud Familiar. Endes.. [Online]; 2023. Acceso martes de Mayo de 2025. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1950/libro.pdf.
13. 2.6) JTp(. Computer software. [Online]; 2024. Acceso Martes de Mayo de 2025. Disponible en: <https://www.jamovi.org>.
14. Models GMJJam. Jamovi module. [Online]; 2020. Acceso Martes de Mayo de 2025. Disponible en: <https://jamovi-amm.github.io>.
15. Griffiths L HSCTLC. Risk factors for rapid weight gain in preschool children: Finding from a UK-wide prospective study. *Int J Obesity*. 2010; 34(4).
16. Phungs DT WZRSHCCC. Body mass index and risk of pneumonia: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2013; 14(10).
17. Ventura AK BL. Does parenting affect children's eating and weight status. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2008; 5(15).
18. MacKinnon DP FAFM. Mediation analysis. *Annu Rev Psychol*. 2007; 58(11).
19. Imai K KLTD. A general approach to causal mediation analysis. *Psychol Methods*. 2010; 15(4).

Factores nutricionales asociados al riesgo cardiovascular en mujeres peruanas

Nutritional factors associated with cardiovascular risk in peruvian women

Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI¹, Maria Antonieta TOURIZ BONIFAZ², Janet del Rocio GORDILLO CORTAZA³, Carlos Jair RAMÍREZ RUIZ⁴, Marcos Rodolfo TOBAR MORAN³, Angela Germania MONSERRATE ROMERO³, William Johnny JIMÉNEZ JIMÉNEZ³

1 Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle- Perú.

2 Universidad Católica de Santiago de Guayaquil -Ecuador.

3 Universidad de Guayaquil – Ecuador.

4 Ministerio de Salud Pública del Ecuador.

Recibido: 18/septiembre/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Existen evidencias que respaldan el consumo significativo de verduras y frutas, provee beneficios a la salud cardiovascular. Sin embargo, sería bueno conocer en qué medida las mismas están relacionadas con la salud.

Objetivo: Determinar los factores nutricionales y antropométricos asociados al riesgo cardiovascular en mujeres peruanas adultas.

Métodos: Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal, basado en un análisis secundario de la Encuesta Nacional Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) 2024¹⁵. El estudio siguió las directrices STROBE para estudios observacionales. La muestra fue de 1312 mujeres peruanas, de 18-60 años. Se recopilaron datos antropométricos y la variable riesgo cardiovascular fue basado en el perímetro abdominal (1=Bajo riesgo, 2=Alto riesgo) y consumo de frutas, verduras. Se realizó la prueba de Spearman y regresión logística binaria utilizando el Software SPSS 27, aplicando un nivel de significancia $p < 0,05$.

Resultados: Los factores asociados al riesgo cardiovascular en mujeres adultas fueron la edad ($OR = 4,986$; $p = 0,001$)

y el IMC ($OR = 30,185$; $p = 0,001$). Asimismo, el consumo de porciones de ensalada de frutas mostró un efecto protector ($OR = 0,680$; $p = 0,03$) del riesgo cardiovascular.

Conclusiones: La edad y el IMC se asociaron significativamente con mayor riesgo cardiovascular, mientras que el consumo de porciones de ensalada de frutas mostró un efecto protector. Fomentar un consumo de frutas y verduras contribuye a reducir el riesgo cardiovascular.

PALABRAS CLAVE

Factores de riesgo; Alimentación; Salud pública; Exceso de peso.

ABSTRACT

Introduction: There is evidence supporting the significant consumption of vegetables and fruits, providing benefits to cardiovascular health. However, it would be useful to know to what extent they are related to health.

Objective: To determine the nutritional and anthropometric factors associated with cardiovascular risk in adult peruvian women.

Methods: An observational, descriptive, cross-sectional study was conducted based on a secondary analysis of the 2024 National Demographic and Family Health Survey (ENDES)¹⁵. The study followed the STROBE guidelines for observational studies. The sample consisted of 1,312 Peruvian women aged 18-60. Anthropometric data were collected, and the cardiovas-

Correspondencia:
Yuliana Yessy Gomez Rutti
ygomez@une.edu.pe

cular risk variable was based on waist circumference (1 = low risk, 2 = high risk) and fruit and vegetable consumption. Spearman's test and binary logistic regression were performed using SPSS 27 software, applying a significance level of $p < 0.05$.

Results: The factors associated with cardiovascular risk in adult women were age (OR = 4.986; $p = 0.001$) and BMI (OR = 30.185; $p = 0.001$). Likewise, consumption of portions of fruit salad showed a protective effect (OR = 0.680; $p = 0.03$) against cardiovascular risk.

Conclusions: Age and BMI were significantly associated with increased cardiovascular risk, while consumption of fruit salad portions showed a protective effect. Encouraging fruit and vegetable consumption helps reduce cardiovascular risk.

KEYWORDS

Risk factors; Nutrition; Public health, excess weight.

LISTA DE ABREVIATURAS

ENDES: Encuesta Nacional Demográfica y Salud Familiar.

INTRODUCCIÓN

Estudios han demostrado los beneficios para la salud cardiovascular cuando hay consumo de frutas y vegetales¹; aun cuando la edad, y ciertos parámetros antropométricos no favorezcan.

La dieta representa el factor modificable más importante para prevenir enfermedades cardiovasculares. Existen pruebas de que los patrones alimentarios basados en vegetales y frutas tienen una asociación inversa con un menor riesgo cardiovascular². Se estima que una dieta baja en fruta es el tercer factor de riesgo más importante de ECV, después de la hipertensión arterial (HTA) y el tabaquismo³.

Las enfermedades cardiovasculares ocasionaron 17,9 millones de muertes en el 2019 y 19,8 millón de muertes en el 2022⁴. La hipertensión es un problema de salud pública creciente en todo el mundo y el número de personas de 30 a 79 años con hipertensión se duplicó de 331 millones de mujeres a 626 millones de mujeres desde el año 1990 al 2019⁵.

En nuestro estudio prevalece un alto porcentaje de mujeres peruanas con sobrepeso y obesidad, que se asocian a otros factores de riesgo favorecen la enfermedad cardiovascular. Revisiones sistemáticas sugieren que un aumento adecuado del consumo de frutas y verduras puede ayudar a controlar el peso corporal, ya que previene el desarrollo de la obesidad y reduce el peso corporal con el tiempo⁶.

Una ingesta alta de frutas y verduras se ha asociado con un riesgo reducido de hipertensión en varios^{7,8}, aunque no todos^{9,12} los estudios de cohorte y algunos ensayos aleatorios han sugerido un efecto beneficioso del consumo de frutas y

verduras sobre la presión arterial¹³. Las frutas y verduras tienen un alto contenido de potasio, que se sabe que reduce la presión arterial¹⁴.

Existe poca evidencia actualizada realizada en mujeres, por ello el objetivo de la investigación fue determinar los factores nutricionales asociados al riesgo cardiovascular en mujeres peruanas.

MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal, basado en un análisis secundario de la Encuesta Nacional Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) 2024¹⁵. El estudio siguió las directrices STROBE para estudios observacionales.

Población y muestra

La población para este estudio son mujeres peruanas de la base de datos de la ENDES del año 2024, desarrollado en los meses de enero a diciembre¹⁵.

La muestra se identifica por ser bietápica, probabilística equilibrada, estratificada, independiente, subdividida a nivel departamental, segmentada acorde a área urbana y rural. Asimismo, luego de eliminar casos como datos perdidos, respuestas no sabe/no recuerda, gestantes, menores de 18 años y mayores de 59 años, se obtuvo la muestra 1312 que cumplió con los criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión fueron mujeres cuyas edades van de los 18 años hasta los 59 años y se encuentren incluidos en la base de datos (ENDES) 2024, los criterios de exclusión fueron las gestantes y los varones.

Variable e Instrumentos

Las preguntas realizadas respecto al consumo de frutas y de verduras, fueron en base a porciones para ambos casos; considerando su equivalente en medidas caseras para frutas (unidad, tajada, rodaja, racimo o puñado) y verduras (plato pequeño) según corresponda. Para las conversiones a porciones se empleó el apoyo de una cartilla de imágenes adaptada del Laminario de medidas caseras elaborado por AB Prisma¹⁶, en aquellos casos donde se tuvo una respuesta diferente a una medida estándar para frutas (kilogramos o preparación en jugo o ensalada) y verduras (tazones, platos grandes), según corresponda.

La recomendación estándar es consumir al menos cinco porciones diarias de frutas y/o verduras o vegetales, o su equivalente en 35 porciones semanales. Para el indicador, se determina el porcentaje de personas que siguen la recomendación estándar en base al número de porciones por día y número de días por semana (en los últimos 7 días) que consume frutas o verduras reportado por los entrevistados. No se ha incluido el consumo de refresco de frutas (por ejemplo, limonada) ni el consumo de fruta en sopas (por ejemplo, chapo)

o segundos (por ejemplo, patacones). Además, preguntaron solo por el consumo de verduras bajo la forma de ensalada, ya que en otras formas como guisos y sopas la estimación es más compleja, por lo que el indicador podría estar ligeramente subestimado¹⁷.

Los datos antropométricos fueron tomados por personal entrenado, según protocolo ENDES¹⁸. El peso y la talla fueron desarrollados con la ayuda de la báscula, donde se realiza el pesaje exacto de manera digital; estimando así, el índice de masa corporal (IMC), el perímetro abdominal, se empleó la cinta métrica flexible para medir la máxima circunferencia horizontal alrededor del torso, tomada por debajo del nivel de la cintura e incluyendo la extensión abdominal y con el estadiómetro, se midió la distancia vertical desde la coronilla de la cabeza hasta la base de los pies, tomada con el sujeto de pie y sin zapatos¹⁸.

Recopilación de los datos

La recolección de datos se realizará por medio de una base de datos secundaria extraída de la ENDES 2024. Posteriormente, mediante el acceso a la plataforma virtual del INEI se seleccionará el anexo "BASES DE DATOS", luego se ingresará a la sección "MICRODATOS" y finalmente se abrirá la pestaña "CONSULTA POR ENCUESTAS" en donde se seleccionarán los apartados de Encuesta-Año-Periodo correspondientes. Se hará la visualización de los resultados y se descargó el código módulo 1640 (Encuesta de salud - cuestionario de salud a personas de 15 años a más) data CSALUD01. Se seleccionaron 16 variables con datos completos para el análisis de los datos.

El IMC se calculó a través de la división del peso corporal por la estatura al cuadrado (kg/m^2), fue categorizado en bajo peso ($<18,5 \text{ kg}/\text{m}^2$), normal ($18,5\text{-}24,9 \text{ kg}/\text{m}^2$), sobrepeso ($25\text{-}29,9 \text{ kg}/\text{m}^2$) y obesidad (30 o más), categorizada en grado I ($30,0$ a $34,9 \text{ Kg}/\text{m}^2$), grado II ($35,0\text{-}39,9 \text{ Kg}/\text{m}^2$) y grado III u obesidad mórbida ($\geq 40,0 \text{ Kg}/\text{m}^2$)¹⁹. Asimismo, para el perímetro abdominal se utilizó los puntos de corte para identificar el riesgo cardiovascular, en las mujeres se estableciendo tres categorías, "bajo riesgo" ($\leq 79 \text{ cm}$); "riesgo incrementado" (80 a 87 cm), y "alto riesgo" ($\geq 88 \text{ cm}$), de acuerdo a la OMS²⁰.

La base de datos fue tomada de fuente secundaria del INEI-ENDES 2024 de acceso libre y autoriza el uso de la información.

Análisis estadístico

Se utilizará el Software SPSS 27 para el desarrollo del análisis de datos. Se realizará un análisis descriptivo de los datos. Se realizará la prueba estadística de Spearman para la relación entre la edad y el riesgo cardiovascular, asimismo se realizó la regresión logística binaria para identificar los factores de riesgo cardiovascular, en el cual será la variable dependiente (1=Bajo riesgo, 2= Alto riesgo) y las variables predictoras se-

rán la edad, IMC y consumo de frutas y verduras. Se aplicó un nivel de significancia $p < 0,05$.

RESULTADOS

La muestra estuvo conformada por 1312 mujeres con una edad promedio de 34 años ($DE = 9,97$).

En la tabla 1, la mayoría de las mujeres se encontraban en el rango de 18 a 44 años (83,1%), la mayoría reportó haber alcanzado la educación secundaria (40,2%), seguida por educación superior no universitaria (24,4%) y superior universitaria (20,7%).

Las mujeres peruanas presentaron exceso de peso: 41,9% con sobrepeso y 29,1% con obesidad, mientras que solo el

Tabla 1. Estado nutricional y riesgo cardiovascular en mujeres peruanas

Edad	n	%
18-44	1090	83,1
45-59	214	16,3
>60	8	0,6
Grado de instrucción	n	%
Pre-escolar	1	0,1
Primaria	150	11,4
Secundaria	528	40,2
Superior no Universitario	320	24,4
Superior Universitario	272	20,7
Posgrado	41	3,1
IMC (kg/m^2)	n	%
Bajo de peso	13	1,0
Normal	349	26,6
Sobrepeso	550	41,9
Obesidad	382	29,1
Obesidad mórbida	18	1,4
Riesgo cardiovascular	n	%
Bajo riesgo	183	13,9
Alto riesgo	1129	86,1
Total	1312	100,0

26,6% tenía un IMC normal. En cuanto al riesgo cardiovascular, el 86,1% fue clasificado con alto riesgo.

Tabla 2 se muestra que más de la mitad de las mujeres consumió frutas diariamente (50,4%), mientras que el consumo de jugo de frutas fue más irregular, predominando la ingesta de 2 a 3 días por semana (27,2% y 22,6%, respectivamente).

En el caso de las ensaladas de frutas, el consumo más frecuente fue de solo un día a la semana (48,2%). Por otro lado, la ingesta de ensaladas de verduras presentó una distribución más balanceada, destacando el consumo diario (23,5%) y la

frecuencia de 2 a 3 días por semana (20,4% y 20,1%, respectivamente).

En la Tabla 3 se muestra que las mujeres con riesgo cardiovascular tuvieron una edad promedio de $35,6 \pm 9,9$ años y un IMC de $29,01 \pm 4,44$, cifras superiores a las de aquellas sin riesgo ($27,1 \pm 7,1$ años y $21,84 \pm 2,28$, respectivamente). El consumo de frutas fue prácticamente equivalente ($5,22 \pm 1,99$ vs. $5,20 \pm 2,05$ días/semana) al igual que la cantidad de porciones ingeridas ($1,99 \pm 1,03$ vs. $2,05 \pm 0,95$). De la misma manera, el consumo de jugo de frutas resultó seme-

Tabla 2. Consumo semanal de frutas, jugos y ensaladas en mujeres peruanas

Días/semana	Frutas n (%)	Jugo de frutas n (%)	Ensalada de frutas n (%)	Ensalada de verduras n (%)
1	32 (2,4)	280 (21,3)	632 (48,2)	222 (16,9)
2	125 (9,5)	357 (27,2)	379 (28,9)	268 (20,4)
3	199 (15,2)	296 (22,6)	170 (13,0)	264 (20,1)
4	169 (12,9)	122 (9,3)	46 (3,5)	144 (11,0)
5	91 (6,9)	50 (3,8)	18 (1,4)	80 (6,1)
6	35 (2,7)	7 (0,5)	3 (0,2)	26 (2,0)
7	661 (50,4)	200 (15,2)	64 (4,9)	308 (23,5)
Total	1312 (100,0)	1312 (100,0)	1312 (100,0)	1312 (100,0)

Tabla 3. Estado nutricional y consumo de frutas y verduras según riesgo cardiovascular en mujeres peruanas

	Bajo riesgo cardiovascular		Alto riesgo cardiovascular	
	Promedio	DE	Promedio	DE
Edad	27,1	7,1	35,6	9,9
IMC (kg/m ²)	21,84	2,28	29,01	4,44
Cantidad de días que consumió frutas	5,20	2,05	5,22	1,99
Cantidad de tajadas o racimos de fruta	2,05	,95	1,99	1,03
Cantidad de días tomó jugo de frutas	2,73	1,83	3,16	1,98
Cantidad de vasos de jugo que tomo	1,54	,74	1,48	0,70
Cantidad de días ensalada frutas	1,91	1,34	2,03	1,48
Cantidad porciones ensalada frutas	1,21	,77	1,13	0,45
Días que comió ensalada de verduras	3,85	2,14	3,66	2,17
Cantidad porciones ensalada verduras	1,29	0,72	1,21	0,63

jante, tanto en frecuencia ($3,16 \pm 1,98$ vs. $2,73 \pm 1,83$ días) como en número de vasos ($1,48 \pm 0,70$ vs. $1,54 \pm 0,74$).

En la figura 1, se evidenció una relación positiva entre la edad y el riesgo cardiovascular ($Rho = 0,32$; $p = 0,001$), lo que indica que a mayor edad se incrementa la probabilidad de presentar dicho riesgo. También se halló una relación positiva con el IMC ($Rho = 0,51$; $p = 0,001$), es decir a mayor IMC mayor riesgo cardiovascular (Figura 2).

En la tabla 4 el modelo de regresión logística binaria identificó como factores asociados al riesgo cardiovascular en mujeres adultas la edad ($OR = 4,986$; $p=0,001$) y el IMC ($OR = 30,185$; $p=0,001$). Asimismo, el consumo de porciones de ensalada de frutas mostró un efecto protector ($OR = 0,680$; $p = 0,03$) del riesgo cardiovascular. El modelo presentó un buen ajuste (Hosmer-Lemeshow $p=0,789$) y un poder explicativo aceptable (Nagelkerke $R^2 = 0,530$).

DISCUSIÓN

Las enfermedades cardiovasculares constituyen la principal causa de mortalidad en mujeres a nivel mundial, los factores tradicionales como diabetes, hipertensión, obesidad y tabaquismo influyen en su desarrollo, las mujeres presentan riesgos adicionales vinculados a características reproductivas (menarquia, menopausia, síndrome de ovario poliquístico, infertilidad, pérdidas gestacionales y resultados adversos del embarazo), entre otros factores como los nutricionales, lo que incrementa su vulnerabilidad cardiovascular a lo largo de la vida²¹.

El presente estudio confirmó que los factores asociados al riesgo cardiovascular en mujeres adultas la edad ($OR = 4,986$; $p=0,001$) y el IMC ($OR = 30,185$; $p=0,001$). Esto puede ser explicado por la incidencia de enfermedades cerebro vasculares (ECV) y mortalidad asociada aumenta de forma pronunciada en mujeres mayores, superando incluso a los hombres

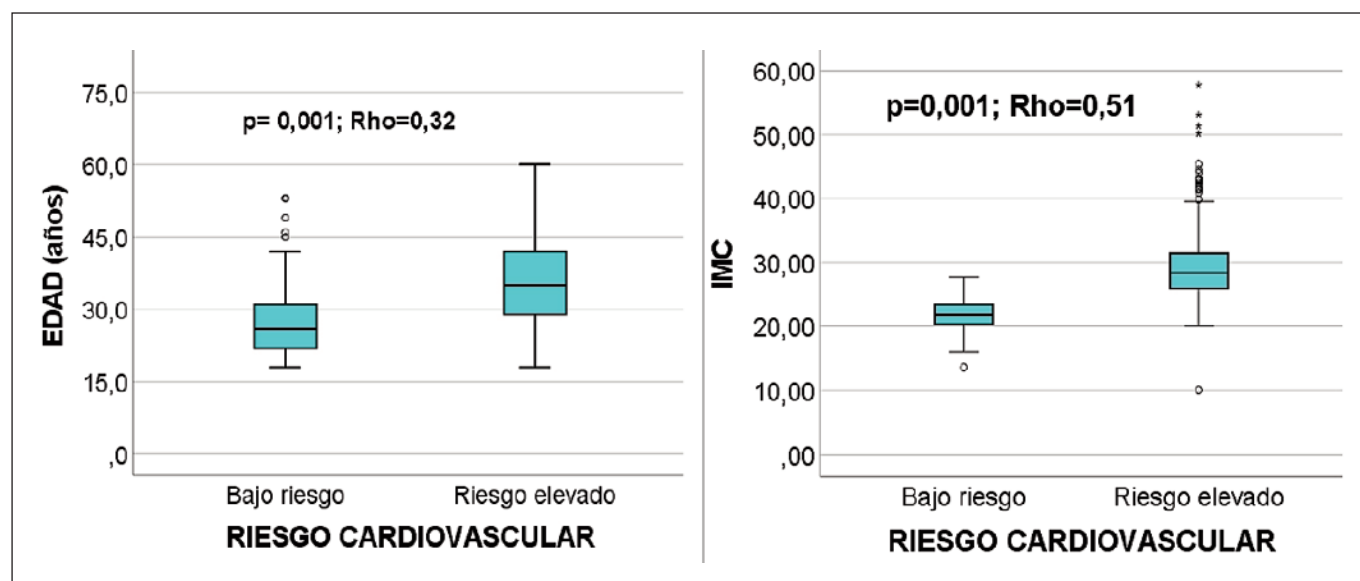


Figura 1. Relación entre la edad y el riesgo cardiovascular en mujeres peruanas

Figura 2. Relación entre el IMC y el riesgo cardiovascular en mujeres peruanas

Tabla 4. Factores asociados al riesgo cardiovascular en mujeres adultas

	B	p-valor	OR	95% C.I. para EXP(B)	
				Inferior	Superior
Edad	1,607	0,001	4,986	2,056	12,088
IMC	3,407	0,001	30,185	17,751	51,328
Cantidad porciones ensalada frutas	-,385	0,03	0,680	0,481	0,963
Constante	-7,898	0,001	0,000		

*OR <1, menor riesgo; >1, mayor riesgo.

Hosmer-Lemeshow $\chi^2(5) = 2,417$; $p = 0,789$; Nagelkerke $R^2 = 0,530$.

en edades avanzadas^{22,23}. Este riesgo se intensifica especialmente después de la menopausia, debido a cambios hormonales que favorecen la acumulación de grasa visceral y la aparición de otros factores de riesgo como hipertensión, dislipidemia y diabetes²²⁻²⁴. Por otro lado, las mujeres con IMC de 30-35 kg/m² presentaron riesgo para enfermedad coronaria de 1,67 (IC del 95%: 1,24-2,25) y de 2,3 (IC del 95%: 1,56-3,40) para mortalidad por ECV, en comparación con el peso normal²⁵.

La investigación evidenció que, el consumo de porciones de ensalada de frutas mostró un efecto protector (OR = 0,680; p = 0,03) al riesgo cardiovascular. Al respecto Guzman et al.²⁶, en su estudio evidenciaron que un consumo <400 g/día se asoció con obesidad (OR: 2,56 (IC del 95 %: 1,22-5,37) y con hipertensión (OR: 3,32 (IC del 95 %: 1,16-9,5)), solo 14 de cada 100 adultos peruanos consumen la cantidad diaria recomendada de frutas y verduras, y el consumo medio de frutas y verduras es inferior a 2 porciones al día. En el estudio las mujeres consumen en promedio 1 porción al día de frutas. El bajo consumo se debe a diferentes factores como el acceso económico, gustos, preferencias, hábitos culturales, el tiempo insuficiente para su selección, compra y preparación, formas de consumo, poco conocimiento y falta de educación nutricional.

Wilunda et al., mencionaron que los vegetales con menor contenido de fibra se asociaron inversamente con el cambio de peso, mientras que las frutas con menor contenido de fibra o las frutas con mayor energía se asociaron directamente con el cambio de peso²⁷. Otro estudio demostró que el aumento de la ingesta de vegetales también se asoció con un menor riesgo de aumento de peso y sobrepeso u obesidad (los odds ratios variaron de 0,18 a 0,88)²⁸.

Existe una necesidad urgente de políticas sanitarias multi-sectoriales centradas en aumentar el acceso y el consumo de frutas y verduras como parte de una dieta saludable para reducir el riesgo cardiovascular, siempre considerando la calidad, cantidad, frecuencia y formas de consumo.

Las limitaciones que presentó el estudio fue desconocer las cantidades en gramos de frutas y verduras y el nivel de actividad física de las mujeres peruanas.

CONCLUSIÓN

La edad y el IMC se asociaron significativamente con mayor riesgo cardiovascular en mujeres adultas, mientras que el consumo de porciones de ensalada de frutas mostró un efecto protector. Fomentar un consumo de frutas y verduras contribuye a reducir el riesgo cardiovascular.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Nacional de Estadística e Informática, por el acceso a la base de datos ENDES 2024.

REFERENCIAS

1. Wang X, Ouyang Y, Liu J, et al. Fruit and vegetable consumption and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ*. 2014;349:g4490. doi:10.1136/bmj.g4490
2. Rodríguez-Monforte M, Flores-Mateo G, Sánchez E. Dietary patterns and CVD: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Br J Nutr*. 2015;114(9):1341-1359. doi:10.1017/S0007114515003177
3. Lai HT, Threapleton DE, Day AJ, Williamson G, Cade JE, Burley VJ. Fruit intake and cardiovascular disease mortality in the UK Women's Cohort Study. *Eur J Epidemiol*. 2015;30(9):1035-1048. doi:10.1007/s10654-015-0050-5
4. World Heart Report 2023. Disponible em: <https://world-heart-federation.org/wp-content/uploads/World-Heart-Report-2023.pdf>
5. Madsen H, Sen A, Aune D. Fruit and vegetable consumption and the risk of hypertension: a systematic review and meta-analysis of prospective studies. *Eur J Nutr*. 2023;62(5):1941-1955. doi:10.1007/s00394-023-03145-5
6. Schwingshackl L, Hoffmann G, Kalle-Uhlmann T, Arregui M, Buijsse B, Boeing H. Fruit and Vegetable Consumption and Changes in Anthropometric Variables in Adult Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis of Prospective Cohort Studies. *PLoS One*. 2015;10(10):e0140846. doi:10.1371/journal.pone.0140846
7. Lim M, Kim J. Association between fruit and vegetable consumption and risk of metabolic syndrome determined using the Korean Genome and Epidemiology Study (KoGES). *Eur J Nutr*. 2020;59(4):1667-1678. doi:10.1007/s00394-019-02021-5
8. Xu Y, Liu J, Wang J, et al. Establishment and verification of a nomogram prediction model of hypertension risk in Xinjiang Kazakhs. *Medicine (Baltimore)*. 2021;100(42):e27600. doi:10.1097/MD.00000000027600
9. Liu MW, Yu HJ, Yuan S, et al. Association between fruit and vegetable intake and the risk of hypertension among Chinese adults: a longitudinal study. *Eur J Nutr*. 2018;57(7):2639-2647. doi:10.1007/s00394-018-1687-0
10. Nguyen B, Bauman A, Ding D. Association between lifestyle risk factors and incident hypertension among middle-aged and older Australians. *Prev Med*. 2019;118:73-80. doi:10.1016/j.ypmed.2018.10.007
11. Auerbach BJ, Littman AJ, Tinker L, et al. Associations of 100% fruit juice versus whole fruit with hypertension and diabetes risk in postmenopausal women: Results from the Women's Health Initiative. *Prev Med*. 2017;105:212-218. doi:10.1016/j.ypmed.2017.08.031
12. D'Elia L, Dinu M, Sofi F, Volpe M, Strazzullo P; SINU Working Group, Endorsed by SIPREC. 100% Fruit juice intake and cardiovascular risk: a systematic review and meta-analysis of prospective and randomised controlled studies. *Eur J Nutr*. 2021;60(5):2449-2467. doi:10.1007/s00394-020-02426-7
13. Tsubota-Utsugi M, Satoh M, Watanabe J, et al. Association between an Antioxidant-Rich Japanese Diet and Chronic Kidney

- Disease: The Ohasama Study. *J Atheroscler Thromb*. 2024; 31(4):461-477. doi:10.5551/jat.64423
14. Zhang Z, Cogswell ME, Gillespie C, Fang J, Loustalot F, Dai S, Carriquiry AL, Kuklina EV, Hong Y, Merritt R, Yang Q (2013) Asociación entre la ingesta habitual de sodio y potasio y la presión arterial e hipertensión en adultos estadounidenses: NHANES 2005-2010. *PLoS One* 8:e75289
 15. INEI. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2024. <https://proyectos.inei.gob.pe/microdatos/>
 16. Asociación Benéfica PRISMA. Laminario de medidas caseras. Lima: PRISMA; 1997.
 17. Encuesta Nacional Demográfica y Salud Familiar. PERÚ: Enfermedades no transmisibles y transmisibles. 2024. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/6813669-peru-enfermedades-no-transmisibles-y-transmisibles-2024>
 18. Encuesta Demográfica y de Salud Familiar. Manual de la Antropometrista. 2024. <https://proyectos.inei.gob.pe/iinei/srienaho/Descarga/DocumentosMetodologicos/2024-5/ManualAntropometrista.pdf>
 19. World Health Organization. Physical status: the use and interpretation of anthropometry. WHO Technical Report Series 854. Geneva: WHO; 1995.
 20. World Health Organization (WHO). Waist circumference and waist-hip ratio: report of a WHO Expert Consultation Geneva.2011. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241501491>
 21. Rajendran A, Minhas AS, Kazzi B, et al. Sex-specific differences in cardiovascular risk factors and implications for cardiovascular disease prevention in women. *Atherosclerosis*. 2023;384:117269. doi:10.1016/j.atherosclerosis.2023.117269}
 22. Rodgers, J., Jones, J., Bolleddu, S., Vanthenapalli, S., Rodgers, L., Shah, K., Karia, K. y Panguluri, S. Riesgos cardiovasculares asociados con el género y el envejecimiento. *Revista de desarrollo y enfermedades cardiovasculares*. 2019; 6. <https://doi.org/10.3390/jcdd6020019>.
 23. Meaney, E., Pérez-Robles, E., Ortiz-Flores, M., Perez-Ishiwara, G., Meaney, A., Munguía, L., Roman, G., Nájera, N., & Ceballos, G. Sobrepeso, obesidad y edad son los principales determinantes de la agregación del riesgo cardiovascular en la población mexicana actual: el estudio FRIMEX III. *Revista de Medicina Clínica*. 2024; 13. <https://doi.org/10.3390/jcm13082248>.
 24. Rajendran, A., Minhas, A., Kazzi, B., Varma, B., Choi, E. y Michos, E. Diferencias específicas según el sexo en los factores de riesgo cardiovascular e implicaciones para la prevención de enfermedades cardiovasculares en mujeres. *Atherosclerosis*. 2023 <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2023.117269>.
 25. Colpani V, Baena CP, Jaspers L, et al. Lifestyle factors, cardiovascular disease and all-cause mortality in middle-aged and elderly women: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Epidemiol*. 2018;33(9):831-845. doi:10.1007/s10654-018-0374-z
 26. Guzman-Vilca WC, Carrillo-Larco RM, Tarazona-Meza C. Consumption of fruits and vegetables among Peruvian adults: Analysis of a national health survey 2017-2018. *PLOS Glob Public Health*. 2025;5(3):e0004222. Published 2025 Mar 13. doi:10.1371/journal.pgph.0004222
 27. Wilunda C, Sawada N, Goto A, et al. Associations between changes in fruit and vegetable consumption and weight change in Japanese adults. *Eur J Nutr*. 2021;60(1):217-227. doi:10.1007/s00394-020-02236-x
 28. Nour M, Lutze SA, Grech A, Allman-Farinelli M. The Relationship between Vegetable Intake and Weight Outcomes: A Systematic Review of Cohort Studies. *Nutrients*. 2018;10(11):1626. Published 2018 Nov 2. doi:10.3390/nu10111626

Ingesta de alimentos ultraprocesados y riesgo de diabetes mellitus en familias vulnerables del Callao Perú

Consumption of ultra-processed foods and risk of diabetes mellitus in vulnerable families in Callao Peru

Olga Giovanna VALDERRAMA RIOS¹, Marisol YATACO MUCHOTRIGO², Jenny AGUIRRE LUCICH³, Arcelia Olga ROJAS SALAZAR¹, Alicia Lourdes MERINO LOZANO¹, Rosario MIRAVAL CONTRERAS¹, Segundo Ignacio PONTE VALVERDE⁴, Judit SALAZAR ROJAS⁴

1 Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ciencias de la Salud. Callao, Perú.

2 Centro de Salud Juan Pablo II, DIRESA Callao, Perú.

3 Centro de Salud Acapulco, DIRESA Callao, Perú.

4 Universidad César Vallejo, Lima Norte, Perú.

Recibido: 27/agosto/2025. Aceptado: 11/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Los alimentos ultraprocesados son productos industriales elaborados a partir de ingredientes refinados, aditivos y conservantes, con alto contenido de azúcar, grasa y sal.

Objetivo: Determinar la relación entre la ingesta de alimentos ultraprocesados y el riesgo de diabetes mellitus en familiares de pacientes diagnosticados de diabetes de una zona vulnerable de Callao en Perú.

Material y métodos: Estudio transversal de tipo observacional y correlacional. Realizado en una zona vulnerable de la Región Callao en Perú, durante el año 2025, se utilizó un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos ultraprocesados y el test de Findrics para medir el nivel de riesgo de diabetes y se aplicó a una muestra de 120 familiares de pacientes con diabetes y se determinó mediante muestreo probabilístico aleatorio simple.

Resultados: El 59.2% de participantes presentó un consumo alto o muy frecuente de alimentos ultraprocesados,

predominando productos como bebidas azucaradas, embutidos y comidas rápidas. Asimismo, el 53.3% de los encuestados presentó un riesgo de moderado a muy alto de desarrollar DM. El análisis estadístico mediante el coeficiente de Spearman ($p = 0.632$; $p < 0.01$) evidenció una relación positiva moderada y significativa entre ambas variables donde a mayor consumo de alimentos ultraprocesados, mayor riesgo de padecer DM.

Conclusiones: El consumo frecuente de AUP se relaciona directamente con el aumento del riesgo de DM en los familiares evaluados, quienes comparten factores ambientales, alimentarios y genéticos con familiares ya diagnosticados.

PALABRAS CLAVE

Factores de Riesgo; Alimentos Ultraprocesados; Vulnerabilidad Social; Prevención Primaria; Enfermedades Crónicas.

SUMMARY

Introduction: Ultra-processed foods are industrial products made from refined ingredients, additives, and preservatives, with high sugar, fat, and salt content.

Objective: To determine the relationship between the intake of ultra-processed foods and the risk of diabetes mellitus in relatives of patients diagnosed with diabetes in a vulnerable area of Callao in Peru.

Correspondencia:
Olga Giovanna Valderrama Rios
ogvalderramar@unac.edu.pe

Materials and methods: Observational and correlational cross-sectional study. Conducted in a vulnerable area of the Callao Region in Peru during 2025, a questionnaire on the frequency of consumption of ultra-processed foods and the Findrics test were used to measure the level of risk of diabetes and were applied to a sample of 120 relatives of patients with diabetes, determined by simple random probability sampling.

Results: 59.2% of participants reported high or very frequent consumption of ultra-processed foods, predominantly products such as sugary drinks, cold cuts, and fast food. Likewise, 53.3% of respondents had a moderate to very high risk of developing T2D. Statistical analysis using Spearman's coefficient ($p = 0.632$; $p < 0.01$) showed a moderate and significant positive relationship between the two variables, where higher consumption of ultra-processed foods was associated with a higher risk of TD.

Conclusions: Frequent consumption of UPPs is directly related to an increased risk of TD in the relatives evaluated, who share environmental, dietary, and genetic factors with relatives already diagnosed.

KEYWORDS

Risk Factors; Ultra-Processed Foods; Social Vulnerability; Primary Prevention; Chronic Diseases.

LISTA DE ABREVIATURAS

AUP: Alimentos ultraprocesados.

BEPECA: Bellavista, La Perla, Callao.

DIRESA: Dirección Regional de Salud.

DM2: Diabetes mellitus tipo 2.

FINDRICS: Cuestionario Finlandés de Riesgo de Diabetes.

IMC: Índice de Masa Corporal.

INTRODUCCIÓN

Los alimentos ultraprocesados (AUP) ricos en azúcares, sodio y grasas no saludables aumentan la prevalencia de enfermedades no transmisibles entre las que destaca la diabetes, siendo una preocupación a nivel mundial por las complicaciones que conlleva^{1,2}. En diversos países las evidencias muestran un aumento significativo en el consumo de AUP ricos en grasas, azúcares, reflejando un patrón global hacia hábitos urbanos que elevan el riesgo de enfermedades crónicas^{3,4} y que en algunos casos el aumento en su consumo puede estar asociado a la mortalidad en adultos⁵.

El mayor índice de consumo energético procede de los AUP, siendo el consumo muy elevado en adultos y jóvenes con menor nivel educativo, fumadores, personas físicamente inactivas, por lo que, presentan un mayor riesgo de obesidad⁶⁻⁸. En

las grandes ciudades los alimentos más consumidos son: pan, dulces, carnes procesadas y refrescos, caracterizados por un alto contenido de energía y grasas, bajo en fibra, destacando las bebidas azucaradas y los embutidos⁹.

En América Latina adoptaron medidas como el etiquetado de advertencia para señalar los nutrientes perjudiciales, como parte de sus políticas para reducir su consumo¹⁰. A pesar de ello las evidencias lo demuestran que su consumo no ha disminuido¹¹, por el contrario, su ingesta en exceso deteriora la calidad de la dieta lo que requiere la necesidad de implementar políticas preventivas desde la infancia¹², más aún en zonas vulnerable como en la Región Callao¹³.

En Perú, durante un periodo de diez años, el gasto de AUP se destinó a productos lácteos, yogur, crema de leche, además de bebidas gaseosas¹⁴. Por otra parte, el 62.7% de la población de 15 años o más, presenta malnutrición por exceso y el 41.4% padece enfermedades asociadas como la diabetes¹⁵. En tal sentido, evidencia el patrón de gasto en AUP refleja un factor determinante que favorece la malnutrición por exceso condicionando a enfermedades no transmisibles.

Diversos estudios longitudinales analizaron la asociación entre AUP y diabetes, y se centran en la población general o personas que padecen diabetes, dejando de lado a los familiares directos de estos pacientes^{16,17} por lo que, existe una evidente limitación a la inclusión de los familiares, quienes comparten las conductas cotidianas y factores de riesgo que se pueden modificar, aunque se reconoce que la genética y los estilos de vida especialmente la alimentación desempeñan un papel clave en la aparición de esta enfermedad, aún falta explorar cómo estos factores interactúan dentro de un mismo núcleo familiar, particularmente en poblaciones donde el consumo de AUP es elevado y puede conducir a que estos familiares tengan la enfermedad. Esta omisión representa un vacío en la literatura científica actual, considerando que estos podrían beneficiarse de intervenciones preventivas o educativas dirigidas asegurando así un futuro más saludable para estas comunidades.

El presente estudio tuvo como objetivo determinar la relación entre la ingesta de alimentos ultraprocesados y el riesgo de DM en familiares de pacientes diagnosticados de diabetes de una zona vulnerable de Callao en Perú.

MÉTODO

Estudio transversal observacional de enfoque cuantitativo, realizado entre febrero a julio de 2025, en el Centro de Salud Juan Pablo II, establecimiento de primer nivel de atención, (Categoría I-2), perteneciente a la Red de Salud BEPECA en la Región Callao, que brinda cobertura a los asentamientos humanos: Juan Pablo II, Villa Mercedes y Sarita Colonia.

La población estuvo constituida por 174 familiares de pacientes con diagnóstico de DM2. Los criterios de inclusión fue-

ron: ser familiar de primer o segundo grado (padres, hermanos, hijos, tíos o primos) de pacientes con DM y residir en la jurisdicción del Centro de Salud durante el periodo de estudio. Se excluyó a aquellos familiares que no contaban con disponibilidad de tiempo para acudir al establecimiento sanitario, se encontraban fuera de la localidad durante el periodo de recopilación, o que presentaba problema de salud mental o cognitivo que limitara su participación. La muestra calculada fue de 120 familiares de pacientes con DM, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%. La selección de los participantes se realizó mediante un muestreo aleatorio simple, siendo el paciente el enlace de contacto con su familiar.

Para garantizar los criterios de elegibilidad, el estudio implementó estrategias y se desarrolló en dos fases. Primero, se construyó un marco muestral a partir del padrón de pacientes con DM, que contenía el nombre del paciente, lugar de residencia, número telefónico del paciente y de su familiar. A cada registro se le asignó un código numérico único y los participantes fueron seleccionados mediante la generación de números aleatorios con la función aleatorio entre (1;120) del Excel versión 2025. Los familiares fueron contactados vía telefónica, realizándose hasta tres intentos de llamadas telefónicas para invitarlos a participar y explicarles el objetivo y los procedimientos del estudio. Asimismo, a quienes no respondieron la llamada telefónica, se le visitó en su domicilio para hacerle la invitación y brindar información directa sobre la investigación.

En la segunda fase, los familiares acudieron al establecimiento sanitario y se realizó los procedimientos de evaluación clínica complementaria (control de la presión arterial, antropometría, perímetro abdominal, y glucosa capilar en ayunas). Estas mediciones se realizaron con el propósito de precisar la clasificación del riesgo de DM, obtenida mediante el Test de Findrics permitiendo una validación cruzada entre el riesgo percibido y las condiciones metabólicas reales observadas. Los procedimientos se realizaron siguiendo las normas técnicas del Ministerio de salud, y el uso de instrumentos calibrados bajo estrictas medidas de bioseguridad realizado por las investigadoras quienes laboran en el mencionado establecimiento.

Se aplicaron dos instrumentos. El primero fue un cuestionario sobre consumo de AUP, que incluyó datos sociodemográficos y preguntas tipo Likert sobre frecuencia y tipo de ingesta dividido en: alto contenido de azúcares, grasa, sal y comidas listas para calentar. La validez de contenido del cuestionario fue evaluada por un panel de 8 profesionales expertos, quienes valoraron cada ítem en función de su claridad, pertenencia y relevancia. Se aplicó el coeficiente V de Aiken para estimar el grado de acuerdo entre los jueces, obteniéndose valores entre 0.82 y 0.90, con un promedio global de $V=0.89$, lo que indica una adecuada validez de contenido del instrumento.

El segundo instrumento fue el Test de Findrics (Finnish Diabetes Risk Score), desarrollado por Lindstrom et al¹⁸, que permite estimar el riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 en un periodo de diez años. Este instrumento fue adoptado por el Ministerio de Salud del Perú¹⁹, evalúa ocho factores: edad, antecedentes familiares, actividad física, índice de masa corporal (IMC), perímetro abdominal, consumo de frutas y verduras, uso de medicación antihipertensiva y niveles de glucosa. La puntuación total clasifica el riesgo en diferentes categorías, desde bajo (≤ 7 puntos) hasta muy alto (>20 puntos).

Los instrumentos fueron autoadministrados por los participantes y aplicados de manera presencial en las instalaciones del Centro de Salud, en un ambiente adecuado y con acompañamiento de los investigadores para resolver posibles dudas. El tiempo promedio de llenado fue aproximadamente de 15 minutos.

Para la validación de los instrumentos se aplicó la estadística descriptiva e inferencial, para caracterizar y describir el consumo de AUP y el riesgo de DM. La correlación de Spearman, se utilizó para analizar la relación entre ambas variables dado que no presentaban distribución normal y eran ordinales, con un nivel de significancia de $p < 0.05$. Para el análisis de los datos recolectados, se utilizó el SPSS versión 26, el cual permitió organizar, procesar e interpretar la información de forma sistemática.

El estudio se llevó a cabo conforme a la Declaración de Helsinki²⁰ y contó con la aprobación del Comité de Ética Constancia N°016-2025-Comité de Ética/UI/DIRESA Callao. Todos los participantes firmaron el consentimiento informado. Se evitó cualquier tipo de daño físico, psicológico o social, priorizando en todo momento su bienestar, integridad y dignidad.

RESULTADOS

Según las características sociodemográficas, el 48.3% de los participantes tienen menos de 45 años, con predominio del sexo femenino 57.5%, en su mayoría convivientes 38.3%. Los AUP se compran en lugares informales, destacando los vendedores ambulantes 49.2% y tiendas de barrio 40%, lo que refleja un entorno socioeconómico modesto y un acceso condicionado por factores estructurales y económicos.

Con respecto a la frecuencia de consumo diario de AUP en familiares de personas con DM, se observa que, respecto a los alimentos con alto contenido de azúcares, la mayoría de los participantes los consumen una vez al día. Destacan las bebidas gaseosas 68%, bebidas Gatorade 51%, helados 72%, chocolates y caramelos 53%, pasteles 70%. En cuanto a los alimentos que contienen aceites, grasas y sal, los más consumidos fueron: papas fritas 73%, hamburguesas 55%, pollo broaster 77%, Salchipapa 59%, galletas saladas 59%, mayonesa 68%, Ketchup 50%, empanadas 58%, mantequilla 46% y conservas enlatadas 60% y entre las comidas listas para ca-

Tabla 1. Frecuencia de consumo diario de AUP en familiares de personas con DM (n=120)

Alimentos	Número de veces al día										Total	%
	Nunca		1 vez		2 veces		3 a 4 veces		5 o más			
Alimentos que contiene alto contenido de azúcares	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	Total	%
Bebidas gaseosas	10	8%	81	68%	21	18%	6	5%	2	2%	120	100%
Bebidas energéticas (Red Bull, Monster, etc.)	104	87%	16	13%	0	0%	0	0%	0	0%	120	100%
Bebidas (Gatorade, etc.)	53	44%	61	51%	6	5%	0	0%	0	0%	120	100%
Helados	30	25%	86	72%	4	3%	0	0%	0	0%	120	100%
Chocolates y caramelos	49	41%	64	53%	5	4%	2	2%	0	0%	120	100%
Queques, donas	57	48%	56	47%	7	6%	0	0%	0	0%	120	100%
Pasteles	32	27%	84	70%	4	3%	0	0%	0	0%	120	100%
Alimentos que contienen aceites, grasas, sal	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	Total	%
Papas fritas	3	3%	87	73%	28	23%	2	2%	0	0%	120	100%
Hamburguesa	51	43%	66	55%	3	3%	0	0%	0	0%	120	100%
Pollo broaster	17	14%	92	77%	10	8%	1	1%	0	0%	120	100%
Salchipapa	47	39%	71	59%	2	2%	0	0%	0	0%	120	100%
Galletas saladas	40	33%	71	59%	8	7%	1	1%	0	0%	120	100%
Chifles	64	53%	52	43%	4	3%	0	0%	0	0%	120	100%
Mayonesa	33	28%	82	68%	4	3%	1	1%	0	0%	120	100%
Kétchup/ajíes	53	44%	60	50%	6	5%	1	1%	0	0%	120	100%
Empanadas	49	41%	69	58%	2	2%	0	0%	0	0%	120	100%
Mantequilla	52	43%	55	46%	10	8%	2	2%	1	1%	120	100%
Conservas enlatadas	29	24%	72	60%	14	12%	5	4%	0	0%	120	100%
Comidas listas para calentar	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	Total	%
Pizzas congeladas o pastas precocidas	75	63%	42	35%	3	3%	0	0%	0	0%	120	100%
Croquetas de pollo/ pescado	97	81%	23	19%	0	0%	0	0%	0	0%	120	100%
Hot dogs /mortadela	35	29%	69	58%	13	11%	3	3%	0	0%	120	100%
Salchichas	58	48%	57	48%	5	4%	0	0%	0	0%	120	100%
Sopas instantáneas	72	60%	46	38%	0	0%	2	2%	0	0%	120	100%

lentar, se identificó un mayor de hot dogs/mortadela 58% y salchichas 48%.

El Nivel de riesgo de DM2 en familiares de personas con diabetes tipo 2, fue mayormente moderado 40.8% y alto 40.0%, mientras que solo el 19.2% presentó riesgo ligeramente aumentado.

Tabla 2. Nivel de riesgo de DM en familiares de personas con diabetes 2 (n=120)

Riesgo de diabetes mellitus tipo 2	n	%
Ligeramente aumentado	23	19.2
Riesgo moderado	49	40.8
Riesgo alto	48	40.0
Total	120	100.0

Correlación de Spearman entre el riesgo de DM y la frecuencia de consumo diario de AUP

Se encontró una relación positiva moderada significativa entre el riesgo de DM y el consumo diario de AUP, según el coeficiente de correlación de Spearman ($\rho = 0.632$; $p < 0.01$).

Tabla 3. Correlación de Spearman entre el riesgo de DM y la frecuencia de consumo diario de AUP en familiares de personas con diabetes

Variables	Riesgo de padecer DM	Consumo diario de AUP
Riesgo de padecer DM	1.000	0.632**
Sig. (bilateral)		<.001
Consumo diario de AUP	0.632**	1.000
Sig. (bilateral)	<.001	

Se presentan los coeficientes de correlación de spearman (ρ) Rho de Spearman (ρ) n=120.

$p < 0.01$ (bilateral).

Las correlaciones marcadas con doble asterisco (**) son estadísticamente significativas.

Se identificaron asociaciones positivas y significativas entre varias categorías de alimentos y el riesgo de DM.

En primer lugar, los alimentos con alto contenido de azúcares, mostraron las correlacionales más elevadas, destacando los pasteles $\rho=0.366$; $p < 0.01$, seguido de los queques/do-

nas $\rho=0.263$; $p < 0.01$, bebidas energéticas Gatorade $\rho=0.232$; $p < 0.01$, gaseosas $\rho=0.221$; $p < 0.05$ y chocolates/caramelos $\rho=0.214$; $p < 0.05$, Estos hallazgos evidencian que el mayor consumo de estos productos incrementa el riesgo de desarrollar DM.

En segundo lugar, Se evidencian asociaciones positivas baja a moderada, entre el consumo de AUP ricos en aceites, grasas y sal, y el riesgo de DM. Entre ellos destacan las conservas enlatadas $\rho=0.268$; $p < 0.01$, pollo broaster $\rho=0.233$; $p < 0.01$, papas fritas $\rho=0.228$; $p < 0.01$, hamburguesas $\rho=0.212$; $p < 0.05$ y mantequilla $\rho=0.203$; $p < 0.05$.

Finalmente, se identificaron asociaciones positivas entre el consumo de alimentos listos para calentar tales como salchichas

Tabla 4. Correlaciones entre consumo de AUP y riesgo de DM (n=120)

	Riesgo de padecer DM2	Sig.
Alimentos con alto contenido de azúcar		
Bebidas Gaseosas	0.221	$p < 0.05$
Bebidas energéticas	0.117	
Bebidas (Gatorade, etc.)	0.232	$p < 0.05$
Helados	0.02	
Chocolate y caramelos	0.214	$p < 0.05$
Queques, donas	0.263	$p < 0.05$
Pasteles	0.366	$p < 0.05$
Alimentos con contenidos de aceites, grasas y sal		
Papas fritas	0.228	$p < 0.05$
Hamburguesa	0.212	$p < 0.05$
Pollo Broaster	0.233	$p < 0.05$
Salchipapa	0.041	
Galletas saladas	0.001	
Chifles	0.179	
Mayonesa	0.091	
Kétchup / ajíes	-0.008	
Empanadas	0.158	
Mantequilla	0.203	$p < 0.05$
Conservas enlatadas	0.268	$p < 0.05$

Tabla 4 continuación. Correlaciones entre consumo de AUP y riesgo de DM (n=120)

	Riesgo de padecer DM2	Sig.
Alimentos listos para calentar		
Pizzas congeladas o pastas precocidas	0.095	
Nuggets de pollo y pescado	.202	p < 0.05
Hot-dog / mortadela	.270	p < 0.05
Salchichas	.315	p < 0.05
Sopas instantáneas	.197	p < 0.05

($p=0.315$; $p < 0.01$), hot dogs/ mortadela ($p=0.270$; $p < 0.01$), Nuggets de pollo y pescado ($p=0.202$; $p < 0.05$) y sopas instantáneas ($p=0.197$; $p < 0.05$), estos resultados confirman que su consumo frecuente aumenta el riesgo de DM.

Por lo que, los hallazgos muestran que, aunque las asociaciones varían entre baja y moderada, existe un patrón claro y consistente: el consumo elevado de AUP, ricos en azúcares, grasa, sal, esta significativamente relacionado con un mayor riesgo de DM.

DISCUSIÓN

Diversas investigaciones han abordado la relación entre la alimentación y el riesgo de enfermedades crónicas como la DM. En ese contexto, el presente estudio determinó la relación entre el consumo de AUP y el riesgo de DM en familiares de personas con diabetes atendidas en el Centro de Salud Juan Pablo II, Callao, 2025.

Los hallazgos evidencian una relación positiva y significativa entre el consumo de AUP y el riesgo de DM en familiares de pacientes diabéticos, coincidiendo con Chen et al¹⁶, y Srou et al²¹, quienes reportaron que un aumento del 10% en la ingesta de AUP eleva el riesgo de DM2 en 12% y 15%, respectivamente. Por su parte, Llaverro-Valero et al²² y Mendes et al²³, confirman un efecto dosis-dependiente en el desarrollo de DM, mientras que Matos et al²⁴, destacan el papel del entorno urbano y la transición alimentaria en contextos vulnerables, situación similar a la observada en Juan Pablo II, Villa Mercedes y Sarita Colonia de la Región Callao.

Arce²⁵ reportó una correlación fuerte, entre el consumo de AUP y el riesgo de DM, con patrones de consumo similares a los observados en el presente estudio. Por su parte, Chan-Santiago²⁶ reportó que el consumo de AUP en comunidades rurales favorece la malnutrición y desplaza la producción lo-

cal. Asimismo, Taslim et al²⁷, evidenció que una mayor ingesta de AUP se asocia a un incremento significativo de IMC, la circunferencia de cintura y la masa grasa. Estos resultados confirman que los AUP, por su alta densidad energética y bajo aporte nutricional, favorecen el desequilibrio energético y el aumento de peso, siendo un factor de riesgo para presentar DM.

Según Hernández et al²⁸ y considerando el modelo de Promoción de la Salud de Nola Pender, la alta ingesta de AUP en los participantes refleja una baja percepción de beneficios, la presencia de barreras económicas y culturales y una limitada autoeficacia para adoptar hábitos saludables. Por su parte, Navarro²⁹ al basarse en la Teoría del Autocuidado de Dorothea Orem, refuerza esta interpretación, y se puede inferir que los participantes, a pesar de convivir con su familiar que tiene DM, mantienen prácticas alimenticias desfavorables, reflejando un déficit en los requisitos de autocuidado universal como es la ingesta saludable de alimentos.

Estos hallazgos sugieren la necesidad de fortalecer las intervenciones educativas nutricionales orientadas a mejorar la percepción de beneficio y la capacidad de autocuidado en el entorno familiar.

En este sentido, este estudio visibiliza a los familiares de personas con diabetes como grupo vulnerable, aportando evidencia para su inclusión en actividades preventivas y de autocuidado y orientando a políticas de salud más equitativas en zonas vulnerables como el Callao en Perú.

CONCLUSIONES

El estudio demostró que los familiares de personas con DM, en su mayoría mujeres jóvenes de contextos socioeconómicos vulnerables, presenta un alto consumo de AUP, asociado de forma positiva y significativa con el riesgo de tener la enfermedad, especialmente por la ingesta de comidas con alto contenido de azúcares, aceites, grasas, sal y aquellos listos para calentar, además de estos factores modificables se identifica la importante influencia del componente genético, ya que la DM tiene una fuerte carga hereditaria y la mayoría de los participantes presentó un riesgo que varía de ligeramente moderado a alto. Estos hallazgos indican la necesidad de implementar intervenciones nutricionales y educativas focalizadas en este grupo para reducir su vulnerabilidad metabólica y evitar complicaciones a largo plazo.

AGREDECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento a los familiares de las personas con DM que, con su tiempo y disposición, hicieron posible este estudio, así como a la DIRESA Callao, al Centro de Salud Juan Pablo II, por su valioso apoyo y apertura para el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

1. Monteiro CA, Astrup Arne. Does the concept of “ultra-processed foods” help inform dietary guidelines, beyond conventional classification systems? Debate consensus. *Am J Clin Nutr*. [Internet]. 2022; 116:1476–81. Available from: <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqac122>
2. Armenta R, Sombra FGB, Morales MH, Becerril MA, Jaime LER. Patrón de alimentación y riesgo de diabetes tipo 2 en adultos indígenas: revisión sistemática. *Rev Conjeturas Sociológicas* [Internet]. 2024;1–23. Available from: <https://goo.su/t0q4ue>
3. Marino M, Puppo F, Del Bo’ C, Vinelli V, Riso P, Porrini M, et al. A systematic review of worldwide consumption of ultra-processed foods: Findings and criticisms. *Nutrients* [Internet]. 2021; 13(2778):2–28. Available from: <https://doi.org/10.3390/nu13082778>
4. Pérez Berlanga G. Los alimentos ultraprocesados como un tema de estudio de la bioética global. *Med y Ética* [Internet]. 2023; 34(4):935-967. Available from: <https://doi.org/10.36105/mye.2023v34n4.02>
5. Schnabel L, Kesse-Guyot E, Allés B, Touvier M, Srour B, Hercberg S, et al. Association Between Ultraprocessed Food Consumption and Risk of Mortality Among Middle-aged Adults in France. *JAMA Intern Med* [Internet]. 2019;179(4):490–8. Available from: <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.7289>
6. Nardocci M, Leclerc B, Louzada M. Consumption of Ultra-Processed Foods and Obesity in Canada. *Can J Public Heal* [Internet]. 2019; 110:4–14. Available from: <https://doi.org/10.17269/s41997-018-0130-x>
7. Lobstein T, Powis J, Jackson-Leach R. *World Obesity Atlas 2024* [Internet]. London; 2024. 236 p. Available from: <https://goo.su/odwKhWn>
8. IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018: Nálise do consumo alimentar pessoal no Brasil [Internet]. Instituto Brasileiro de Geografia (IBGE), editor. IBGE. Rio de Janeiro; 2020. 125 p. Available from: <https://goo.su/JFVr1>
9. Vega-Merel AJ, Hurtado-Valverde IY, Palomino LP, Gordillo CJ, Gomez RY. Nutritional quality through three models of nutrient profiles in ultra-processed foods sold in supermarkets. *Nutr Clin y Diet Hosp* [Internet]. 2023;43(1):127–35. Available from: <https://doi.org/10.12873/431vega>
10. López-Torres Leyna, López-Alcazar Fátima. Los productos ultraprocesados: Implicancias sobre su consumo, avances y retos en América Latina para la salud pública en adultos. *Rev Chil Nutr* [Internet]. 2022;49(5):637–43. Available from: <https://doi.org/10.4067/S0717-75182022000600637>
11. Casas-CaruaJulca E, Muguruza-Sánchez LJ, Calizaya-Milla YE, Saintila J. Perception of frontal food labeling, purchase and consumption of ultra-processed foods during the COVID-19 quarantine: A cross-sectional study in the Peruvian population. *Rev Esp Nutr Humana y Diet* [Internet]. 2021;25(e1473):1–18. Available from: <https://doi.org/10.14306/renhyd.25.S2.1473>
12. Berón C, Toledo C, Koncke F, Klaczko I, Carriquiry A, Cediel G. Productos procesados y ultraprocesados y su relación con la calidad de la dieta en niños. *Pan Am J Public Heal* [Internet]. 2022;46:1-8. Available from: <https://doi.org/10.26633/RPSP.2022.67>
13. Dirección Regional de Salud - Callao. Análisis de Situación de Salud Diresa Callao 2019 [Internet]. Análisis de Situación de Salud Región Callao. Callao; 2019. Available from: <https://www.diresacallao.gob.pe/wdiresa/documentos/boletin/epidemiologia/asis/FILE0004882021.pdf>
14. Aparco JP, Cárdenas-Quintana H, Fuentes E, Gómez-Bravo CA. Cambio del gasto en alimentos ultraprocesados en agricultores familiares del área rural del Perú, comparación entre el año 2009 y 2019. *Rev Esp Nutr Hum Diet*. 2023; 27(3): 212-23. doi: <https://doi.org/10.14306/renhyd.27.3.1912>
15. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Perú: Enfermedades No Transmisibles y Transmisibles, 2021 [Internet]. 11; 2022.1–14 p. Available from: <https://goo.su/a5aAU>
16. Chen Z, Khandpur N, Drouin-Chartier JP. Ultra-Processed Food Consumption and Risk of Type 2 Diabetes: Three Large Prospective U.S. Cohort Studies. *Diabetes Care* 2023; 46:1335–1344. *Diabetes Care* [Internet]. 2023;46(7):1335–44. Available from: <https://doi.org/10.2337/dc22-1993>
17. Kim Yujin, Cho Yoonkypung, Kim Eui, Lee Dong Hoon, Oh Hannah. Ultra-Processed Food Intake and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus: A Dose-Response Meta-Analysis of Prospective Studies. *Diabetes & Metabolism Journal* [Internet]. 2025;49(7):1064–1074. Available from: <https://doi.org/10.4093/dmj.2024.0706>
18. Lindström J, Tuomilehto J. The Diabetes Risk Score: A practical tool to predict type 2 diabetes risk. *Diabetes Care* [Internet]. 2003;26(3):725–31. <https://doi.org/10.2337/diacare.26.3.725>
19. Instituto Nacional de Salud. Test de FINDRISK-Perú [Internet]. Lima: Ministerio de Salud; 2024. 1. Disponible en: <https://goo.su/hD2brV>
20. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial: Principios para la Investigación Médica con participantes humanos. *JAMA*. [Internet]. 2025;333(1):71–74. Disponible en: <https://doi.org/10.1001/jama.2024.21972>
21. Srour B, Fezeu LK, Kesse-Guyot E, Allés B, Debras C, Druet-Pecolle N, et al. Ultraprocessed Food Consumption and Risk of Type 2 Diabetes among Participants of the NutriNet-Santé Prospective Cohort. *JAMA Intern Med* [Internet]. 2019; E1–9. Available from: <https://doi.org/10.1001/jamainternmed>.
22. Llaveró-Valero M, Escalada-San Martín J, Martínez-González MA, Basterra-Gortari FJ, de la Fuente-Arrillaga C, Bes-Rastrollo M. Ultra-processed foods and type-2 diabetes risk in the SUN project: A prospective cohort study. *Clin Nutr* [Internet]. 2021;40(5): 2817–24. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2021.03.039>
23. Mendes DF, Munhoz FL, Moraes BR, Gonzales C da S, Silva dos SF. Ultra-processed food and risk of type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Int J Epidemiol* [Internet]. 2022;51(4):1120–41. Available from: <https://doi.org/10.1093/ije/dyab247>

24. Matos RA, Adams M, Sabaté J. Review: The Consumption of Ultra-Processed Foods and Non-communicable Diseases in Latin America. *Front Nutr* [Internet]. 2021;8 (March):1–10. Available from: [10.3389/fnut.2021.622714](https://doi.org/10.3389/fnut.2021.622714)
25. Arce-Abarca JR. Consumo de productos AUP y riesgo de DM2 en los habitantes de una urbanización de Lima-Perú, 2024 [Internet]. Universidad Nacional Federico Villarreal; 2024. Disponible en: <https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/9612/>
26. Chan-Santiago JM, García-Campos ML, Ramos López KM, Pool-Góngora RA, Delgado-Sandoval SC, López-Lemus HL. Consumo de alimentos ultraprocesados y autóctonos en familia mayas de escolares sobre peso u obesidad. *Sanus* [Internet]. 2024;9: e461. Disponible en: <https://doi.org/10.36789/sanusrevenf.vi20.461>
27. Taslim Nurpudji Astuti, Handayani Nevi Dwi, Arruan Wanty, Bukhari Agussalim, Faradillah Andi, Syaumi Yasmin. Dietary Patterns and Ultra Processed Foods Consumption in Modern and Traditional Populations in South Sulawesi: An Analysis of Nutritional Status and Body Composition. *Nutr Clin y Diet Hosp* [Internet]. 2023;43(1):90-8. Available from: <https://doi.org/10.12873/431handayani>
28. Hernández Naranjo Y, Concepción Pacheco J, Rodríguez Larreynaga M. La teoría Déficit de autocuidado: Dorothea Elizabeth Orem. *Gac Médica Espirituana* [Internet]. 2017;19(3):1–11. Available from: <https://goo.su/1cojzks>
29. Navarro-Rodríguez DC, Guevara-Valtier MC, Paz-Morales M. Análisis y Evaluación del Modelo de Promoción de la Salud. *Temperamentvm* [Internet]. 2023;19(e14224):1–7. Available from: <https://dx.doi.org/10.58807/tmptvm20235777>

The effect of giving breadfulness leaf drink on *High Density Lipoprotein* (HDL) in type 2 diabetes mellitus

Muhammad Hisyam MUSTAMIN¹, Nurhaedar JAFAR², Anna KHUZAIMAH²

¹ Magister Student of Nutrition Science Program Study, Faculty of Public Health, Hasanuddin University.

² Department of Nutrition Science, Faculty of Public Health, Hasanuddin University.

Recibido: 11/septiembre/2025. Aceptado: 13/noviembre/2025.

ABSTRACT

Background: Diabetes is one of the leading causes of death and affects many people regardless of country, age group, and gender. According to Riskesdas data, the prevalence of diabetes mellitus is increasing every year, so efforts are needed to address this issue. Breadfruit leaves contain antioxidant compounds that can improve lipid dysfunction. This study aims to assess the effect of breadfruit leaf drink on *High Density Lipoprotein* (HDL) levels in diabetes mellitus cases.

Method: This study was a *quasi-experimental* study with a randomized *pretest-posttest* design with a control group. Two treatment groups were used: the intervention group and the control group. Total sample size was 40 people. The variable in this study was *High-Density Lipoprotein* (HDL). The intervention group was given breadfruit leaf drink with cinnamon and education, while the control group was only given education. The intervention was carried out for 30 days. Data were analysed using the *paired t-test* and *Wilcoxon Rank Test*.

Results: The results of HDL level analysis in the intervention group were 47,95 *pretest* and 5868 *posttest* (*p value* = 0,003), while in the control group they were 47,19 *pretest* and 52,24 *posttest* (*p value* = 0,013).

Conclusion: Breadfruit leaf and cinnamon drink was associated with increased HDL levels, but these changes were not significantly greater than those in the control group. The observed improvements may be partly due to lifestyle education or dietary modifications.

KEYWORDS

Artocarpus altilis, lipid metabolism, glycemic control.

INTRODUCTION

Diabetes mellitus (DM) is a progressive metabolic disorder that develops on the basis of insulin resistance and decreased insulin secretion, which can lead to chronic hyperglycaemia¹. Diabetes is one of the leading causes of increased mortality and disability worldwide, affecting many people regardless of country, age group, or gender². The two most common types of diabetes are type 1 diabetes mellitus and type 2 diabetes mellitus³. Type 2 diabetes impairs weight loss in those with excess fat. The mechanisms underlying this common clinical finding are multifactorial. These factors include energy conservation due to improved blood glucose control and reduced glucosuria, and hyperinsulinemia commonly found in patients with type 2 diabetes mellitus⁴.

Type 2 diabetes mellitus is a condition characterised by hyperglycaemia and metabolic disorders that interfere with the healing process of bone and skin tissue⁵. The causes of metabolic disorders in type 2 diabetes mellitus are attributed to various factors. Individuals with diabetes mellitus have a twofold higher risk of developing heart disease compared to those without diabetes mellitus⁶.

Metabolic disorders associated with diabetes primarily affect tissues such as adipose tissue, skeletal muscle, and the liver due to insulin resistance⁷. Impaired insulin secretion and elevated blood glucose levels (hyperglycemia) are major risk factors for macrovascular complications in both diabetic and non-diabetic individuals. Insulin resistance occurs when the body experiences prolonged energy overload. Ectopic lipid accumulation in the liver and skeletal muscle triggers the activation of signaling pathways that inhibit in-

Correspondencia:

Muhammad Hisyam Mustamin
muhhsyamx@gmail.com

sulin action. This leads to a decrease in the muscle's ability to take up glucose and a decrease in the process of glycogen formation in the liver⁸.

One factor that plays a role in CHD in type 2 DM is dyslipidaemia. The most common dyslipidaemia found in type 2 DM is an increase in TG levels and a decrease in HDL levels (ZA et al., 2022). In people with DM, HDL often experiences dysfunction characterised by changes in lipid composition that interfere with its normal function. HDL dysfunction causes the accumulation of cholesterol-filled macrophages and increases atherosclerosis, which is a major risk factor for cardiovascular disease⁹. HDL acts in the body as an antiatherogenic, anti-inflammatory, antioxidant, and antithrombotic agent. One type of lipid profile is considered positive because HDL is able to transport bad cholesterol from the endothelium within blood vessels¹⁰.

Herbal plants play a crucial role in the treatment of diabetes mellitus because they are known to have strong anti-diabetic properties without harmful side effects¹¹. One plant that is often used by the community is the breadfruit plant. The breadfruit plant is widely used by the community as an herbal medicine because it is believed to cure various diseases¹². Breadfruit leaves (*Artocarpus altilis*) are one of the traditional medicines that are widely known to the Indonesian people. Flavonoids, hydrocyanic acid, acetylcholine, tannins, riboflavin, saponins, phenols, quercetin, kaempferol, and potassium are the chemical compounds in breadfruit leaves that are effective as medicine for diseases such as kidney, heart, liver, enlarged spleen, diabetes, and cancer¹³.

A study aimed at determining the effectiveness of breadfruit leaves in lowering blood sugar levels in type 2 diabetic rats¹⁴. Ethanol extract of breadfruit leaves has the ability to lower blood sugar or antihyperglycaemic activity. At a dose of 400 mg/kgBW, blood sugar levels decreased more rapidly and significantly. A similar study¹⁵ suggested that breadfruit leaves have an impact on pancreatic repair. Administration of 400 mg/kg of breadfruit leaf extract has the potential to reduce pancreatic damage. This protection is due to the antioxidant activity of breadfruit leaves, which can promote better insulin secretion.

Every year, the prevalence of diabetes mellitus continues to increase based on data presented by Riskesdas, so efforts or measures are needed to address this problem. Based on this description, the researchers were interested in conducting further research to determine the effect of breadfruit leaf drink on HDL in patients with diabetes mellitus.

MATERIALS AND METHODS

Research Design

This study was a quasi-experimental study with a randomized pretest-posttest design with a control group. Two treatment groups were used: the intervention group and the con-

trol group. HDL levels were first measured, followed by the treatment for 30 days. After 30 days, HDL levels were re-measured in both groups. HDL levels were measured by drawing venous blood from the Kimia Farma Laboratory using a Roche C303 instrument.

This study also used a Single Blind design where participants did not know whether they were in the "treatment group" or the "control group". The beverage composition consisted of 2 grams of dried breadfruit leaves and 1 gram of cinnamon powder, with the preparation process following herbal drink preparation method described by Zainuddinnur¹⁶. The intervention involved providing the sample with a herbal tea drink, along with a control card, which was filled out upon consumption. The drink was consumed once daily by brewing it with warm water approximately four hours after taking diabetes medication. Monitoring was conducted on the sample, with documentation of the preparation and consumption of the breadfruit leaves and cinnamon supplement.

In the pretest, HDL levels were examined, followed by a knowledge questionnaire on diabetes mellitus using the Guttman Scale and a medication adherence questionnaire using the MMAS-8. A 24-hour food recall was conducted on the sample for three days to determine their dietary intake. During the intervention, the sample was given a leaflet standardized by the Indonesian Ministry of Health regarding diabetes mellitus, and in the post-test, HDL levels, knowledge, medication adherence, and dietary intake were remeasured.

Study Population

The study population was patients with type 2 diabetes mellitus in the working area of Sudiang Community Health Center and Sudiang Raya Community Health Center. The sample size calculation was 14 people by adding a 30% dropout rate, so the number of samples needed was 21 people for the intervention group and 21 people for the control group. The total sample was 42 people with type 2 diabetes mellitus. The inclusion criteria were samples aged 45-65 years with a duration of diabetes <4 years, no allergy to breadfruit leaves, taking oral medication, willing to consume breadfruit leaf drinks every day for 30 days. The exclusion criteria were pregnancy, being seriously ill, having complicated diseases and not willing to be a sample. The method of recruiting samples was by taking data from the population, namely Type 2 DM patients at the Community Health Center and then selecting patients who fit the inclusion criteria. Respondents who met the inclusion criteria were randomly divided into two groups, with simple random sampling, namely respondents chose papers that had been coded A and B by the researcher, by rolling the papers into a container and shuffling them, then the respondents took one of the papers at random and then gave the paper back to the research student. So that respondents will be divided into 2 groups, namely group A for intervention and group B for control.

Statistical Analysis

Data processing was performed using SPSS 21 computer software to analyse data using univariate, bivariate and multivariate tests. Univariate tests were performed on each variable to obtain an overview of the distribution of respondents. Bivariate tests were performed by comparing the results of HDL level tests before and after the intervention using paired t-tests and Wilcoxon signed-rank tests, as well as independent t-tests and Mann-Whitney tests to examine the treatment between groups. The data obtained was then presented in tables and graphs accompanied by narration.

Univariate analysis was conducted to examine respondent characteristics by calculating the mean and standard deviation. The analysed data were presented in tables or graphs. Bivariate analysis was performed to test hypotheses that would lead to correct and accurate conclusions. The confidence level in this study was 95% and the significance level (α) was 0,5. The first analysis is a data normality test using the *Shapiro-Wilk* test, followed by a *chi-square* test, then a T-test or Wilcoxon test to see the pre-post value changes in each group, and an independent T-test and *Mann Whitney* test to see the comparison of post-test values between groups on HDL levels before and after intervention.

Ethical Approval

This study received approval from the Ethics Committee of Universitas Hasanuddin (No. 1471/ UN4.14.1/TP.01.01/2025). All data collection procedures adhered to the Helsinki Declaration. Each interviewee signed an informed consent form approved by the ethics committee. Respondents signed the informed consent form after the Enumerator had read the Explanation Consent Form (PSP) carefully.

RESULT

The respondents in this study were patients diagnosed with DM for <4 years and taking oral DM medication and aged 35-65 years. The total sample size was 42 people, divided into two groups: 21 in the intervention group and 21 in the control group. They met the exclusion and inclusion criteria, but during the research process, two participants in the intervention group *dropped out* because they experienced changes in coughing and shortness of breath during the intervention period. Therefore, on the advice of the community health centre doctor, they stopped consuming the breadfruit leaf and cinnamon drink until their condition improved.

The results of the study show the characteristics of respondents based on age groups, with the majority of respon-

Table 1. Sample Characteristics

Variable	Intervention		Control		Total	P Value
	n (19)	%	n (21)	%		
Age (Years)						
36-45	3	15,8	6	26,8	9	0,543
46-55	9	47,4	7	33,3	16	
56-65	7	36,8	8	38,1	15	
Total	19	100	21	100	40	
Gender						
Female	17	89,5	17	81,0	36	0,451
Male	2	10,5	4	19,0	6	
Total	19	100	21	100	40	
Education						
Primary	3	15,8	4	19,0	7	0,821
Junior High School	5	26,3	4	19,0	9	
High School	9	47,4	12	57,1	21	
Bachelor	2	10,5	1	4,8	3	
Total	19	100	21	100	40	

Table 1 continuation. Sample Characteristics

Variable	Intervention		Control		Total	P Value
	n (19)	%	n (21)	%		
Occupation						
Housewife	14	71,7	13	61,9	27	0,585
Civil Servants/Military/Police	2	10,5	4	19,0	6	
Self-employed	1	5,3	3	14,3	4	
Labour	2	10,5	1	4,8	3	
Total	19	100	21	100	40	
Duration of diabetes						
1-2 years	4	21,2	6	28,6	10	0,583
3-4 years	15	78,9	15	71,4	30	
Total	19	100	21	100	40	
BMI						
Underweight	2	10,5	3	14,3	5	0,939
Normal	10	52,6	9	42,9	19	
Overweight	4	21,1	5	23,8	9	
Obesity	3	15,8	4	19,0	7	
Total	19	100	21	100	40	
Adherence to Diabetes Medication						
Low	8	42,1	6	28,6	14	0,412
Moderate	6	31,6	11	52,4	17	
Height	5	26,3	4	19,0	9	
Total	19	100	21	100	40	

dents aged 46-55 years in the intervention group (47,4%) and 56-65 years in the control group (38,1%). The majority were female, with 89,5% in the intervention group and 81% in the control group. The majority of respondents had a high school education, with 47,4% in the intervention group and 57,1% in the control group. The most common occupation was housewife, with 71,7% in the intervention group and 61,9% in the control group. Most respondents had experienced DM for 3-4 years, in the intervention group (78,9%) and the control group (71,4%). Most respondents had a normal BMI, in the intervention group (52,6%) and the control group (42,9%). The *Chi-Square* test results showed that there were no significant differences between the intervention group and the control group for each variable, or that the baseline data was homogeneous, with P values of 0,543, 0,451, 0,585, 0,583, and 0,939, respectively.

The mean HDL variable in the intervention group was 47,95 mg/dL, increasing to 58,68 mg/dL (p value = 0,003), while in the control group, the pre-posttest result was 47,19 mg/dL, increasing to 54,24 mg/dL (p value = 0,013). The change in HDL results (Δ) in the intervention group increased by 10,74 mg/dL, while in the control group it increased by 8,14 mg/dL (p value = 0,506). Although both groups showed a significant increase in HDL levels after the intervention, the between-group difference in Δ HDL was not statistically significant (p=0,506).

In Table 3, the mean knowledge variable of the intervention group pre-posttest was 22,47 to 23,89 with a value (p value = 0,012), while in the control group the results obtained were 20,67 to 22,10 (p value = 0,005).

In Table 3, the mean score for medication adherence in the intervention group increased from 5,74 to 6,68 (p value = 0,010),

Table 2. Differences in HDL Levels Before and After Intervention

HDL	Before	After	P Value	Δ
	(mean + SD)	(mean + SD)		
Intervention (n=19)	47,95 ± 15,87	58,68 ± 14,95	0,00*	10,74 ± 13,32
Control (n=21)	47,19 ± 10,95	52,24 ± 10,19	0,013*	8,14 ± 11,01
P Value	0,860****	0,036****		0,506***

*Uji T Berpasangan, ***Uji T Independen.

Table 3. Differences in Knowledge, Compliance with DM Medication, dietary intake Before and After Intervention

Variable	Before	After	P Value
	(mean + SD)	(mean + SD)	
Knowledge			
Intervention (n=19)	22,47 ± 3,23	23,89 ± 3,619	0,012*
Control (n=21)	20,67 ± 3,46	22,10 ± 3,223	0,005*
P Value	0,098***	0,104***	
Compliance			
Intervention (n=19)	5,74 ± 1,996	6.68 ± 1,493	0,010**
Control (n=21)	6,10 ± 1,814	6.43 ± 1,720	0,144**
P Value	0,581****	0,705****	
Intake			
Energy			
Intervention (n=19)	2485,8 ± 451,10	2393,2 ± 448.52	0,039*
Control (n=21)	2381,9 ± 633,38	2556,8 ± 554.08	0,068**
P Value	0,297****	0,297****	
Protein			
Intervention (n=19)	104,58 ± 18,23	109,32 ± 18,59	0,257*
Control (n=21)	86,52 ± 18,14	100,81 ± 26,55	0,054**
P Value	0,003***	0,136***	
Fat			
Intervention (n=19)	50,21 ± 37,48	50,32 ± 39,79	0,711**
Control (n=21)	76,81 ± 32,70	78,38 ± 28,42	0,743*
P Value	0,007****	0,003****	

*Uji T Berpasang. **Uji Wilcoxon. ***Uji T Independen. ****Uji Mann Whitneyy.

Table 3 continuation. Differences in Knowledge, Compliance with DM Medication, dietary intake Before and After Intervention

Variable	Before	After	P Value
	(mean + SD)	(mean + SD)	
Carbohydrates			
Intervention (n=19)	414,37 ± 70,52	378,37 ± 77,83	0,02*
Control (n=21)	317,76 ± 85,54	344,38 ± 111,25	0,198**
P Value	0,000****	0,275****	
Fibre			
Intervention (n=19)	11,37 ± 3,27	10,79 ± 3,80	0,58*
Control (n=21)	8,62 ± 3,50	10,81 ± 9,19	0,060**
P Value	0,003****	0,190****	

*Uji T Berpasang. **Uji Wilcoxon. ***Uji T Independen. ****Uji Mann Whitney.

while in the control group, the mean score increased from 6,10 to 6,43 (p value = 0,144). It can be concluded that there was a significant change in the intervention group with a p-value of 0,010 but no significant change in the control group.

Based on the intake, there were significant differences in intake in the *pre-posttest* intervention group, namely the carbohydrate variable with a value of 0,02 and energy 0,039. Therefore, it can be concluded that there were differences before and after the intervention in the variables of energy and carbohydrate intake ($p = <0,5$), but there were no significant changes in the other variables.

DISCUSSION

The main variables in this study were fasting blood glucose and *High-Density Lipoprotein* (HDL) in outpatients with diabetes mellitus, with diagnoses categorised according to PERKENI¹⁷. Body Mass Index (BMI) was measured using anthropometric tools, and a 24-hour recall was conducted three times *pre- and post-test* to measure dietary intake. Knowledge and medication adherence indicators were assessed using a previously validated and structured questionnaire.

In this study, the sample of DM patients consisted mostly of women aged 46-55 years. One of the factors contributing to diabetes mellitus is age, with many type 2 diabetes mellitus patients being over 45 years old due to the decrease in the number of productive β cells with increasing age¹⁸. Furthermore, as women age, they become more prone to obesity than men.

The average education level in the sample was senior high school (SMA) for 47,4% of the intervention group and 51,1%

of the control group. This is in line with research by Adhania¹⁹. This study found that most respondents were early elderly (46-55 years old), with a high school/equivalent educational background (38,7%), namely 43 people. The majority of the sample's occupation in this study was housewife, both in the intervention and control groups. This is consistent with Adnan's study²⁰, which found that the majority of the sample were housewives, numbering 22 people (59,5%).

Medication adherence among the intervention group remained low (42,1%), while the control group showed moderate adherence (52,4%). This is in line with the results of a study conducted by Mokolomban²¹, which showed that the majority of respondents' medication adherence was in the non-compliant category, namely 28 respondents (62,22%).

In the HDL variable, the intervention group had a pretest score of 47,95 and a posttest score of 58,68 with a p-value of 0,003 ($p < 0,5$), while in the control group, the pretest result was 47,19 and the posttest result was 54,24 with a p-value of 0,013 ($p < 0,5$), indicating a significant increase in both the intervention and control groups. The average increase in HDL in the intervention group was 10,74 mg/dL, while in the control group it was 8,14 mg/dL. However, based on the between-group difference test, a p-value of 0,506 ($p > 0,5$) was obtained, indicating that there was no significant difference between the increase in HDL levels in the two groups. These results show that although both groups experienced an increase in HDL, the difference in the increase was not large enough to be considered statistically significant.

The flavonoid content in breadfruit leaf extract has an anti-cholesterol effect on triglyceride, total cholesterol and LDL levels in the blood. The mechanism of action is through in-

creased lipoprotein lipase enzyme activity, which accelerates the hydrolysis of triglycerides and inhibits lipogenic enzymes so that triglycerides are not formed²². The results of this study are in line with previous research that examined the effect of breadfruit leaf ethanol extract (*Artocarpus altilis* (Parkinson ex F.A. Zorn) Fosberg) on LDL (*low-density lipoprotein*) levels in male hypercholesterolemic white mice by Tandi²³. The results of this study indicate that breadfruit leaf ethanol extract has an effect on reducing LDL levels in white mice.

Flavonoids can lower blood glucose levels through their antioxidant properties, which protect β cells (insulin producers) from damage and increase insulin sensitivity. Another mechanism by which flavonoids act as antidiabetics is their ability to inhibit GLUT 2 (*Glucose Transporter type 2*), which is the major glucose transporter in the intestine. Inhibition of GLUT 2 leads to a decrease in blood glucose levels. Flavonoids can also inhibit phosphodiesterase, thereby increasing cAMP in pancreatic beta cells. Increased cAMP stimulates the release of protein kinase, which in turn stimulates insulin secretion, leading to increased insulin production and reduced blood glucose levels²⁴.

The phytochemical test results of dried breadfruit leaf (*Artocarpus altilis*) methanol extract contain flavonoids, tannins, phenolics and saponins. Flavonoids are a group with low molecular weight based on a 2-phenylchromone nucleus, which is biosynthesised from acetyl/phenylalanine derivatives using the shikimate pathway. Traditionally, flavonoids are classified by their degree of oxidation, C-ring annularity, and ring position linkage. Flavones and flavonols contain the largest number of compounds, representing a small fraction of flavonoids, namely the 2-benzo- γ -pyron category. Quercetin, a flavonol, for example, has been studied the most. Flavanones and flavanonols have saturated C bonds and are often found alongside flavones and flavonols in plants. Isoflavones, such as daidzein, are 3-phenylchromone compounds. As the main precursor in flavonoid biosynthesis, chalcones are the ring-opening isomers of dihydroflavones, responsible for the colouration of plants²⁵.

Saponins and flavonoids can increase HDL levels and decrease LDL and VLDL (Very Low Density Lipoprotein) levels in rats by inhibiting cholesterol solubility, thereby reducing cholesterol absorption²⁶. Based on preclinical studies conducted by Millar²⁷ using cell cultures and rodent models, it appears that dietary flavonoids affect several HDL functions beyond simple HDL cholesterol content, such as cholesterol efflux and antioxidant capacity.

Significant differences before and after the intervention in this study may also be due to increased knowledge and adherence to DM medication. Based on the knowledge of the intervention group sample, the pretest (mean) was 22,47 and the posttest (mean) was 23,89 with a p-value of 0,012, indi-

cating a change in knowledge before and after the intervention. A similar pattern was observed in the control group, with a mean score of 20,67 on the pretest and 22,10 on the posttest, with a p-value of 0,005, indicating an increase in knowledge before and after the intervention.

Knowledge in managing DM plays an important role because a low level of knowledge can affect a person's lifestyle changes and influence their health. This level of knowledge can shape a person's lifestyle, especially in preventing, recognising, and managing their DM. According to Notoadmodjo²⁸, a high level of knowledge will improve a person's well-being by enabling them to carry out appropriate care according to their own condition.

Medication adherence is also one of the factors in the incidence of diabetes mellitus. Based on this study, the results of the pretest for the intervention group (mean) were 5,74 and after the posttest 6,68 with a p-value of 0,010, which means that there was a significant change in the intervention group before and after the intervention. Medication adherence is the level of individual participation in following instructions related to prescriptions and restrictions appropriately and done of their own accord. Adherence to the community health centre programme is the patient's action of carrying out all recommendations, orders and restrictions suggested by community health centre staff to help accelerate the patient's recovery process. The level of patient adherence to medication is one of the factors that determines the success of diabetes mellitus therapy.

Changes were also observed in the pretest and posttest samples for the dietary intake variable. Changes occurred in the energy and carbohydrate variables in the intervention group before and after the intervention. The American Diabetes Association 2018 recommends a calorie intake of 1500-1800 kcal for people with diabetes mellitus. Nutritional intake is directly related to controlling blood glucose levels, which come from daily foods containing nutrients such as carbohydrates, proteins, and fats. In the body, the metabolic process of insulin is important in bringing glucose into cells to be used as fuel. The pancreas secretes insulin in individuals with type 2 diabetes mellitus, where insulin secretion may be excessive, insufficient, or normal. However, a reduction in insulin receptors on the cell surface makes it difficult or impossible for glucose to enter the cells, preventing it from being converted into energy²⁹.

Changes were also observed in the dietary intake variables in the pretest and posttest samples. Based on the dietary intake table for the intervention group, there were changes in the energy and carbohydrate variables before and after the intervention. In the pretest, energy intake (mean) was 2485,8 and after the posttest (mean) was 2392,2 with a p-value of 0,039. This is in line with research Yuliantini³⁰, which shows that the higher the energy intake, the higher the total chole-

terol/HDL levels. The correlation between energy intake and the total cholesterol/HDL ratio obtained a probability value of 0,000 ($<0,5$), which means that the relationship between energy intake and the total cholesterol/HDL ratio is significant.

The role of blood glucose levels in affecting HDL levels in type 2 diabetes mellitus patients is due to changes in fat metabolism caused by decreased insulin function (insulin resistance). Insulin resistance in type 2 diabetes mellitus patients can cause hormone-sensitive lipase in adipose tissue to become active, thereby increasing triglyceride lipolysis in adipose tissue and producing excess free fatty acids. In the liver, free fatty acids are converted back into triglycerides and become part of VLDL, resulting in triglyceride-rich VLDL. Triglyceride-rich VLDL is exchanged with cholesterol esters from HDL, producing triglyceride-rich HDL but poor in cholesterol esters. This form of HDL cholesterol is more easily catabolised by the kidneys, resulting in a decrease in serum HDL levels.

Limitations in the study were due to the fact that the samples had different schedules, so visits to their homes were arranged to suit their availability. There was a lack of samples participating in the prolanis activity, so monitoring was carried out through direct visits.

CONCLUSION

Breadfruit leaf and cinnamon drink was associated with increased HDL levels, but these changes were not significantly greater than those in the control group. The observed improvements may be partly due to lifestyle education or dietary modifications.

This research can be a reference for other research to determine the effect of breadfruit leaves on diabetes mellitus by examining other variables.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank our supervisor for his considerable assistance in this research process.

REFERENCES

1. Dal Canto E, Ceriello A, Rydén L, Ferrini M, Hansen TB, Schnell O, et al. Diabetes as a cardiovascular risk factor: An overview of global trends of macro and micro vascular complications. *Eur J Prev Cardiol*. 2019 Dec 1;26(2_suppl):25–32.
2. Ong KL, Stafford LK, McLaughlin SA, Boyko EJ, Vollset SE, Smith AE, et al. Global, regional, and national burden of diabetes from 1990 to 2021, with projections of prevalence to 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*. 2023 Jul 15;402(10397):203–34.
3. Luo J, Ning T, Li X, Jiang T, Tan S, Ma D. Targeting IL-12 family cytokines: A potential strategy for type 1 and type 2 diabetes mellitus. Vol. 170, *Biomedicine and Pharmacotherapy*. Elsevier Masson s.r.l.; 2024.
4. Bays HE. Why does type 2 diabetes mellitus impair weight reduction in patients with obesity? A review. *Obesity Pillars*. 2023 Sep;7:100076.
5. Tevlin R, Seo EY, Marecic O, McArdle A, Tong X, Zimdahl B, et al. Pharmacological rescue of diabetic skeletal stem cell niches. *Sci Transl Med*. 2017 Jan 11;9(372).
6. Lathifah NL. Hubungan Durasi Penyakit dan Kadar Gula Darah Dengan Keluhan Subyektif Penderita Diabetes Melitus. 2017; 5:231–9.
7. Rossi MC, Nicolucci A, Ozzello A, Gentile S, Agliatoro A, Chiambretti A, et al. Impact of severe and symptomatic hypoglycemia on quality of life and fear of hypoglycemia in type 1 and type 2 diabetes. Results of the Hypos-1 observational study. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*. 2019 Jul; 29(7):736–43.
8. Ebrahimi F, Sahebkar A, Aryaeian N, Pahlavani N, Fallah S, Moradi N, et al. Effects Of Saffron Supplementation On Inflammation And Metabolic Responses In Type 2 Diabetic Patients: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial. *Diabetes Metab Syndr Obes*. 2019 Oct;Volume 12:2107–15.
9. Femlak M, Gluba-Brzózka A, Ciałkowska-Rysz A, Rysz J. The role and function of HDL in patients with diabetes mellitus and the related cardiovascular risk. *Lipids Health Dis*. 2017 Dec 30;16(1):207.
10. Rafsanjani MS, Asriati A, Kholidha AN, Alifariki LO. Hubungan Kadar High Density Lipoprotein (HDL) Dengan Kejadian Hipertensi. *Jurnal Profesi Medika: Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*. 2019 Dec 23;13(2).
11. Bindu Jacob, Narendhirakannan R.T. Role of medicinal plants in the management of diabetes mellitus: a review. *3 Biotech*. 2019 Jan 12;9(1):4.
12. Lengkey YK. Uji Aktivitas Antidiabetes Infus Daun Sukun (*Artocarpus altilis*) Pada Tikus Putih (*Rattus norvegicus*) Yang Diinduksi Aloksan. *Majalah Info Sains*. 2022;2022(1):7–14.
13. Silalahi M. Pemanfaatan Sukun (*Artocarpus altilis*) Sebagai Obat Tradisional dan Bahan Pangan Alternatif. Vol. 4. 2021.
14. Merliana Anna, Islamiyati Ricka. Uji Aktivitas Antidiabetes Ekstrak Etanol Daun Sukun (*Artocarpus Altilis*) Pada Tikus Diabetes Tipe II Yang Di Induksi Fruktosa [Internet]. 2017. Available from: www.stikescendekiautamakudus.ac.id
15. Sari DRAP, Ahmad FF, Djabir YY, Yulianty R. Breadfruit Leaves Extract (*Artocarpus Altilis*) Effect On Pancreatic Damage In Diabetic Type II Animal Model Induced By Alloxan–Nicotinamide. *Medicina Clinica Practica*. 2020 Jun 1;3.
16. Zainuddinnur M, Meldayanoor M, Nuryati N. PROSES PEMBUATAN TEH HERBAL DAUN SUKUN DENGAN OPTIMASI PROSES PENGERINGAN DAN PENAMBAHAN BUBUK KAYU MANIS DAN CENGKEH. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*. 2017 Mar 8;3(1).
17. PERKENI. Konsensus Pengelolaan dan Pencegahan Diabetes Melitus Tipe 2 Di Indonesia. Jakarta; 2015.
18. Mahfudzoh B, Yunus M, Ratih S. Hubungan Antara Faktor Risiko Diabetes Melitus yang Dapat Diubah Dengan Kejadian DM Tipe 2 di Puskesmas Janti Kota Malang. *Sport Science and Health*. 2019;1(1).

19. Adhania F, Hasneli N Y, Damanik SRH. Literasi Kesehatan dengan Pemantauan Glukosa Darah Mandiri Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2. *Surya Medika: Jurnal Ilmiah Ilmu Keperawatan dan Ilmu Kesehatan Masyarakat*. 2024 Oct 25;19(3):199–207.
20. Miftahul A, Tatik M, Joko T. Hubungan Indeks Massa Tubuh (IMT) Dengan Kadar Gula Darah Penderita Diabetes Mellitus (DM) Tipe 2 Rawat Jalan Di RS Tugurejo Semarang. *Gizi*. 2013;2(1).
21. Mokolomban C, Wiyono W, Deby. KEPATUHAN MINUM OBAT PADA PASIEN DIABETES MELITUS TIPE 2 DISERTAI HIPERTENSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE MMAS-8. *Jurnal Ilmiah Pharmacon*. 2018;7.
22. Mohebbi A, Khaki Z, Asadi F, Pourkabir M, Modirsanei M. Effect of Mulberry (*Morus alba* L.) Leaves Extract on the Secretion and Content of Triglyceride in the Chicken Hepatocytes Primary Culture. *International Journal of Pharmacology*. 2006 Dec 15; 3(1):116–9.
23. Tandj J, Rizky M, Mariani R, Alan F. Uji Efek Ekstrak Etanol Daun Sukun (*Artocarpus altilis* (Parkinson Ex F.A.Zorn) Terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah, Kolesterol Total Dan Gambaran Histopatologi Pankreas Tikus Putih Jantan (*Rattus norvegicus*) Hiperkolesterolemia-Diabetes. *Jurnal Sains dan Kesehatan*. 2017 Dec 31;1(8):384–96.
24. Song J, Kwon O, Chen S, Daruwala R, Eck P, Park JB, et al. Flavonoid Inhibition of Sodium-dependent Vitamin C Transporter 1 (SVCT1) and Glucose Transporter Isoform 2 (GLUT2), Intestinal Transporters for Vitamin C and Glucose. *Journal of Biological Chemistry*. 2002 May;277(18):15252–60.
25. Arifin B, Ibrahim S. Struktur, Bioaktivitas dan Antioksidasi dan Flavonoid. *Jurnal Zarah*. 2018 Apr 1;6(1):21–9.
26. Ogbuehi I, Adikwu E, Oputiri D. Effect of *Acalypha wilkesiana* MuellArg Leaf Extract on the Oxidative Indices, Liver Enzymes and Liver Integrity of Rats Infected with *Plasmodium berghei*. *British Journal of Pharmacology and Toxicology*. 2014 Apr 20; 5(2):68–74.
27. Millar CL, Duclos Q, Blesso CN. Effects of Dietary Flavonoids on Reverse Cholesterol Transport, HDL Metabolism, and HDL function. *Advances in Nutrition*. 2017 Mar;8(2):226–39.
28. Notoatmodjo S. *Metodologi Penelitian Kesehatan*. Jakarta: Rineka Cipta; 2010.
29. Agustina M. CORRELATION BETWEEN DIETARY PATTERN OF PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS AND BLOOD SUGAR LEVEL. *Proceedings of the International Conference on Applied Science and Health*. 2017;331–6.
30. Yuliantini E, Sari AP, Nur E. HUBUNGAN ASUPAN ENERGI, LEMAK DAN SERAT DENGAN RASIO KADAR KOLESTEROL TOTAL-HDL. *Penelitian Gizi dan Makanan (The Journal of Nutrition and Food Research)*. 2016 Sep 28;38(2).

Evaluation the effect of different concentrations of liquid rennet on total acid, viability of lactic acid bacteria, physicochemical and organoleptic properties of goat milk mozzarella cheese

Nadia MAHARANI¹, Dewiarum SARI², Andi Eka YUNianto³

1 Animal Husbandry Study Program, Faculty of Agriculture, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.

2 Department Livestock Processing Technology, Politeknik Negeri Banyuwangi, Banyuwangi, Indonesia.

3 Nutrition Study Program, Faculty of Medicine, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.

Recibido: 27/octubre/2025. Aceptado: 13/noviembre/2025.

ABSTRACT

Background: Goat milk has been recognized as a potential substitute for cow milk due to its high digestibility and rich nutritional composition. However, its short shelf life limits its utilization. Transforming goat milk into mozzarella cheese offers an alternative to extend its stability while enhancing its functional properties. This study aimed to evaluate the effect of different liquid rennet concentrations on the total acidity, lactic acid bacteria (LAB) viability, physicochemical, and organoleptic characteristics of goat milk mozzarella cheese.

Methods: The experiment used a Completely Randomized Design (CRD) with three rennet concentrations (P1: 120 ppm, P2: 180 ppm, and P3: 240 ppm) and six replications. The parameters analyzed included total acid, LAB count, yield, pH, protein content, elongation, texture, and sensory attributes (color, aroma, texture, taste). Data were analyzed by ANOVA followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) for significant differences ($P < 0.05$).

Results: Increasing liquid rennet concentration significantly enhanced total acid (0.185–0.275%), LAB viability (6.30×10^4 – 21.00×10^4 CFU/g), yield (7.423–8.777%), elongation (35.83–39.17 cm), protein content (32.33–35.74%), and texture. Sensory evaluation showed that texture and taste improved significantly at higher rennet levels,

while color and aroma remained unaffected. The highest overall quality was achieved at 240 ppm liquid rennet.

Conclusion: Liquid rennet concentration plays a crucial role in determining the physicochemical and sensory properties of goat milk mozzarella cheese. A concentration of 240 ppm produced the best balance between microbial viability, composition, and sensory acceptance, suggesting its suitability for commercial cheese production.

KEYWORDS

Goat milk, liquid rennet, mozzarella cheese, fermentation, functional food

INTRODUCTION

Goat milk has attracted increasing attention as a functional alternative to cow milk due to its superior digestibility, smaller fat globules, and higher proportions of short- and medium-chain fatty acids. It also contains lower levels of α s1-casein, which reduces allergenicity and makes it suitable for individuals with mild dairy sensitivities¹. However, despite these nutritional advantages, goat milk is highly perishable and susceptible to microbial spoilage because of its rich nutrient profile. This short shelf life limits its economic potential and availability in regions with limited cold-chain infrastructure. Therefore, transforming goat milk into value-added products with extended shelf life and improved functionality is essential to enhance its utilization and market competitiveness^{2,3}.

Among various goat milk derivatives such as yogurt, kefir, and fermented drinks, cheese offers distinctive advantages,

Correspondencia:

Nadia Maharani
nadia68@fp.unila.ac.id

including higher nutrient retention, protein concentration, better preservation stability, and broader culinary applications^{4,5}. Particularly, mozzarella cheese is a fresh, high-moisture, non-aged cheese with unique stretchability, mild flavor, and excellent consumer acceptance, making it highly demanded by the modern food industry^{6–8}. The development of goat milk mozzarella not only enhances the commercial value of goat milk but also supports small-scale dairy enterprises by reducing milk waste and increasing product diversity⁹.

The rennet-induced coagulation process plays a crucial role in determining the structure, yield, and textural attributes of cheese¹⁰. Variations in enzyme concentration, type, and activity directly affect curd formation, moisture retention, and microbial growth¹¹. While previous studies have examined the use of different types of rennet (animal, plant, or microbial) in cheese manufacturing, most have focused on cow milk⁶. Research on goat milk mozzarella remains limited, especially regarding the effect of varying liquid rennet concentrations on microbiological (LAB viability), physicochemical (yield, protein, moisture, elongation), and sensory properties¹².

This limitation presents a significant research gap: the optimal concentration of liquid rennet for goat milk mozzarella production has not been well established. Existing studies tend to emphasize rennet source or pH treatment, while the influence of rennet dosage on balancing microbial viability, acidity, and sensory quality in goat milk cheese is underexplored¹³. Addressing this gap is urgent, not only to improve cheese-making efficiency and product standardization for artisanal producers but also to support halal-certified, safe, and sustainable dairy innovation.

Therefore, this study aims to evaluate the effect of different liquid rennet concentrations on the total acidity, lactic acid bacteria (LAB) viability, physicochemical characteristics (yield, pH, protein, moisture, elongation, texture), and organoleptic properties (color, aroma, texture, and taste) of goat milk mozzarella cheese. The results are expected to provide practical guidance for optimizing rennet concentration to enhance cheese quality, functionality, and consumer acceptability in the goat milk dairy sector.

METHODS

Design, Place and Time

This experimental study employed a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments and six replications per treatment. Treatments were defined by liquid rennet concentration: P1 = 120 ppm, P2 = 180 ppm, and P3 = 240 ppm. Each experimental unit (replicate) consisted of a single batch of mozzarella prepared from goat milk under identical processing conditions.

The study was carried out at the Livestock Production Laboratory Faculty of Agriculture Universitas Lampung, Indonesia.

All laboratory analyses were performed according to validated standard methods (AOAC, SNI) as cited below.

Ingredients and Equipment

The materials used in this study included fresh goat milk obtained from farm, food-grade citric acid as an acidulant, plant-based liquid rennet at varying concentrations, food-grade sodium chloride, and analytical reagents for titration, protein, and microbiological assays. The primary equipment consisted of a pasteurization unit capable of maintaining 65°C, pH meter, hot plate with a built-in thermometer, cheese moulds, analytical balance, oven, Kjeldahl apparatus, texture analyzer (TMS-Pro), ruler or calliper for elongation testing, and standard microbiological instruments such as incubators and sterilization tools.

Sample Preparation

Before making goat milk mozzarella cheese, pre-research activities were carried out two times using goat milk, with the aim that there would be no errors or failures when the main research was carried out. The first thing to do is to sterilize the tools that will be used with hot water. After all the tools are ensured to be clean and sterile, the next step is the pasteurization of goat milk at a temperature of 65°C for 30 minutes. Then the temperature is lowered to 33°C. The next step is to add citric acid solution, then liquid rennet according to the treatment (P1: 120 ppm, P2: 180 ppm, P3: 240 ppm). Approximately 20 minutes after adding liquid rennet, curd will form. After the curd is formed, the curd and whey are separated by filtering. The last process is pasteurizing the curd until it is cooked and then stretching the cheese to a temperature of 80°C.

Parameter Analysis

The parameters analyzed included microbiological, physicochemical, and sensory properties. Total acidity was measured by titration and expressed as a percentage of lactic acid, while lactic acid bacteria (LAB) viability was determined using the pour plate method in accordance with SNI 2981:2009¹⁴. pH was measured using a calibrated pH meter, and yield was calculated as the ratio of cheese weight to milk weight multiplied by 100%. Protein content was analyzed using the Kjeldahl method, and moisture content was determined through oven drying following AOAC (2005)¹⁵. Elongation was assessed using the method described by measuring the maximum stretch length (cm) before breakage, and texture strength (N) was evaluated using a TMS-Pro texture analyzer¹⁶. The organoleptic characteristics—including color, aroma, texture, and taste—were assessed by 30 untrained panelists using a five-point hedonic scale under controlled sensory evaluation conditions.

Data Analysis

All data were collected in triplicate and expressed as mean $\pm$ standard deviation. Statistical analysis was performed using Analysis of Variance (ANOVA) to identify significant differences among treatments. When significant effects were detected ($P < 0.05$), Duncan's Multiple Range Test (DMRT) was applied to determine pairwise differences. Prior to analysis, assumptions of normality and homogeneity of variance were verified using the Shapiro–Wilk and Levene's tests, respectively. In cases where assumptions were not met, data were appropriately transformed (e.g., log₁₀ for microbial counts). Statistical analyses were conducted using SPSS version 22, and non-parametric tests such as Kruskal–Wallis were applied for sensory data when necessary.

RESULTS

Total Acid Testing, LAB Viability, Physicochemical Properties and Organoleptic Test of Goat Mozzarella Cheese

The results presented in Table 1 show that increasing liquid rennet concentration significantly affected the physicochemical and microbiological properties of goat milk mozzarella cheese. The total acidity increased progressively from 0.185% in treatment P1 (120 ppm) to 0.275% in P3 (240 ppm), indicating enhanced acid formation with higher enzyme concentration. This pattern correlates with the increased activity of lactic acid bacteria (LAB), where the viability rose from 6.30×10^4 CFU/g in P1 to 21.00×10^4 CFU/g in P3.

The higher LAB count in samples with greater rennet concentration suggests that more favorable microenvironments for microbial growth were achieved due to more efficient curd formation and nutrient retention.

The yield of mozzarella also increased from 7.42% to 8.78% across treatments, demonstrating that a higher concentration of liquid rennet enhanced curd compaction and reduced fat and casein loss into the whey. Similarly, the elongation values ranged from 35.83 cm (P1) to 39.17 cm (P3), confirming that a denser protein network and balanced acidity at higher rennet levels improve stretchability — a desirable property in mozzarella cheese. Protein content also showed a positive trend (32.33–35.74%), suggesting more efficient coagulation and protein retention. Conversely, the moisture content decreased slightly (55.47% to 54.11%) as higher enzyme concentrations produced firmer curds with reduced water-holding capacity. Texture strength increased correspondingly (7.47 N to 7.94 N), reflecting a tighter protein matrix and reduced softness in high-rennet samples. The pH values (5.62–5.68) showed no significant difference among treatments, consistent with the controlled acidification method using citric acid. This stability implies that rennet concentration primarily affected curd structure and enzyme activity rather than altering the pH equilibrium of the system.

Table 2 summarizes the organoleptic evaluation results, which revealed that the addition of higher liquid rennet concentrations significantly improved the texture and taste attributes ($P < 0.05$), while color and aroma remained unaffected. The color scores ranged from 3.80 to 4.17, and aroma scores from 3.23 to 3.77, showing that the increase in enzyme

Table 1. Results of Total Acid Testing, LAB Viability, and Physicochemical Properties

Parameter	Treatment		
	P1	P2	P3
Total Acid (%)	0.185 $\pm$ 0.007 ^c	0.240 $\pm$ 0.000 ^b	0.275 $\pm$ 0.007 ^a
LAB Viability (Cfu/g)	6.30 $\times 10^4$ $\pm$ 0.84 ^b	10.90 $\times 10^4$ $\pm$ 1.55 ^b	21.00 $\times 10^4$ $\pm$ 2.83 ^a
pH value	5.620 $\pm$ 0.028	5.670 $\pm$ 0.028	5.680 $\pm$ 0.014
Yield (%)	7.423 $\pm$ 0.333 ^b	8.460 $\pm$ 0.628 ^a	8.777 $\pm$ 0.751 ^a
Elongation (cm)	35.833 $\pm$ 1.835 ^b	37.833 $\pm$ 0.753 ^a	39.1667 $\pm$ 0.983 ^a
Protein (%)	32.330 $\pm$ 2.753	34.197 $\pm$ 6.026	35.742 $\pm$ 5.996
Moisture (%)	55.47 $\pm$ 0.74 ^a	54.68 $\pm$ 0.69 ^{ab}	54.11 $\pm$ 0.52 ^b
Texture (N)	7.47 $\pm$ 0.17 ^b	7.62 $\pm$ 0.29 ^{ab}	7.94 $\pm$ 0.40 ^a

P1 (treatment 1 liquid rennet 120 ppm), P2 (treatment 2 liquid rennet 180 ppm), P3 (treatment 3 liquid rennet 240 ppm). Notations a and b in different columns indicate significant effect ($P < 0.05$).

Table 2. Organoleptic Test Results of Goat's Milk Mozzarella Cheese

Parameter	Treatment		
	P1	P2	P3
Colour	3.80 ± 0.80	3.83 ± 0.79	4.17 ± 0.82
Aroma	3.23 ± 1.00	3.67 ± 1.17	3.77 ± 1.19
Texture	2.46 ± 0.93 ^b	3.60 ± 0.96 ^a	3.96 ± 1.29 ^a

P1 (treatment 1 liquid rennet 120 ppm), P2 (treatment 2 liquid rennet 180 ppm), P3 (treatment 3 liquid rennet 240 ppm). Notations a and b in different columns indicate significant effect ($P < 0.05$).

concentration did not cause notable sensory variation in visual or olfactory aspects. Texture scores increased substantially from 2.46 (P1) to 3.96 (P3), consistent with instrumental measurements, while taste scores followed the same pattern. These findings suggest that consumers preferred the firmer, more elastic texture and balanced flavor associated with higher rennet concentrations.

Overall, the results indicate that increasing liquid rennet concentration enhances curd formation efficiency, protein retention, and structural integrity, leading to higher yield, better elongation, and improved sensory quality. The treatment with 240 ppm liquid rennet (P3) provided the most desirable combination of physicochemical and sensory properties, making it the optimal concentration for goat milk mozzarella production.

DISCUSSION

The results of this study demonstrated that increasing the concentration of liquid rennet from 120 ppm to 240 ppm significantly influenced the physicochemical, microbiological, and sensory characteristics of goat milk mozzarella cheese. A higher enzyme concentration enhanced total acidity, lactic acid bacteria (LAB) viability, yield, elongation, protein content, and textural firmness, while slightly reducing moisture content. These findings align with the fundamental enzymatic role of rennet in promoting casein micelle coagulation through κ -casein cleavage, leading to stronger gel networks and higher curd recovery¹³. The increase in total acidity observed with higher rennet levels reflects enhanced enzymatic and microbial activity, as greater coagulation efficiency reduces whey loss and creates a microenvironment conducive to LAB growth and acid production. Similar results were reported by Pawlos et al. (2023), who found that higher rennet dosages in goat milk cheese improved curd compactness and acid retention without significantly altering pH stability¹⁷.

Although total acidity increased, the pH of the mozzarella cheese remained relatively stable (5.62–5.68). This phenom-

enon can be attributed to the buffering capacity of the casein-lactate system and the standardized acidification step using citric acid prior to rennet addition. The titratable acidity thus reflects localized lactic acid formation rather than a bulk pH change. Li et al. (2023) explained that the pre-acidification level of milk strongly modulates rennet coagulation dynamics but that once the buffering threshold of milk proteins is reached, small variations in acid production do not substantially alter pH¹⁸. Furthermore, stable pH ensures optimal proteolytic activity during the renneting phase, facilitating balanced gel strength and elasticity, both of which are key to the stretchability of mozzarella¹⁹.

The positive correlation between rennet concentration and yield indicates more efficient protein and fat retention in the curd. Higher enzyme levels accelerate casein micelle aggregation, producing a denser curd matrix that traps more solids and reduces nutrient losses through whey drainage. This agrees with the findings of Abrahamsen et al. (2021), who reported that optimizing coagulant concentration enhances cheese yield and curd firmness by promoting casein cross-linking and reducing fat expulsion. Likewise, the protein content increased proportionally with rennet concentration, likely due to more effective curd formation and minimized casein solubilization²⁰. The observed decrease in moisture content at higher enzyme levels supports this interpretation, as stronger curd networks tend to retain less free water, resulting in firmer textures^{7,8}.

Goat milk mozzarella cheese provides substantial nutritional benefits due to its rich composition of high-quality protein, bioavailable minerals, and beneficial fatty acids, making it a functional food for diverse consumers. It is particularly high in easily digestible proteins such as β -casein and α s2-casein, while having lower α s1-casein, which reduces allergenicity and improves gastrointestinal tolerance compared to cow milk^{1,2}. The cheese also retains essential micronutrients—such as calcium, phosphorus, zinc, and vitamin A—critical for bone and immune health³. Furthermore, the fermentation process enhances the bioavailability of nutrients and supports the growth of lactic acid bacteria, which contribute to gut health and potential probiotic effects²¹. From a consumer perspective, goat milk mozzarella offers convenience as a ready-to-eat, high-protein dairy product suitable for individuals seeking nutritious and easily digestible alternatives to traditional cow milk cheese. Its soft texture, mild flavor, and excellent meltability make it appealing for both children and adults, while its production in small-scale settings supports local food systems and sustainable dairy diversification⁹.

Texture and elongation were significantly improved with increasing rennet concentration, reaching the highest values in the 240 ppm treatment. These improvements are closely related to curd structure and proteolysis degree. In mozzarella cheese, the balance between the cohesive forces among casein molecules and the rearrangement of those molecules un-

der heating determines stretchability and meltability²². The denser protein network formed at higher enzyme concentrations enhances structural integrity, allowing the cheese to stretch without breaking. Hars et al. (2024) emphasized that appropriate proteolysis during renneting contributes to improved elasticity and plasticity in pasta-filata cheeses, consistent with the results obtained here²³.

The microbiological results showed that higher rennet concentrations increased LAB viability, with the highest count (21.00×10^4 CFU/g) observed in the 240 ppm treatment. This may be attributed to a more favorable curd microstructure and nutrient retention, which provide a protective and nutritive environment for microbial survival. LAB growth is essential in developing flavor precursors, improving acidity, and enhancing overall cheese quality. A recent study by Kaushik et al. (2023) confirmed that coagulant concentration can indirectly influence microbial population dynamics by modifying curd density, which determines oxygen diffusion and nutrient accessibility²¹. These findings indicate a strong interaction between rennet-induced physicochemical modifications and microbial ecology during cheese manufacture.

The sensory analysis revealed that increasing liquid rennet concentration significantly enhanced the texture and taste of the mozzarella, while color and aroma remained unaffected. The stable color scores (3.8–4.2) can be attributed to the low β -carotene content of goat milk, resulting in naturally white cheese regardless of processing conditions. The unchanged aroma profile suggests that the mild enzymatic reactions at different rennet levels did not generate volatile compounds capable of altering the characteristic flavor of goat milk cheese. These results are in line with Siddikey et al. (2022), who found that varying rennet levels had minimal influence on aroma but could improve texture and palatability through better protein structuring²⁴. The enhanced sensory acceptance in this study highlights the importance of optimizing enzyme dosage for balancing functional and consumer-perceived quality.

Comparing these findings with previous works, most studies have focused on rennet *type* rather than *concentration*. For instance, Manuelian et al. (2020) reported that vegetable rennet produced higher protein and elongation values than animal rennet in cow milk mozzarella, but the role of concentration was not explored²⁵. Our results demonstrate that concentration itself, regardless of rennet origin, plays a decisive role in defining curd compactness, stretchability, and microbial viability. This confirms recent conclusions by Hovjecki et al. (2022) and Falih et al. (2024), who emphasized that both dosage and enzyme source are critical factors controlling cheese yield, microstructure, and textural behavior^{8,13}.

From a practical perspective, using a 240 ppm rennet concentration appears optimal for goat milk mozzarella production under the present experimental conditions. It provides a bal-

ance between yield, microbial viability, textural integrity, and consumer preference. The improvement in LAB viability may also contribute to functional benefits if probiotic strains are present, though further characterization would be required. These results have industrial implications for small-scale goat milk processors aiming to standardize their products and improve profitability through better rennet utilization.

However, this study has several limitations. First, it used goat milk from a single source and lactation period; variations in composition across breeds, seasons, or feeding systems may affect generalizability. Second, the concentration range tested (120–240 ppm) was limited; intermediate or higher levels might reveal non-linear effects or plateau responses. Third, proteolysis and volatile compound analyses were not conducted, which could have provided insights into flavor development mechanisms. Fourth, the sensory panel consisted of 30 untrained participants, limiting the statistical robustness of consumer acceptability conclusions. Finally, shelf-life stability and microbial dynamics during refrigerated storage were not evaluated; such analyses are essential to assess the long-term quality and safety of goat milk mozzarella.

CONCLUSION

This study revealed that the concentration of liquid rennet significantly influenced the physicochemical, microbiological, and sensory qualities of goat milk mozzarella cheese. Increasing rennet concentration from 120 ppm to 240 ppm enhanced total acidity, LAB viability, yield, protein content, elongation, and texture, while slightly decreasing moisture content. The optimal formulation at 240 ppm produced cheese with superior structural integrity, elasticity, and sensory acceptance without altering color or aroma. These findings imply that optimizing rennet dosage is crucial for improving curd formation, protein retention, and consumer-preferred texture in goat milk cheese. Practically, a 240 ppm concentration is recommended for small-scale producers to achieve higher yield and consistent quality, while theoretically it contributes to understanding enzyme–substrate interactions in non-bovine milk systems. Future studies should explore broader rennet ranges, proteolytic profiles, and storage stability to develop standardized, functional, and market-ready goat milk mozzarella products.

REFERENCES

1. Mishra S, Kannaujia S, dipt A, Singh S, Meena S, Duary RK, et al. Exploring the Multifaceted Potential of Goat Milk: Nutritional, Processing, and Commercial Applications. *Int Dairy J.* 2025 Oct;106447. DOI: 10.1016/j.idairyj.2025.106447.
2. ALKaisy QH, Al-Saadi JS, AL-Rikabi AKJ, Altemimi AB, Hesarinejad MA, Abedelmaksoud TG. Exploring the health benefits and functional properties of goat milk proteins. *Food Sci Nutr.* 2023; 11(10):5641–56. DOI: 10.1002/fsn3.3531.

3. Verruck S, Dantas A, Prudencio ES. Functionality of the components from goat's milk, recent advances for functional dairy products development and its implications on human health. *J Funct Foods*. 2019 Jan;52:243–57. DOI: 10.1016/j.jff.2018.11.017.
4. Zikra N, Resmiati, Symond D, Azrimaidaliza, Azhar M. Development of goat milk yogurt with additional inulin as a functional food for stunting prevention in children. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2025;45(2):52–7. DOI: <https://doi.org/10.12873/452resmiati>.
5. Herrera Lapa LAJ, La Torre Pajuelo SM, Gomez Rutti YY, Vidal Huamán FG. Frequency of consumption of dairy products and derivatives and anthropometric indicators in adults from Lima-Peru. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2024;44(2):239–47. DOI: <https://doi.org/10.12873/442herrera>.
6. Britten M, Giroux HJ. Rennet coagulation of heated milk: A review. *Int Dairy J*. 2022 Jan;124:105179. DOI: 10.1016/j.idairyj.2021.105179.
7. Parhi A, Verma A, Krishnakutty Nair P, Sharma P. Invited Review: Manufacture and quality control of mozzarella cheese—Scientific and technological advances. *J Dairy Sci [Internet]*. 2025; DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2024-26225>.
8. Falih MA, Altemimi AB, Hamed Alkaisy Q, Awlqadr FH, Abedelmaksoud TG, Amjadi S, et al. Enhancing safety and quality in the global cheese industry: A review of innovative preservation techniques. *Heliyon [Internet]*. 2024;10(23):e40459. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40459>.
9. Mandolesi S, Naspetti S, Arsenos G, Caramelle-Holtz E, Latvala T, Martin-Collado D, et al. Consumer attitudes, motivations and barriers towards sheep and goat dairy products. *Int J Gastron Food Sci [Internet]*. 2024;36(November 2023):100917. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100917>.
10. Pazzola M, Amalfitano N, Bittante G, Dettori ML, Vacca GM. Composition, coagulation properties, and predicted cheesemaking traits of bulk goat milk from different farming systems, breeds, and stages of production. *J Dairy Sci*. 2022;105(8):6724–38. DOI: 10.3168/jds.2022-22098.
11. Uzkuç H, Karagül Yüceer Y. Effects of heat treatment, plant coagulant, and starter culture on sensory characteristics and volatile compounds of goat cheese. *Int Dairy J*. 2023 May; 140:105588. DOI: 10.1016/j.idairyj.2023.105588.
12. Clark S, Mora García MB. A 100-Year Review: Advances in goat milk research. *J Dairy Sci*. 2017;100(12):10026–44. DOI: 10.3168/jds.2017-13287.
13. Hovjecki M, Miloradovic Z, Barukčić I, Blažić M, Miocinovic J. Rheological Properties of Goat Milk Coagulation as Affected by Rennet Concentration, pH and Temperature. *Fermentation*. 2022;8(6). DOI: <https://doi.org/10.3390/fermentation8060291>.
14. Badan Standarisasi Nasional. SNI 2981:2009 Yogurt. Badan Standarisasi Nasional, editor. Jakarta; 2009.
15. AOAC. Official Method of Analysis. Arlington: AOAC International; 2005.
16. Araújo D, Martins M, Freitas F. Exploring the Drug-Loading and Release Ability of FucoPol Hydrogel Membranes. *Int J Mol Sci*. 2023;24(19). DOI: 10.3390/ijms241914591.
17. Pawlos M, Znamirska-Piotrowska A, Kowalczyk M, Zagula G, Szajnar K. Possibility of Using Different Calcium Compounds for the Manufacture of Fresh Acid Rennet Cheese from Goat's Milk. *Foods*. 2023;12(19):1–25.
18. Li S, Delger M, Dave A, Singh H, Ye A. Acid and rennet gelation properties of sheep, goat, and cow milks: Effects of processing and seasonal variation. *J Dairy Sci [Internet]*. 2023;106(3):1611–25. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2022-22561>.
19. Lamichhane P, Kelly AL, Sheehan JJ. Symposium review: Structure-function relationships in cheese. *J Dairy Sci [Internet]*. 2018;101(3):2692–709. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-13386>
20. Abrahamsen RK, Narvhus JA, Skeie S. Acid-Curd Cheeses and Acid-Heat Coagulated Cheeses. In: *Cheese*. Elsevier; 2025. p. 1151–90. DOI: 10.1016/B978-0-443-15956-5.00008-7.
21. Kaushik R, Anand S. Studying the Population Dynamics of NSLAB and Their Influence on Spores During Cheese Ripening. *Appl Microbiol*. 2025;5(3):1–20. DOI: 10.3390/applmicrobiol5030065.
22. Lamichhane P, Sharma P, Kennedy D, Kelly AL, Sheehan JJ. Microstructure and fracture properties of semi-hard cheese: Differentiating the effects of primary proteolysis and calcium solubilization. *Food Res Int*. 2019 Nov;125:108525. DOI: 10.1016/j.foodres.2019.108525.
23. Harsh P, Atanu J, Bihola A, Adil S, Satish P. Process standardization and characterization of Mozzarella cheese made from blend of homogenized milk and unhomogenized milk. *Discov Appl Sci*. 2025;7(9). DOI: 10.1007/s42452-025-07527-8.
24. Siddikey F, Jahan MI, Hormoni, Hasan MT, Nishi NJ, Hasan SMK, et al. Enzyme Technology in the Food Industry: Molecular Mechanisms, Applications, and Sustainable Innovations. *Food Sci Nutr*. 2025;13(9). DOI: 10.1002/fsn3.70927.
25. Manuelian CL, Boselli C, Vigolo V, Giangolini G, De Marchi M. Effects of animal versus vegetal rennet on milk coagulation traits in Mediterranean buffalo bulk milk. *J Dairy Sci [Internet]*. 2020;103(6):4958–64. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2019-17208>

Relación del índice de masa corporal con el estadio de cáncer de mama en pacientes de un hospital público de Celaya (México)

Relationship of body mass index with breast cancer stage in patients from a public hospital in Celaya (Mexico)

Sebastian LÓPEZ ESTRADA^{1,2}, Jaqueline MORENO-ELIAS², Silvia del Carmen DELGADO-SANDOVAL¹

1 División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra Universidad de Guanajuato.

2 Hospital Materno Infantil de Celaya.

Recibido: 20/septiembre/2025. Aceptado: 17/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: el cáncer de mama es el más frecuente en mujeres; el sobrepeso y obesidad se han considerado factores de riesgo para desarrollarlo, en México es la principal causa de muerte por cáncer en mujeres.

Objetivo: analizar la relación entre el Índice de Masa Corporal (IMC) y el estadio patológico del cáncer de mama en mujeres atendidas en un hospital público de Celaya, estado de Guanajuato (México), durante el año 2024.

Materiales y métodos: estudio analítico, retrospectivo y correlacional; se analizaron 1181 expedientes de mujeres con diagnóstico de cáncer de mama que acudieron a consulta durante el 2024.

Resultados: no se encontró correlación significativa entre el IMC y el estadio de patológico de cáncer de mama ($p>0.05$). La distribución del IMC mostró predominio de sobrepeso y obesidad (aproximadamente 70%), sin diferencias relevantes según el estadio clínico. Estos hallazgos sugieren que, en esta muestra, el exceso de peso no se asoció con una mayor agresividad tumoral al momento del diagnóstico.

Conclusiones: los resultados difieren de una gran parte de estudios previos, es recomendable realizar más análisis

considerando otras variables confusoras, como edad de diagnóstico o el estado menopáusico.

PALABRAS CLAVE

Sobrepeso, obesidad, adiposidad, cáncer mamario, estadio tumoral, epidemiología clínica.

ABSTRACT

Introduction: Breast cancer is the most common cancer in women; overweight and obesity have been considered risk factors for its development; in Mexico, it is the leading cause of cancer death in women.

Objective: To analyze the relationship between Body Mass Index (BMI) and the pathological stage of breast cancer in women treated at a public hospital in Guanajuato during 2024.

Materials and methods: An analytical, retrospective, and correlational study was carried out. 1,181 medical records of women diagnosed with breast cancer who attended consultations during 2024 were analyzed.

Results: No significant correlation was found between BMI and the pathological stage of breast cancer ($p>0.05$). The BMI distribution showed a predominance of overweight and obesity (approximately 70%), with no relevant differences according to clinical stage. These findings suggest that, in this sample, excess weight is not associated with greater tumor aggressiveness at the time of diagnosis.

Conclusions: The results differ from those of many previous studies; further analysis is recommended, taking into ac-

Correspondencia:

Silvia del Carmen Delgado-Sandoval
sdelgado@ugto.mx

count other confounding variables, such as age diagnosis or menopausal status.

KEYWORDS

Overweight, obesity, adiposity, breast cancer, tumor stage, clinical epidemiology.

INTRODUCCIÓN

El cáncer es el término aplicado a un conjunto de enfermedades, que se pueden originar en casi cualquier órgano o tejido corporal, cuando las células anormales crecen de forma descontrolada e invaden órganos adyacentes^{1,2}. A nivel mundial, el cáncer continúa siendo una de las principales causas de morbilidad y mortalidad, en el 2018 ocasionó 9.6 millones de muertes; se estima que en 2022 hubo 20 millones nuevos casos de cáncer y 9.7 millones de muertes. De los diferentes tipos de cáncer, el de mama es el más frecuente en mujeres en casi el 90% de los países, ocupando el primer o segundo lugar en frecuencia^{3,4}. En México en 2023 se reportaron 91, 562 muertes por cáncer, siendo el cáncer de mama la principal causa de muerte por cáncer en mujeres de más de 60 años⁵.

Durante el diagnóstico de cáncer de mama, los tumores se clasifican por su histología, como carcinoma *in situ* o carcinoma invasivo, según la propagación de las células malignas a partir de los lóbulos o conductos mamarios hacia el estroma circundante⁶. Su fisiopatología es complicada y multifactorial, donde se han propuesto diversos factores de riesgo internos y externos que contribuyen en la evolución de esta patología, dentro de los cuales se engloban los factores genéticos, hormonales y ambientales, donde los dos últimos se suelen relacionar con la obesidad^{4,7}.

Algunos de los determinantes de riesgo identificados para el cáncer de mama son: mayor edad, antecedentes familiares (genes BRCA1 y BRCA2), sobrepeso u obesidad, poca o nula actividad física, consumo de alcohol, tabaquismo, lactancia materna, no tener hijos (o haberlo tenido después de los 30 años), no haber lactado, estado menopáusico (uso de terapia hormonal combinada de reemplazo) y uso de anticonceptivos orales^{8,9}.

El Índice de Masa Corporal (IMC) es una medida antropométrica que relaciona el peso con la estatura, que se ha utilizado como herramienta para evaluar el estado de nutrición de las personas, de acuerdo con los criterios de la Organización Mundial de la Salud (OMS) quienes obtienen un valor superior a 25 kg/m², se clasifican en sobrepeso y superior a 30 kg/m² ya se considera obesidad; en 2022 una de cada ocho personas en el mundo se clasificó con obesidad¹⁰. De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2022 el 41% de las mujeres adultas presentan obesidad^{11,12}. Recientemente la comisión de "The Lancet Diabetes & Endocrinology" definió la obesidad

clínica como una enfermedad crónica sistémica en la que un exceso de tejido adiposo causa alteraciones funcionales en tejidos y órganos, deteriorando la capacidad para realizar actividades básicas del día a día¹³.

Considerando que la obesidad se ha asociado como un factor de riesgo modificable para el desarrollo de cáncer de mama¹⁴, el propósito de la presente investigación fue analizar la relación que existe entre un estadio más avanzado de cáncer de mama con un IMC superior a 25 kg/m² en mujeres que acudieron a su tratamiento al Hospital Materno de Celaya de enero a diciembre del 2024.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio analítico observacional, retrospectivo, transversal, correlacional, donde se analizaron expedientes de mujeres con diagnóstico de cáncer de mama que acudieron a consulta al servicio de oncología del Hospital Materno de Celaya (Guanajuato, México) de enero a diciembre de 2024, el cual es un hospital público de segundo nivel de atención. El estudio se realizó en apego a las directrices de la iniciativa STROBE para el reporte de estudios observacionales^{15,16}. El criterio de inclusión fue: expedientes de mujeres con diagnóstico de cáncer de mama y/o algún otro tipo de neoplasia en conjunto; el criterio de eliminación: expedientes incompletos. El tamaño de muestra se calculó usando el programa Epi Info versión 7.2.6¹⁷, resultando 297 expedientes que serían seleccionados de manera aleatoria, sin embargo, finalmente se analizaron los 1181 expedientes que tenían los datos completos. Se trabajó con las siguientes variables: edad (en años cumplidos), peso (kg), talla (m). Se estimó y clasificó el IMC de acuerdo con los parámetros establecidos por la OMS. Para determinar el estadio del cáncer de mama se usó la clasificación por estadios a partir de las muestras histopatológicas¹⁸.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico JASP¹⁹. Se determinaron media y desviación estándar (DE) para las variables cuantitativas; frecuencias para las categóricas. Para evaluar la relación entre el IMC y el estadio de cáncer se usó la prueba de correlación de Spearman.

Consideraciones éticas

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación del Hospital Materno de Celaya (registro CEIHM16-2025). No se contó con ningún tipo de financiamiento para la realización de este estudio.

RESULTADOS

Se analizaron 1181 expedientes que estuvieron completos. La media de edad de las pacientes fue de 56.64 años (DE ± 11.51),

el peso: 68.17 kg ($DE \pm 13.03$), la talla 153.66 cm ($DE \pm 6.6$) y del IMC 28.86 ($DE \pm 5.13$), en la figura 1 se muestra el gráfico de nube con lluvia (raincloud plots) para las 4 variables cuantitativas (edad, peso, talla e IMC); en las 4 se aprecia una distribución simétrica de las mismas; en el caso del IMC se identificó un valor atípico máximo de 51.6 kg/m² que no representó un impacto significativo en la distribución general.

Respecto a la distribución del diagnóstico del IMC, el sobrepeso (SP) fue la categoría más común (39%) seguida de la obesidad (OB) con un 37.4% de las pacientes (figura 2A). El estadio patológico más frecuente fue el 3, con un 40.13% (figura 2B).

El análisis de correlación de Spearman reveló una relación extremadamente débil, negativa y no significativa entre las

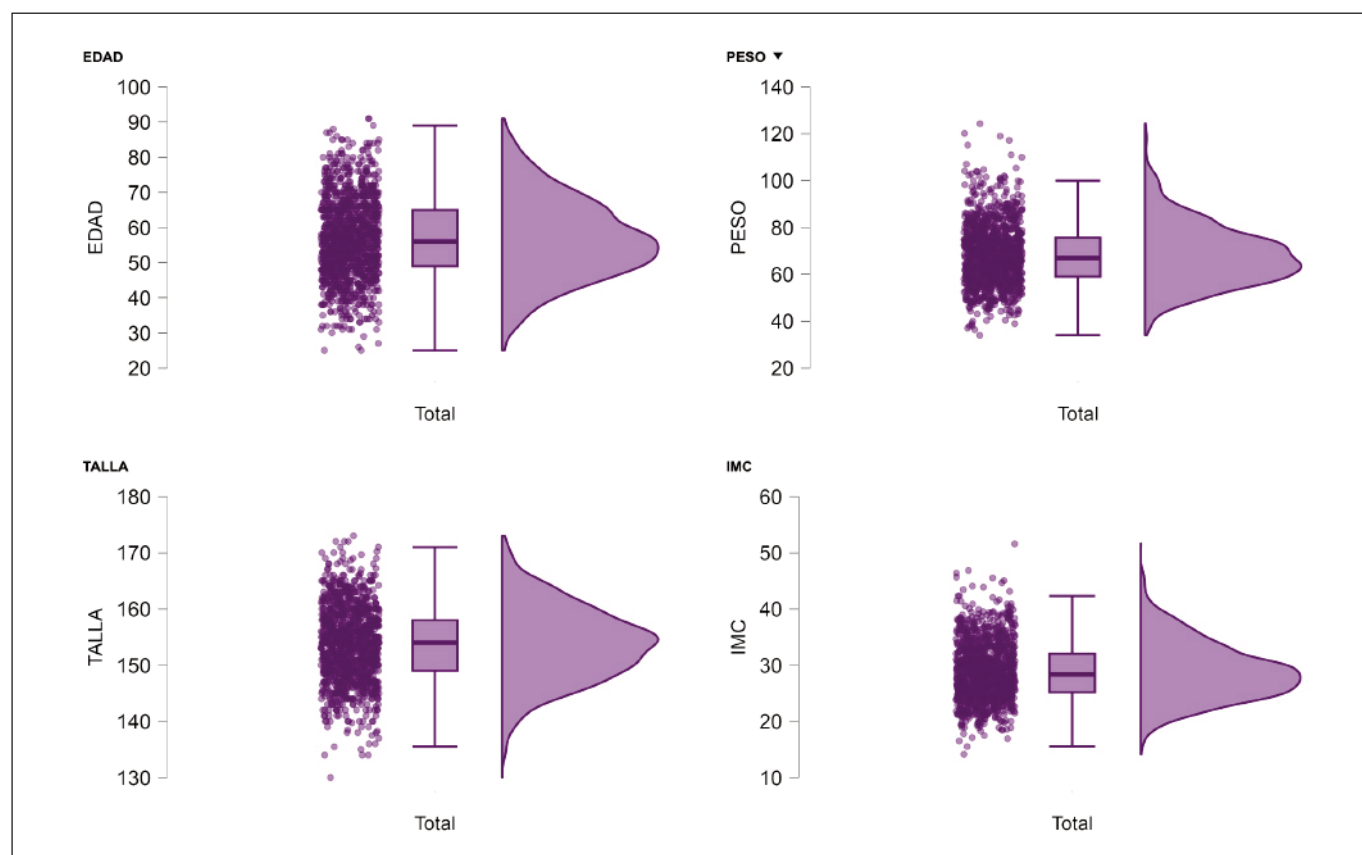


Figura 1. Gráfico de nube de lluvia de las variables cuantitativas

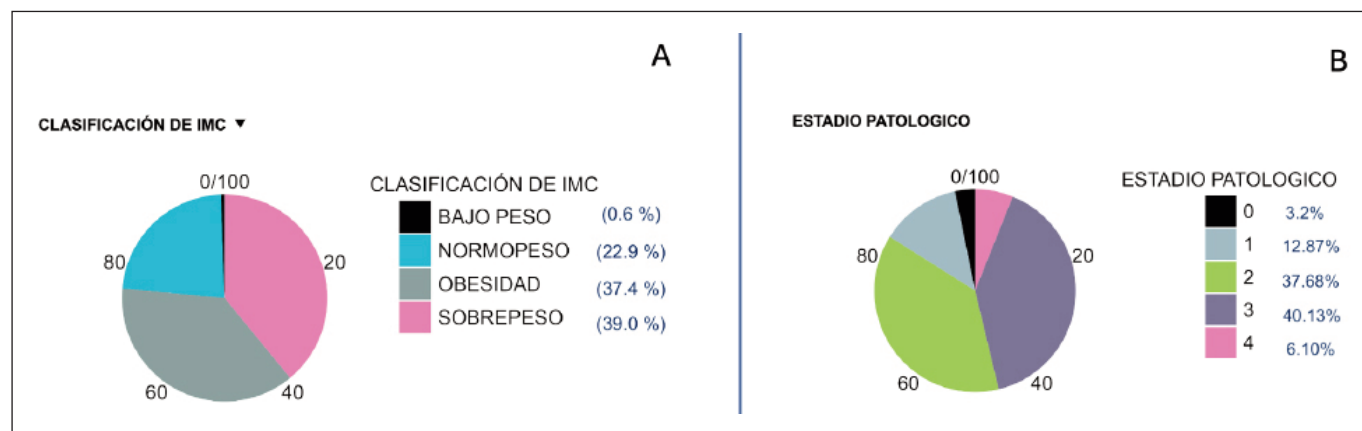


Figura 2. Distribución porcentual del IMC y del estadio patológico

variables IMC y estadio patológico, el coeficiente de Spearman obtenido ($\rho = -0.012$) nos indica una tendencia de los rangos de las variables en direcciones opuestas, que es prácticamente nula; dado que el valor fue de 0.686, que se considera significativamente mayor a un umbral alfa de 0.05, se considera que en esta muestra no existe evidencia estadística que permita rechazar la hipótesis de nulidad de independencia entre las variables, por lo tanto la correlación observada se podría atribuir al azar. En términos prácticos, las variables se pueden considerar independientes a partir de los datos analizados (Tabla 1). En la figura 3, se observa el gráfico de

nube de lluvia donde se aprecia la distribución del IMC estratificado por el estadio patológico (0 a 4), se aprecia una mayor cantidad de pacientes en los estadios 2 y 3.

Considerando las evidencias que asocian un IMC alto con un pronóstico desfavorable es necesario fomentar acciones para disminuir el peso.

DISCUSIÓN

Los hallazgos del estudio indican una relación prácticamente nula entre el IMC y el estadio de cáncer, lo que sugiere que en esta población no se encontró relación entre ambas variables, sugiriendo que en la población estudiada el IMC no se podría utilizar como factor predictor del estadio de cáncer.

La relación entre el peso y el riesgo de cáncer de mama es compleja, pues el peso tiene efectos distintos en diferentes tipos de cáncer de seno; las evidencias han demostrado que el sobrepeso después de la menopausia está más fuertemente relacionado con el riesgo de desarrollar cáncer de seno con receptores de hormonas positivos, por ello lo recomendable es mantener un peso adecuado y saludable durante el transcurso de la vida. Una limitación inherente, es un posible sesgo de selección, considerando que los datos analizados provie-

Tabla 1. . Análisis de correlación de Spearman

Variable		IMC	ESTADIO PATOLOGICO
1. IMC	Rho de Spearman	—	
	Valor p	—	
2. ESTADIO PATOLOGICO	Rho de Spearman	-0.012	—
	Valor p	0.686	—

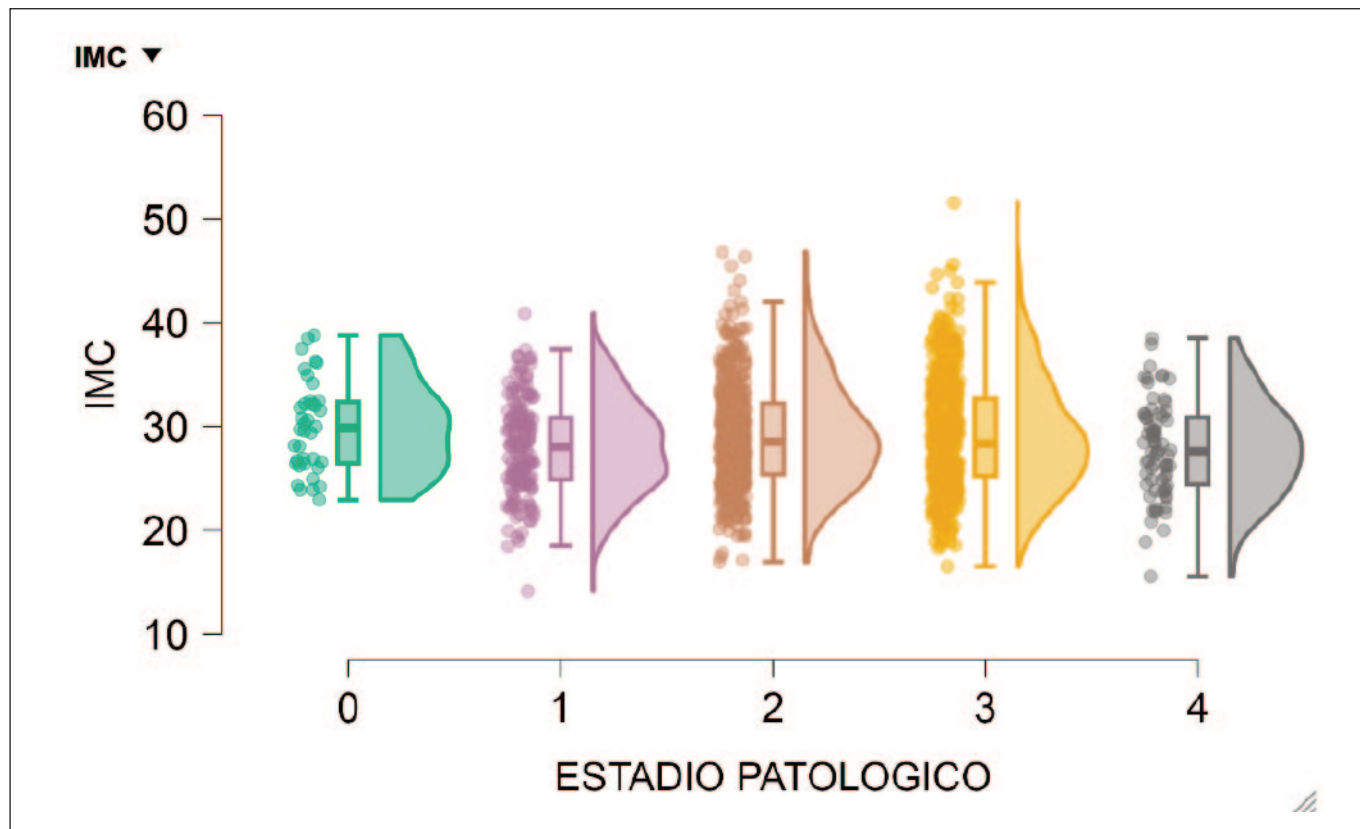


Figura 3. Gráfico de nube de lluvia del IMC factorizado por el estadio patológico

nen de un hospital de referencia (segundo nivel de atención), por lo que las pacientes pudieran presentar estadios más avanzados y no ser del todo representativos de la población general, y pudiera estarse sobreestimando el estadio del cáncer; adicionalmente, el usar datos de expedientes médicos conlleva un sesgo de información.

CONCLUSIÓN

La falta de correlación de los resultados se podría atribuir a otros factores, considerando que la interacción entre el peso de las pacientes y el desarrollo de cáncer es mucho más compleja de lo que el modelo de correlación lineal usado en este estudio podría haber identificado, considerando que el IMC solo considera el peso, sin hacer una diferencia entre masa muscular y masa magra.

En otros estudios se ha encontrado que la obesidad puede afectar el desarrollo y progresión de cáncer de mamá, atribuido principalmente a la interrupción del metabolismo de los glicolípidos, causado por la acumulación de colesterol y ácidos grasos; función celular anormal y desequilibrio de las adipoquinas.

Se sugiere que en futuras investigaciones se considere la composición corporal más detalladamente, considerando cohortes más grandes, así como la evaluación de los efectos de intervenciones dietéticas para el control e incluso la pérdida de peso.

BIBLIOGRAFÍA

- Organización Mundial de la Salud. Cáncer de mama. Organización Mundial de la Salud. March 13, 2024. Accessed February 8, 2025. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/breast-cancer>
- Instituto Nacional del Cáncer. ¿Qué es el cáncer? Instituto Nacional del Cáncer. May 5, 2021. Accessed February 8, 2025. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/naturaleza/que-es>
- Organización Mundial de la Salud. Cáncer. Organización Mundial de la Salud. 2025. Accessed February 8, 2025. https://www.who.int/es/health-topics/cancer#tab=tab_1
- Daly AA, Rolph R, Cutress RI, Copson ER. A Review of Modifiable Risk Factors in Young Women for the Prevention of Breast Cancer. *Breast Cancer: Targets and Therapy*. 2021;Volume 13:241-257. doi:10.2147/BCTT.S268401
- INEGI. Estadística día mundial del cáncer. In: 2025:1-7. Accessed August 1, 2025. https://www.inegi.org.mx/contenidos/salade/prensa/aproposito/2025/EAP_DMvsCancer25.pdf
- Nolan E, Lindeman GJ, Visvader JE. Deciphering breast cancer: from biology to the clinic. *Cell*. 2023;186(8):1708-1728. doi:10.1016/J.CELL.2023.01.040
- Glassman I, Le N, Asif A, et al. The Role of Obesity in Breast Cancer Pathogenesis. *Cells*. 2023;12(16):2061. doi:10.3390/CELLS12162061
- BreastCancer.org. Factores de riesgo del cáncer de mama. 2025. Accessed August 12, 2025. <https://www.breastcancer.org/es/riesgo/factores-riesgo>
- American Cancer Society. Factores de riesgo del cáncer de seno relacionados con el estilo de vida. 2025. Accessed August 12, 2025. <https://www.cancer.org/es/cancer/tipos/cancer-de-seno/riesgos-y-prevencion/factores-de-riesgo-para-el-cancer-de-seno-relacionados-con-el-estilo-de-vida.html>
- Organización Mundial de la Salud. Obesidad y sobrepeso. May 7, 2025. Accessed August 12, 2025. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
- Shamah-Levy Teresa, Romero-Martínez M, Barrientos-Gutiérrez T, et al. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. 2023. Accessed May 18, 2025. https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutgto2022/index.php?utm_source=chatgpt.com
- Campos-Nonato I, Galván-Valencia Ó, Hernández-Barrera L, Oviedo-Solís C, Barquera S. Prevalencia de obesidad y factores de riesgo asociados en adultos mexicanos: resultados de la Ensanut 2022. *Salud Publica Mex*. 2023;65:s238-s247. doi:10.21149/14809
- Rubino F, Cummings DE, Eckel RH, et al. Definition and diagnostic criteria of clinical obesity. *Lancet Diabetes Endocrinol*. 2025; 13(3):221-262. doi:10.1016/S2213-8587(24)00316-4
- Hu JJ, Zhang QY, Yang ZC. The correlation between obesity and the occurrence and development of breast cancer. *Eur J Med Res*. 2025;30(1):419. doi:10.1186/s40001-025-02659-4
- STROBE - Strengthening the reporting of observational studies in epidemiology. Accessed October 24, 2025. <https://www.strobe-statement.org/>
- Vandenbroucke JP, Von Elm E, Altman DG, et al. Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE): Explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2007;4(10):1628-1654. doi:10.1371/JOURNAL.PMED.0040297
- Dean A, Arner T, Sunki GG, Friedman R, Lantiga M, Sangam S. Epi Info TM. Preprint posted online 2011.
- Instituto Mexicano del Seguro Social. Guía de Práctica Clínica GPC Tratamiento de Cáncer de Mama en Segundo y Tercer Nivel de Atención. Evidencias y Recomendaciones. Published online 2017. Accessed March 28, 2025. <http://www.cenetec.salud.gob.mx/contenidos/gpc/catalogoMaestroGPC.html>
- Equipo JASP. Jeffreys's Amazing Statistics Program (JASP). Preprint posted online 2024.

Crecimiento fetal en hipoxia crónica: curvas percentilares de peso al nacer en altitud elevada

Fetal growth in chronic hypoxia: birth weight percentile curves at high altitude

David ANCCASI HERMOZA¹, Carlos TORRES SALINAS^{1,2}

1 Servicio de Neonatología. Hospital Nacional Ramiro Prialé Prialé – EsSalud, Huancayo, Perú.

2 Escuela Académico Profesional de Medicina Humana, Universidad Continental, Huancayo. Perú.

Recibido: 8/agosto/2025. Aceptado: 18/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Las curvas de crecimiento al nacer utilizadas actualmente no son adecuadas para neonatos en zonas de gran altitud, se busca proponer curvas ponderales para neonatos nacidos a gran altitud.

Métodos: Estudio transversal y retrospectivo, basado en datos antropométricos de 30,756 neonatos nacidos entre enero de 2012 y diciembre de 2024 en un hospital situado a 3,250 msnm. Se incluyeron neonatos desde las 28 hasta las 42 semanas, con peso al nacer registrado dentro de las primeras 24 horas de vida. Se calcularon los percentiles 5, 10, 25, 50, 75, 90 y 95 del peso al nacer mediante modelos de regresión cuantílica, por sexo y edad gestacional. La bondad de ajuste de los modelos se evaluó con el criterio de información de Akaike y la prueba de Kolmogorov-Smirnov, finalmente se comparó con las gráficas INTERGROWTH-21st.

Resultados: Los percentiles de peso al nacer entre sexos no mostraron diferencias significativas, sino hasta después de las 37 semanas, con pesos promedio mayores en los varones, siendo la mayor de +150 g a las 42 semanas; y en su comparación respecto a INTERGROWTH-21st, se evidenció pesos más bajos para ambos sexos.

Conclusiones: Las curvas percentilares obtenidas sugieren que, para una evaluación más precisa del crecimiento fe-

tal e identificación de neonatos en riesgo en poblaciones de gran altitud, es recomendable utilizar tablas diferenciadas, debido a las diferencias de crecimiento intrauterino, derivadas de un entorno de hipoxia hipobárica crónica.

PALABRAS CLAVE

Adaptación biológica; restricción del crecimiento Intrauterino; peso fetal; hipoxia fetal; altitud; (DeCS Bireme).

ABSTRACT

Introduction: Currently used birth growth charts are not suitable for newborns in high-altitude areas. This study aims to propose weight charts for newborns born at high altitudes.

Methods: This was a retrospective, cross-sectional study based on anthropometric data from 30,756 newborns born between January 2012 and December 2024 in a hospital located at 3,250 meters above sea level. Newborns were included from 28 to 42 weeks, with birth weight recorded within the first 24 hours of life. The 5th, 10th, 25th, 50th, 75th, 90th, and 95th percentiles of birth weight were calculated using quantile regression models by sex and gestational age. The goodness of fit of the models was assessed using the Akaike information criterion and the Kolmogorov-Smirnov test, and finally compared with the INTERGROWTH-21st charts.

Results: Birth weight percentiles between sexes did not show significant differences until after 37 weeks, with higher average weights in males, the highest being +150 g at 42 weeks. When compared with INTERGROWTH-21st, lower weights were evident for both sexes.

Correspondencia:

Carlos Torres Salinas
ctorress@continental.edu.pe

Conclusions: The percentile curves obtained suggest that, for a more accurate assessment of fetal growth and identification of at-risk newborns in high-altitude populations, it is advisable to use separate charts, due to differences in intrauterine growth resulting from a chronic hypobaric hypoxia environment.

KEY WORDS

Adaptation, Biological; Fetal Growth Retardation; Fetal Weight; Fetal Hypoxia; Altitude. (MeSH terms).

INTRODUCCIÓN

Los niveles de desarrollo físico en los recién nacidos están reflejados por su crecimiento intrauterino y por ende su estado nutricional, y este último resulta esencial en la supervivencia temprana y el desarrollo post natal. Por lo tanto, las evaluaciones de salud precisas son fundamentales; en ese sentido, la curva de crecimiento al nacer es esencial para evaluar si el desarrollo físico de un niño es normal o no lo es^{1,2}. Así, su medición incluye las curvas de percentiles de peso al nacer, longitud, circunferencia de la cabeza y de tórax, para las diferentes edades gestacionales.

En ese sentido, comprender que el crecimiento fetal adecuado es un indicador crítico del estado de salud neonatal y que esta se ve influenciado por diversos factores ambientales, genéticos y maternos son cruciales^{3,4}. Tanto así que, la exposición a hipoxia crónica, propia de las poblaciones que residen a gran altitud, representa un desafío significativo para el desarrollo intrauterino^{5,6}.

Diversos estudios han demostrado que los neonatos nacidos en altitudes superiores a 2,500 metros sobre el nivel del mar presentan un peso al nacer significativamente menor en comparación con aquellos nacidos al nivel del mar⁷⁻⁹. Es por ello que, las referencias estándar de peso al nacer utilizadas globalmente, como las curvas INTERGROWTH-21st, pueden no necesariamente reflejar de modo adecuado los desenlaces subsecuentes a las condiciones fisiológicas y ambientales a la que están expuestas estas poblaciones, induciendo a una interpretación incorrecta del estado nutricional neonatal al momento de nacer.

En el contexto peruano, la región andina, caracterizada por altitudes superiores a los 3,000 metros, proporciona un entorno único para estudiar el crecimiento fetal bajo hipoxia crónica. Sin embargo, la falta de curvas percentilares específicas para estas poblaciones limita la capacidad de los profesionales de la salud para evaluar y clasificar con precisión el estado nutricional y el riesgo perinatal en los neonatos de estas zonas.

Dado que estas curvas de crecimiento ampliamente utilizadas se basan en datos de poblaciones al nivel del mar o a bajas altitudes, no son adecuadas para recién nacidos que se desarrollaron en gestaciones a grandes altitudes. Reciente-

mente, dos metaanálisis mostraron que el peso promedio al nacer disminuye desde 54,7 g hasta 96,9 g por cada 1000 m de aumento de altura^{10,11}.

Por otro lado, otros estudios han informado de una asociación significativa entre la altitud y el bajo peso al nacer, pero estas no están relacionadas necesariamente al nivel económico^{12,13}. Por lo anterior consideramos que la altitud debería incluirse como una variable de interés, y a su vez deberían establecerse curvas de crecimiento correspondientes a la altitud.

OBJETIVO

Este estudio tiene como objetivo desarrollar curvas percentilares específicas de peso al nacer para neonatos nacidos en altitudes elevadas, utilizando datos de 30,756 neonatos de un hospital, ubicado en los andes peruanos a 3,250 msnm, recopilados entre 2012 y 2024. Dichas curvas serán comparadas con la referencia internacional INTERGROWTH-21st para evaluar su aplicabilidad en esta población. La información generada busca proporcionar herramientas diagnósticas ajustadas al contexto de la hipoxia crónica, mejorando la detección y manejo oportuno de condiciones neonatales adversas en las regiones de gran altitud.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio de corte transversal y de carácter retrospectivo, empleando medidas antropométricas de neonatos nacidos en un hospital ubicado en los andes peruanos (a 3250 msnm), en el período comprendido entre enero de 2012 y diciembre de 2024. La información se extrajo de una base de datos perinatal y se corroboró mediante un doble registro independiente del servicio de neonatología; las discrepancias encontradas entre los datos fueron excluidas para el estudio. El peso al nacer se determinó en gramos utilizando básculas electrónicas sometidas a calibración periódica por el servicio de neonatología y controles de calidad del fabricante, no hubo cambios en los protocolos de medición o equipamiento durante ese período debido a contar con personal de planta y carencia de renovación de equipos. Se incluyeron únicamente neonatos únicos, con edades gestacionales de 28 a 42 semanas, cuyo peso se registró durante las primeras 24 horas de vida, y que no presentaron malformaciones congénitas ni patologías que pudieran incidir en el crecimiento intrauterino.

Asimismo, la investigación contó con la aprobación del comité de ética del hospital N°58-CIEI, respetando la confidencialidad y anonimato de los participantes.

Criterios de inclusión y exclusión:

Los criterios de inclusión abarcaron: Todos los neonatos vivos nacidos en el hospital desde enero de 2012 hasta di-

ciembre de 2024, cuyas madres residían a una altitud de entre 2500 y 3500 msnm, y que presentaban una edad gestacional al nacer comprendida entre 28 y 42 semanas.

Se excluyeron los embarazos múltiples, los casos con información clínica incompleta, así como aquellos con antecedentes de trastornos hipertensivos del embarazo (incluida la preeclampsia severa), diabetes gestacional, disfunción tiroidea, insuficiencia cardíaca o renal. También se excluyeron gestantes que no hubieran residido al menos un año en el rango de altitud previamente descrito, así como fetos con cromosomopatías, malformaciones congénitas mayores u otras condiciones capaces de impactar en el crecimiento y peso fetal.

Análisis estadístico

Este estudio se dividió en grupos por semanas de edad gestacional, con un grupo por cada semana gestacional; la edad gestacional del grupo de 28 semanas de gestación fue de 28^{0/7} – 28^{6/7} semanas, siendo del mismo modo para las siguientes edades gestacionales. La recopilación de datos, los controles logísticos y el análisis estadístico básico se realizaron utilizando el software R (versión 4.2.2).

Los datos con una distribución normal se expresaron como media $\pm$ desviación estándar (DE), las frecuencias se expresaron como números (%) y los datos con distribuciones sesgadas se expresaron como rangos intercuartiles. Los valores atípicos (media $\pm$ 5 DE) se eliminaron cuando se estableció un estándar de referencia. Se calcularon los percentiles 5, 10, 50, 90 y 95 del peso al nacer para cada semana de edad gestacional, estratificados por sexo. Para el desarrollo de las curvas percentilares, se utilizó el método Lambda-Mu-Sigma (LMS) mediante el modelo Generalized Additive Models for Location, Scale, and Shape (GAMLSS), empleando la distribución Box-Cox Cole and Green, ampliamente utilizada en estudios de crecimiento neonatal. La selección del mejor modelo se realizó mediante el criterio de información de Akaike (AIC), comparando distribuciones Normal, Box-Cox t y Box-Cox Cole and Green, eligiéndose la de menor AIC.

La comparación de las curvas ajustadas para sexo y edad gestacional obtenidas con la referencia INTERGROWTH-21st, se calcularon percentiles y puntajes Z para cada neonato utilizando la media y desviación estándar de la referencia internacional. Se emplearon las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Wilcoxon para determinar diferencias en la distribución del peso al nacer entre ambas referencias. Todas las pruebas estadísticas consideraron un nivel de significancia de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Se encontró que para la totalidad de neonatos analizados, la población se distribuyó en 49.74 % mujeres (12,981) y 50.26 % varones (13,117); de los cuáles el 94.27 % fueron nacidos a término y 5.73 % prematuros; el mismo se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Frecuencia según edad gestacional para sexo masculino y femenino

Frecuencias por Edad Gestacional y Sexo						
EG	Mujeres		Varones		Subtotal	
	N	%	N	%	N	%
28	3	60.00	2	40.00	5	0.02
29	4	57.14	3	42.86	7	0.03
30	11	50.00	11	50.00	22	0.08
31	14	50.00	14	50.00	28	0.11
32	29	41.43	41	58.57	70	0.27
33	33	37.93	54	62.07	87	0.33
34	78	40.21	116	59.79	194	0.74
35	153	45.27	185	54.73	338	1.30
36	354	47.52	391	52.48	745	2.85
37	773	48.62	817	51.38	1590	6.09
38	2298	50.61	2243	49.39	4541	17.40
39	4567	52.46	4139	47.54	8706	33.36
40	3797	49.19	3922	50.81	7719	29.58
41	798	42.67	1072	57.33	1870	7.17
42	69	39.20	107	60.80	176	0.67
Total	12981	49.74	13117	50.26	26098	100

Dentro del grupo de neonatos pretérmino, el 4,89 % fueron clasificados como pretérmino tardío (34-36 semanas) y el 0,84 % como pretérmino temprano (28-33 semanas).

En cuanto al peso de nacimiento, la mayoría de los recién nacidos contaron con peso adecuado al nacer (98,75 %), macrosómicos (2,7 %), bajo peso al nacer (0,98 %), muy bajo peso al nacer (0,27 %) y extremo bajo peso al nacer (0,01 %). (Figura 1).

Los percentiles de peso de nacimiento fueron calculados y diferenciados por sexo. Se verificó la normalidad de la distribución de los pesos de nacimiento y se analizó la similitud de medias a través de la prueba t de Student. Se encontró que no hay diferencias significativas en el peso de nacimiento entre varones y mujeres hasta la semana 36 de edad gestacional; sin embargo, a partir de la semana 37 se evidenció mayor status ponderal en los varones (Figura 2).

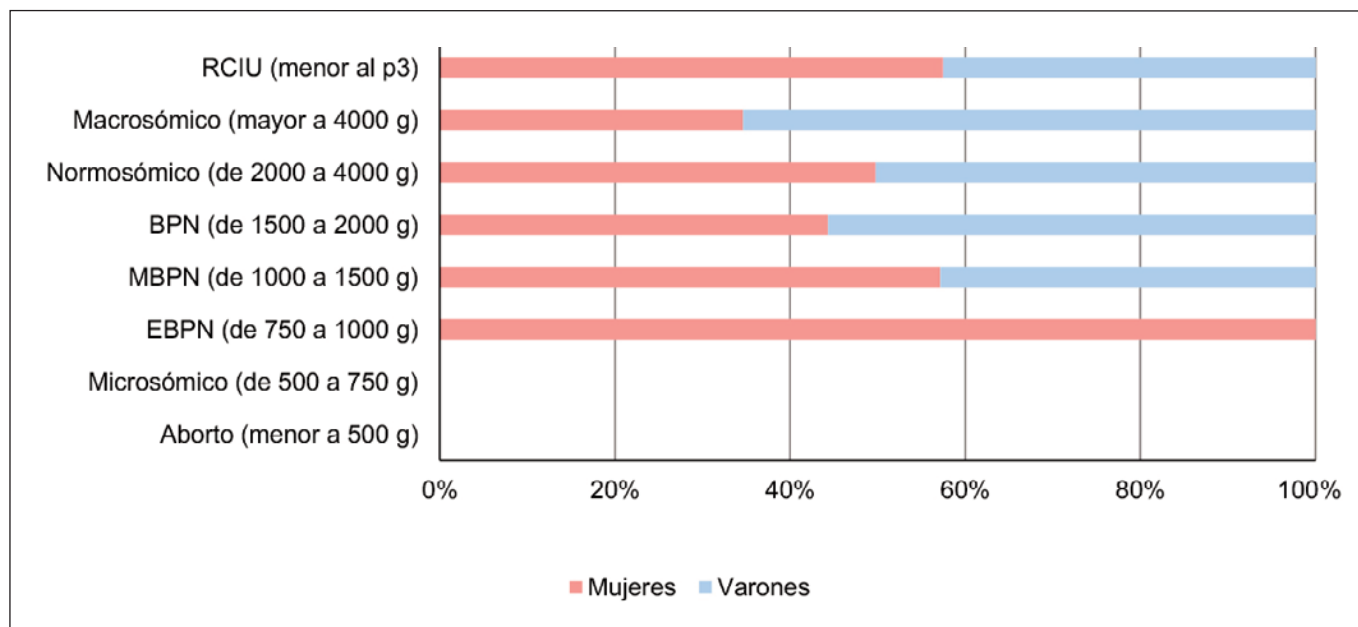


Figura 1. Distribución de la población estudiada en función de la clasificación según edad gestacional al nacer

Seguidamente, se procedió a integrar en una sola gráfica percentilar el comportamiento ponderal según edad gestacional, indistintamente del sexo (Figura 3).

Se identificó una diferencia significativa en los percentiles de peso de nacimiento entre varones y mujeres a partir de la semana 37 de gestación, mientras que para neonatos pretérmino no se hallaron diferencias estadísticamente significativas en el peso de nacimiento entre sexos.

Finalmente, las curvas de percentiles recientemente desarrolladas para el peso al nacer de los recién nacidos en áreas de gran altitud se compararon con el estándar internacional INTERGROWTH-21st (Figura 4). En los percentiles 10, 50 y 90 de peso para edad gestacional en varones, los estándares entre INTERGROWTH-21st y los hallados en esta investigación fueron más cercanos respecto a otras edades gestacionales; mientras que en el resto se observó pesos menores en la población de gran altitud; del mismo modo, para el percentil 90 (p90), el estándar de gran altitud fue menor respecto al estándar internacional con una diferencia de hasta 390 g, y específicamente entre las semanas 40, 41 y 42. Sin embargo, para todos los percentiles estudiados se encontró mayores diferencias entre las 32 a 35 semanas.

Para el caso de mujeres, las curvas mostraron una mejor correlación entre las semanas 35 a 38, y se obtuvo una diferencia de hasta 264g en el percentil 90. Para la misma población, destaca que las diferencias más notorias y para los percentiles 10, 50 y 90 fueron a edades gestacionales menores; específicamente las 30 y 33 semanas (Figura 5).

DISCUSIÓN

Se considera altitud a los 1500 msnm debido a que, a partir de este, se ha observado incipientes adaptaciones y efectos que afectan un rendimiento físico que a nivel del mar se considerarían normales. En ese sentido, un estudio sobre estimación de la cantidad de población que humana que reside en grandes altitudes destaca que 500,3 millones de personas viven a ≥ 1500 msnm, 81,6 millones a ≥ 2500 msnm y 14,4 millones a ≥ 3500 msnm. Etiopía tiene la mayor población absoluta a ≥ 1500 y ≥ 2500 msnm, mientras que China la tiene a ≥ 3500 msnm, mientras que Bolivia presenta el mayor porcentaje a ≥ 2500 msnm y ≥ 3500 msnm¹⁴.

De ese modo, para entrar en contexto se debe recordar que; durante las primeras etapas del embarazo, el embrión se desarrolla en un entorno caracterizado por baja disponibilidad de oxígeno, donde en la fase histiotrófica son puramente dependientes de los sustratos presentes en dicho entorno y ello sucede hasta aproximadamente la décima semana de gestación, en condiciones de hipoxia relativa¹⁵. Se puede creer que esta condición reducida en oxígeno pueda ser necesaria para prevenir el daño celular ocasionado por especies reactivas propias del oxígeno¹⁶. Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que la hipoxemia asociada a la altitud puede afectar adversamente el proceso de embriogénesis y, en consecuencia, la formación de órganos, como se presentó en un estudio que revela un número mayor de malformaciones en gestaciones a mayor altitud sobre el nivel del mar¹⁷.

A partir de la décima a la duodécima semana, estudios basados en ultrasonografía Doppler han documentado el inicio

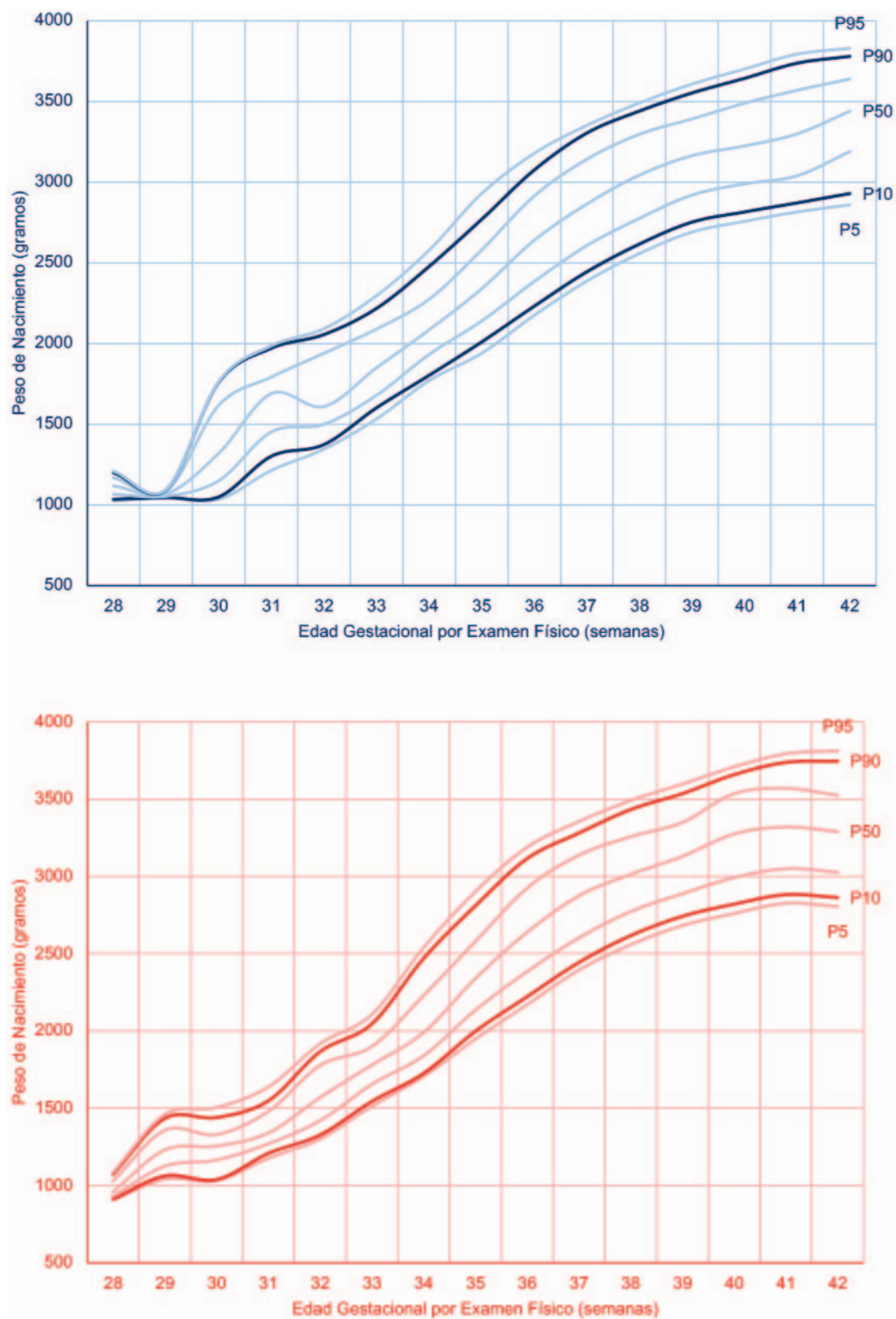


Figura 2. Curvas percentilares de peso al nacer de neonatos nacidos de gestación a 3250 msnm

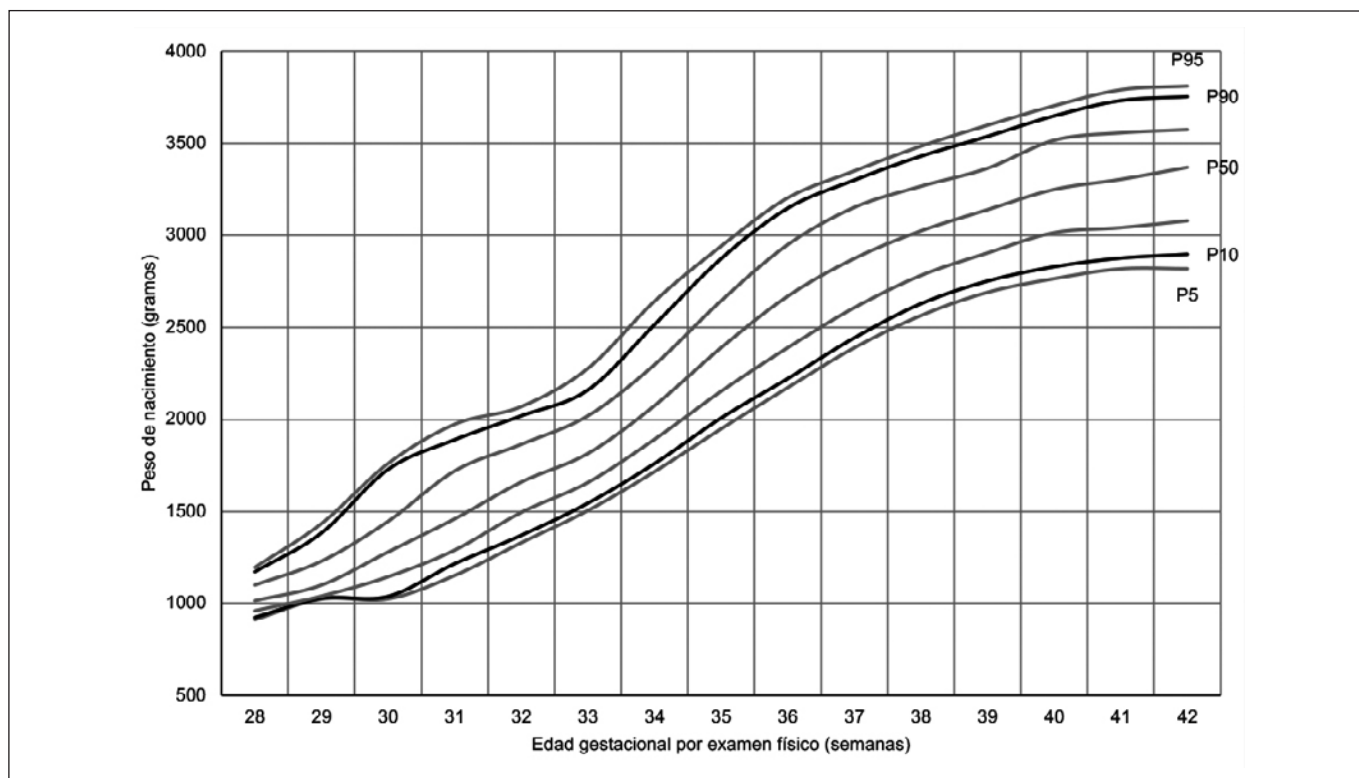


Figura 3. Curvas percentilares de peso al nacer para edad gestacional, en neonatos nacidos de gestación a 3250 msnm

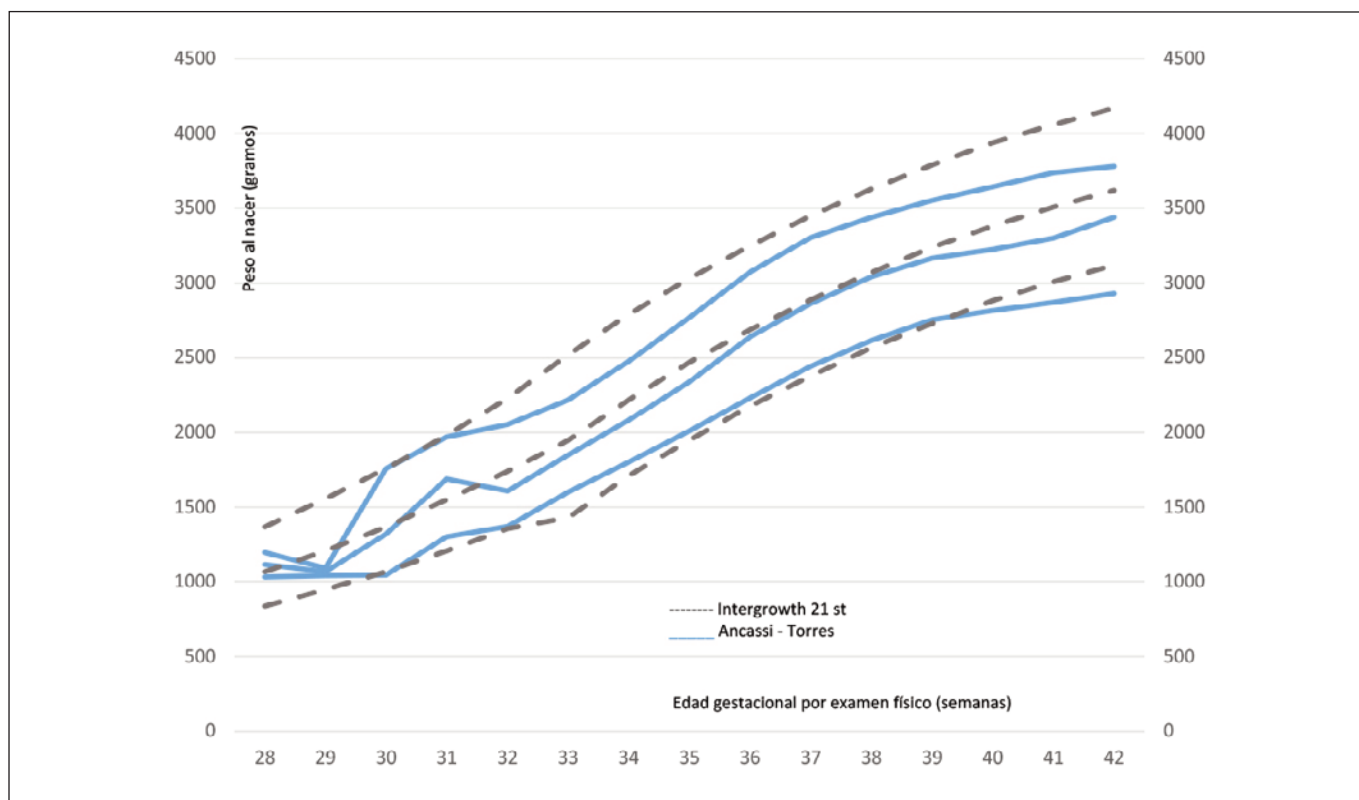


Figura 4. Comparación entre el crecimiento ponderal de neonatos masculinos, nacidos a 3250 msnm., versus INTERGROWTH-21st

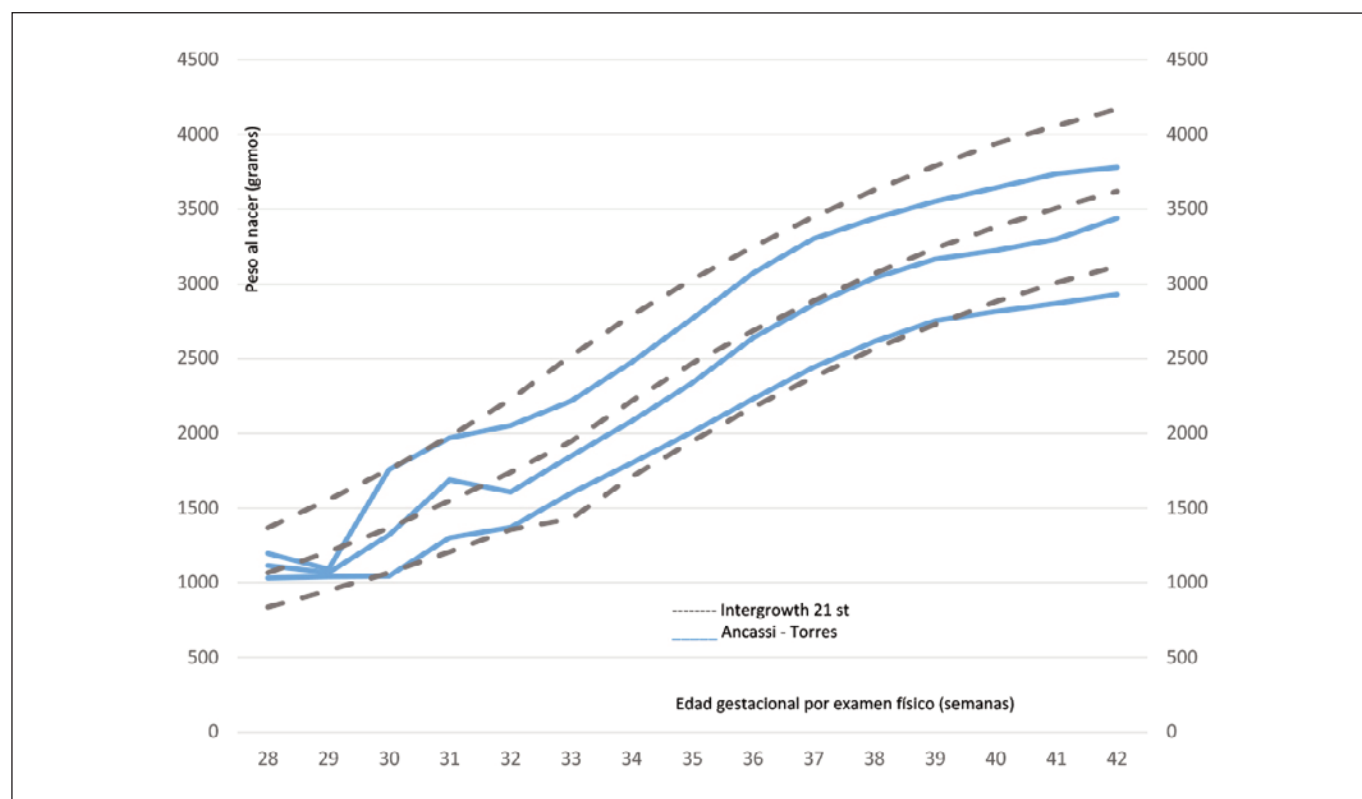


Figura 5. Comparación entre el crecimiento ponderal de neonatos femeninos, nacidos de gestación a 3250 msnm., versus INTERGROWTH-21st

del flujo sanguíneo hacia el espacio intervelloso. Una vez culminada la fase de organogénesis, se produce la transición hacia una nutrición predominantemente hemotrófica al comienzo del segundo trimestre, momento en el cual la circulación placentaria se encuentra completamente desarrollada. En esta etapa, la presión parcial de oxígeno en la placenta aumenta aproximadamente tres veces en comparación con los niveles iniciales¹⁸.

La presencia de estrés oxidativo durante esta transición se ha asociado con un mayor riesgo de preeclampsia y pérdida gestacional espontánea. De igual forma, la hipoxia inherente a la gran altitud repercute negativamente en esta fase crítica del desarrollo fetal, durante la cual tiene lugar la organogénesis y por ende es esperable desenlaces como un mayor número de mortalidad y/o malformaciones^{19,20}.

Del mismo modo, y de manera más específicamente respecto a este estudio también existe evidencia previa de resultados ponderales de recién nacidos, distintos a la población sobre el nivel del mar, existiendo incluso para ello estándares internacionales como el INTERGROWTH-21st, el cual fue elaborado con poblaciones nacidas a altitudes menores de 1600 m s. n. m., donde el peso promedio para un neonato masculino de 40 semanas es de aproximadamente 3,319 g, y para un neonato femenino, 3,229 g²¹. En contraste,

en nuestra cohorte, los pesos promedio a las 40 semanas fueron de 2,933 g (varones) y 2,850 g (mujeres), reflejando una reducción de aproximadamente 300–400 gramos. Esta disminución es consistente con estudios que han documentado que la hipoxia ambiental característica de las zonas de alta altitud limita el crecimiento fetal intrauterino.

La influencia negativa de la altitud sobre el peso al nacer ha sido ampliamente documentada. Un metaanálisis de Yao et al., encontró que el peso al nacer disminuye en promedio 102 gramos por cada 1000 metros de ascenso²². Así, a 3250 m s. n. m., se esperaría una reducción de 300 a 350 gramos, en línea con los hallazgos de este estudio.

La hipoxia crónica afecta múltiples aspectos del desarrollo fetal, desde la vascularización placentaria hasta la transferencia de nutrientes²³. Moore et al., demostraron que el volumen sanguíneo materno y la perfusión uterina se reducen significativamente en mujeres embarazadas residentes en altura, contribuyendo al retraso de crecimiento intrauterino²⁴.

Adicionalmente, existe evidencia de adaptaciones fisiológicas en poblaciones andinas, tibetanas y etíopes. Beall reportó que, en poblaciones andinas, se observan adaptaciones como mayores concentraciones de hemoglobina materna y mayor flujo sanguíneo uteroplacentario, lo que puede mitigar par-

cialmente los efectos adversos de la hipoxia²⁵. Sin embargo, estas adaptaciones no eliminan completamente la reducción del peso al nacer.

Un aspecto importante a considerar es la necesidad de contar con curvas de crecimiento específicas para altitud. Giussani et al. propusieron que la utilización de estándares basados en poblaciones de nivel del mar podría sobreestimar la prevalencia de RCIU en poblaciones de gran altitud, dado que la menor masa corporal puede representar una adaptación fisiológica y no necesariamente patología²⁶.

Finalmente, en un análisis realizado por Julian et al., se evidenció que los hijos de madres residentes en altura presentaban una tasa menor de complicaciones perinatales que aquellas de madres trasladadas recientemente a altura, lo que refuerza el concepto de adaptación genética y epigenética a ambientes hipobáricos²⁷.

En conclusión, nuestros hallazgos refuerzan la evidencia de que el peso al nacer se encuentra sistemáticamente reducido en poblaciones de gran altitud debido a la hipoxia ambiental, y que las comparaciones deben realizarse con estándares específicos para evitar errores diagnósticos. Se recomienda el desarrollo de curvas locales ajustadas a la altitud, que reflejen adecuadamente la fisiología de estas poblaciones.

Las limitaciones de este estudio incluyen el tamaño reducido de la muestra en los grupos de neonatos prematuros, especialmente en edades gestacionales extremas. Además, la falta de estandarización en los registros hospitalarios impidió la recolección de algunos datos relevantes, como la altura materna, que puede influir en el crecimiento fetal y el estudio que se llevó a cabo en un hospital (EsSalud), donde los pacientes tienen un trabajo formal y por ende un mejor acceso económico a diferencia del seguro integral peruano (SIS), donde es probable que las curvas ponderales sean aún más bajas.

CONCLUSIONES

Es esencial situarse en cada contexto de altitud sobre el nivel del mar y evaluar el desarrollo ponderal de los neonatos según tablas desarrolladas para tal condición. Este estudio demuestra la influencia de la hipoxia hipobárica en la reducción del peso final que presentan fetos que se desarrollan en gestaciones expuestas a gran altitud. Recomendamos la realización de estudios multicéntricos con un diseño prospectivo riguroso que incluya más neonatos prematuros y a la vez considere el asentamiento histórico de grupos poblacionales a lo largo de la cordillera de los andes en América Latina, para una diferenciación más precisa de poblaciones de riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norris T. Prenatal and infant growth. In: Cameron N, Schell LM, editors. Human Growth and Development. 3rd ed. Academic Press; 2022. p. 23-72. doi:10.1016/B978-0-12-822652-0.00021-3.
2. Altimier L, Phillips R. The Neonatal Integrative Developmental Care Model: Advanced Clinical Applications of the Seven Core Measures for Neuroprotective Family-centered Developmental Care. *Newborn Infant Nurs Rev.* 2016;16(4):230-44. doi:10.1053/j.nainr.2016.09.030.
3. Malhotra A, Allison B, Castillo-Melendez M, Jenkin G, Polglase G, Miller S. Neonatal Morbidities of Fetal Growth Restriction: Pathophysiology and Impact. *Front Endocrinol.* 2019;10:55. doi:10.3389/fendo.2019.00055.
4. Chew L, Osuchukwu O, Reed D, et al. Fetal Growth Restriction. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan [updated 2024 Aug 11; citado 2025 May 4]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562268/>
5. Hutter D, Kingdom J, Jaeggi E. Causes and mechanisms of intrauterine hypoxia and its impact on the fetal cardiovascular system: a review. *Int J Pediatr.* 2010;2010:401323. doi:10.1155/2010/401323.
6. Avila-Hilari A, Tinoco-Solorzano A, Vélez-Páez J. Critical pregnancy at altitudes: A look at Latin America. *Med Intensiva.* 2024;48(7):411-20. Disponible en: <https://www.medintensiva.org/en-critical-pregnancy-at-altitude-a-articulo-S2173572724001024>
7. Haas J, Baker P, Hunt E. The Effects of High Altitude on Body Size and Composition of the Newborn Infant in Southern Peru. *Hum Biol.* 1977;49(4):611-28. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/41464481>
8. Hernández-Vásquez A, Bartra A, Vargas-Fernández R. Altitude and Its Association with Low Birth Weight among Children of 151,873 Peruvian Women: A Pooled Analysis of a Nationally Representative Survey. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(2):1411. doi:10.3390/ijerph20021411.
9. Bailey A, Donnelly M, Bol K, Moore L, Julian C. High Altitude Continues to Reduce Birth Weights in Colorado. *Matern Child Health J.* 2019;23(11):1573-80. doi:10.1007/s10995-019-02788-3.
10. Grant I, Giussani D, Aiken C. Fetal growth and spontaneous preterm birth in high-altitude pregnancy: A systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Int J Gynaecol Obstet.* 2022;157(2):221-9. doi:10.1002/ijgo.13779.
11. Yang L, Helbich-Poschacher V, Cao C, Klebermass-Schrehof K, Waldhoer T. Maternal altitude and risk of low birthweight: A systematic review and meta-analyses. *Placenta.* 2020;101:124-31. doi:10.1016/j.placenta.2020.09.010.
12. Giussani D, Phillips P, Anstee S, et al. Effects of Altitude versus Economic Status on Birth Weight and Body Shape at Birth. *Pediatr Res.* 2001;49:490-4. doi:10.1203/00006450-200104000-00009.
13. Wehby G, Castilla E, Lopez-Camelo J. The impact of altitude on infant health in South America. *Econ Hum Biol.* 2010;8(2):197-211. doi:10.1016/j.ehb.2010.04.002.
14. Tremblay J, Ainslie P. Global and country-level estimates of human population at high altitude. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2021;118(18):e2102463118. doi:10.1073/pnas.2102463118.
15. Chakraborty D, Rumi M. The Impact of Hypoxia in Early Pregnancy on Placental Cells. *Int J Mol Sci.* 2021;22(18):9675. doi:10.3390/ijms22189675.

16. Julian C, Wilson M, Moore L. Evolutionary adaptation to high altitude: a view from in utero. *Am J Hum Biol.* 2009;21(2):614-22. doi:10.1002/ajhb.20800.
17. Moore L, Charles S, Julian C. Human adaptation to high altitude: regional and life-cycle perspectives. *Am J Phys Anthropol.* 2011;146(Suppl 53):25-64. doi:10.1002/ajpa.21659.
18. Bailey B, Euser A, Bol K, Julian C, Moore L. High-altitude residence alters blood-pressure course and increases hypertensive disorders of pregnancy. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2022;35(7):1264-71. doi:10.1080/14767058.2020.1745181.
19. Ibarra-Ibarra B, Luna-Muñoz L, Mutchinick O, Arteaga-Vázquez J. Moderate altitude as a risk factor for isolated congenital malformations. Results from a case-control multicenter-multiregional study. *Birth Defects Res.* 2024;116(7):e2335. doi:10.1002/bdr2.2335.
20. Gonzales GF, Tapia V, Fort AL. Maternal and perinatal outcomes in pregnancies at high altitude in Peru. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2025;38(1):1-7. doi:10.1016/j.jmfm.2024.10.005.
21. Villar J, Cheikh Ismail L, Victora C, et al. International standards for newborn weight, length, and head circumference by gestational age and sex: The Newborn Cross-Sectional Study of the INTERGROWTH-21st Project. *Lancet.* 2014;384(9946):857-68. doi:10.1016/S0140-6736(14)60932-6.
22. Yao J, Jin Z, Li J, et al. Birth weight at high altitude: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE.* 2020;15(5):e0233386. doi:10.1371/journal.pone.0233386.
23. Zamudio S. High-altitude hypoxia and preeclampsia. *Front Biosci.* 2007;12:2967-77. doi:10.2741/2298.
24. Moore L, Charles S, Julian C. Humans at high altitude: hypoxia and fetal growth. *Respir Physiol Neurobiol.* 2011;178(1):181-90. doi:10.1016/j.resp.2011.04.018.
25. Beall C. Two routes to functional adaptation: Tibetan and Andean high-altitude natives. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2007;104(Suppl 1):8655-60. doi:10.1073/pnas.0701985104.
26. Giussani D, Davidge S. Developmental programming of cardiovascular disease by prenatal hypoxia. *J Dev Orig Health Dis.* 2012;4(5):328-37. doi:10.1017/S2040174412000595.
27. Julian C, Moore L. Human genetic adaptation to high-altitude hypoxia. *Respir Physiol Neurobiol.* 2017;258:18-27. doi:10.1016/j.resp.2017.03.009.

Implementation of low FODMAP-based dietary therapy combined with zero waste principles in the management of IBS – case study

Maja Agata KOZŁOWSKA, Joanna WYKA

Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Faculty of Biotechnology and Food Science, Department of Human Nutrition.

Recibido: 12/septiembre/2025. Aceptado: 26/noviembre/2025.

ABSTRACT

Introduction: Irritable Bowel Syndrome (IBS) is a chronic functional gastrointestinal disorder characterized by abdominal pain, bloating, and altered bowel habits. The low FODMAP diet (Fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides and polyols) is one of the most documented dietary interventions in IBS, though its application may be limited by psychological and economic factors.

Objectives: To evaluate the effectiveness of a personalized nutritional intervention based on the low FODMAP diet, considering both patient-centered needs and food waste reduction.

Material and Methods: A 26-year-old female patient with IBS diagnosed according to Rome IV criteria was studied using a longitudinal single-case study with pre-post intervention assessment. Symptoms were assessed with the Gastrointestinal Symptom Rating Scale (GSRS), dietary-health interviews, and body composition measurements by bioelectrical impedance. The intervention lasted seven months and followed three phases of the low FODMAP protocol, incorporating psychological support and the zero-waste concept.

Results: A clinically relevant improvement was observed, with gastrointestinal symptoms reduced and quality of life enhanced. The mean GSRS score decreased from 6.0 to 1.9 points on a scale ranging from 1 (no symptoms) to 7 (severe symptoms). Although statistical analysis was not applicable due to the single-case design, the observed change (average reduction of 4.1 points, corresponding to a 68.3% decrease) suggests

clinical relevance. The main methodological limitation of this report lies in its single-case nature, which limits the generalizability of the findings; therefore, further studies with larger sample sizes are needed to confirm these results.

Discussion: Evidence from meta-analyses and randomized trials supports the low FODMAP diet in reducing IBS symptoms. At the same time, this dietary approach requires individualization and professional supervision, as it may limit dietary diversity and contribute to psychological burden.

Conclusions: Personalized dietary therapy based on low FODMAP principles may be effective in managing IBS, particularly when combined with nutritional education and an eco-friendly approach. The results are consistent with current literature supporting the efficacy of the low FODMAP diet in reducing IBS symptoms. An additional advantage of this intervention was integrating the zero-waste principle, which may have positively impacted both the patient's economic situation and nutritional awareness.

KEYWORDS

Gastrointestinal symptoms, Nutritional counseling, Personalized nutrition; Food sustainability.

ABBREVIATIONS

BMI: Body Mass Index.

FODMAP: Fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides and polyols.

GSRS: Gastrointestinal Symptom Rating Scale.

IBS: Irritable Bowel Syndrome.

IBS-QoL: Irritable Bowel Syndrome Quality of Life.

IBS-SSS: Irritable Bowel Syndrome Symptom Severity Score.

Correspondencia:

Maja Agata Kozłowska
121411@student.upwr.edu.pl

INTRODUCTION

Irritable Bowel Syndrome (IBS) is a chronic intestinal disorder characterized by abdominal pain or discomfort. It is associated with changes in bowel frequency and/or stool consistency. These changes are not caused by organic or biochemical disorders. Additional symptoms may include urgency, bloating, a sensation of incomplete evacuation, heartburn, nausea, vomiting, menstrual disturbances, frequent urination, or psychological disorders. IBS is diagnosed based on the Rome IV criteria^{1,2}. The exact cause of IBS is unknown. Functional gastrointestinal disorders may result from, among other factors, visceral hypersensitivity to pain, disturbances in the gut–brain axis, impaired intestinal motility and transit, inappropriate diet and lifestyle, prior infection, genetic factors, alterations in gut microbiota, mental health dysfunctions, and psychosocial factors²⁻⁴. Globally, approximately 3.8% of individuals are affected by IBS according to the Rome IV criteria, and 10% according to the Rome III criteria². The foundation of IBS management includes diet, lifestyle modification, and normalization of stress-related factors and responses². The most commonly applied dietary therapy in clinical practice is the low FODMAP diet (Fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides, and polyols). This diet is based on eliminating or restricting carbohydrates that may exacerbate IBS symptoms. It was developed by researchers at Monash University in Australia between 2004 and 2010^{2,5}. The low FODMAP diet is an elimination diet and therefore has application limitations. It should not be implemented in individuals with diagnosed eating disorders, children, undernourished individuals or those at risk of malnutrition, highly selective eaters, or individuals following other elimination diets. In such cases, a mild version of the diet, excluding only certain FODMAP-containing products, or an individualized dietary therapy tailored to the patient, may be considered². The diet also has economic limitations. Strict portioning based on the Monash app⁶ or recommended and non-recommended food tables may lead to unused food, which eventually spoils and must be discarded. Food waste is a major global issue, with about one-third of food produced worldwide not being consumed⁷. In 2015, as an EU member, Poland implemented a sustainable development strategy based on Agenda 2030, which includes 17 Sustainable Development Goals. Goal 12 is to “Ensure sustainable consumption and production patterns”⁸, including halving food waste. Zero-waste strategies, which aim to minimize waste to the absolute minimum⁹, are a growing trend in society. In summary, the standard low FODMAP diet may conflict with sustainable development and zero-waste principles and can impose psychological burdens on stress-prone patients, such as those with IBS. Over 70% of IBS patients experience anxiety or depression¹. These factors should be considered when implementing the diet, with modifications aimed at making it more patient- and environmentally friendly. This study presents a case of a Polish female IBS patient for whom the standard low FODMAP diet was not feasible due to the patient’s individual characteristics and psy-

chodietary limitations. The diet was modified to suit the patient’s needs and capabilities. The article highlights the importance of individualized patient care and tailored dietary recommendations, particularly for psychologically burdened patients.

OBJECTIVES

To conduct a nutritional intervention based on the low FODMAP diet, taking into account an individualized, patient-centered approach, and to analyze the effectiveness of the implemented dietary therapy.

MATERIALS AND METHODS

This study employed a single-case longitudinal design with pre–post symptom evaluation, focusing on the analysis of a patient with IBS. A non-probabilistic, purposive sampling method was used, meaning the patient was selected due to specific clinical and diagnostic characteristics that illustrate the problem under investigation¹⁰. The participant was a 26-year-old female diagnosed with irritable bowel syndrome according to the Rome IV criteria. A gastroenterologist recommended the low FODMAP diet. An additional goal for the patient was body weight reduction. Before implementing the full low FODMAP dietary intervention, a dietary and health interview was conducted. The patient reported a history of eating disorders, currently treated depression, and severe anxiety toward consuming certain food groups/products. She also requested that a zero-waste strategy be incorporated into her meal plan and dietary recommendations. Based on the information obtained, the classical low FODMAP diet was modified, introducing a dietary therapy based on low FODMAP principles combined with food waste reduction. Body composition was measured using bioelectrical impedance analysis (Tanita WB-150 MA, Tanita Corporation, Tokyo, Japan). The device was calibrated according to the manufacturer’s instructions before each session. All measurements were performed in the morning, with the patient in a fasted state and after voiding, to ensure consistency in hydration and body fluid status. Symptoms were assessed using 11 questions from the Gastrointestinal Symptom Rating Scale (GSRS) on a scale ranging from 1 (no symptoms) to 7 (severe symptoms). The main symptoms included abdominal pain, bloating, and constipation, which were exacerbated under stress. The intervention lasted seven months, from July 2024 to February 2025, and comprised three dietary phases: Phase 1 – elimination, Phase 2 – reintroduction, and Phase 3 – stabilization, following the low FODMAP protocol. Phase 1 involved excluding high-FODMAP foods for three weeks. Quantities were adjusted to Polish market availability to minimize waste, ensuring adherence to the zero-waste principle. After this period, symptoms were evaluated using the GSRS questionnaire. If improvement was observed (reduction to 5 or less in at least half of the questions), the patient proceeded to Phase 2; otherwise, Phase 1 continued for another three weeks. If no improvement occurred after six weeks, an alternative intervention, such as a low-residue diet, would have been

considered. Phase 2 involved gradual reintroduction of excluded foods, based on patient tolerance. Foods causing minimal gastrointestinal discomfort and anxiety were reintroduced first, in small portions ($\frac{1}{4}$ to $\frac{1}{2}$ of typical intake), with gradual increase in the following month depending on symptom occurrence. If symptoms appeared, the product was excluded and reintroduced after a one-month break. This approach aimed to reduce patient stress from constant portion calculations and minimize food

waste. Phase 2 lasted four months. Phase 3 consisted of stabilization with a personalized Mediterranean-style diet, excluding intolerant foods, for two months. Throughout the intervention, the patient maintained continuous contact with a dietitian and received educational materials, including monitoring tasks, leaflets, and a patient guide. A total of nine visits were conducted during the intervention. The dietary intervention process comprised seven components, as shown in Figure 1.

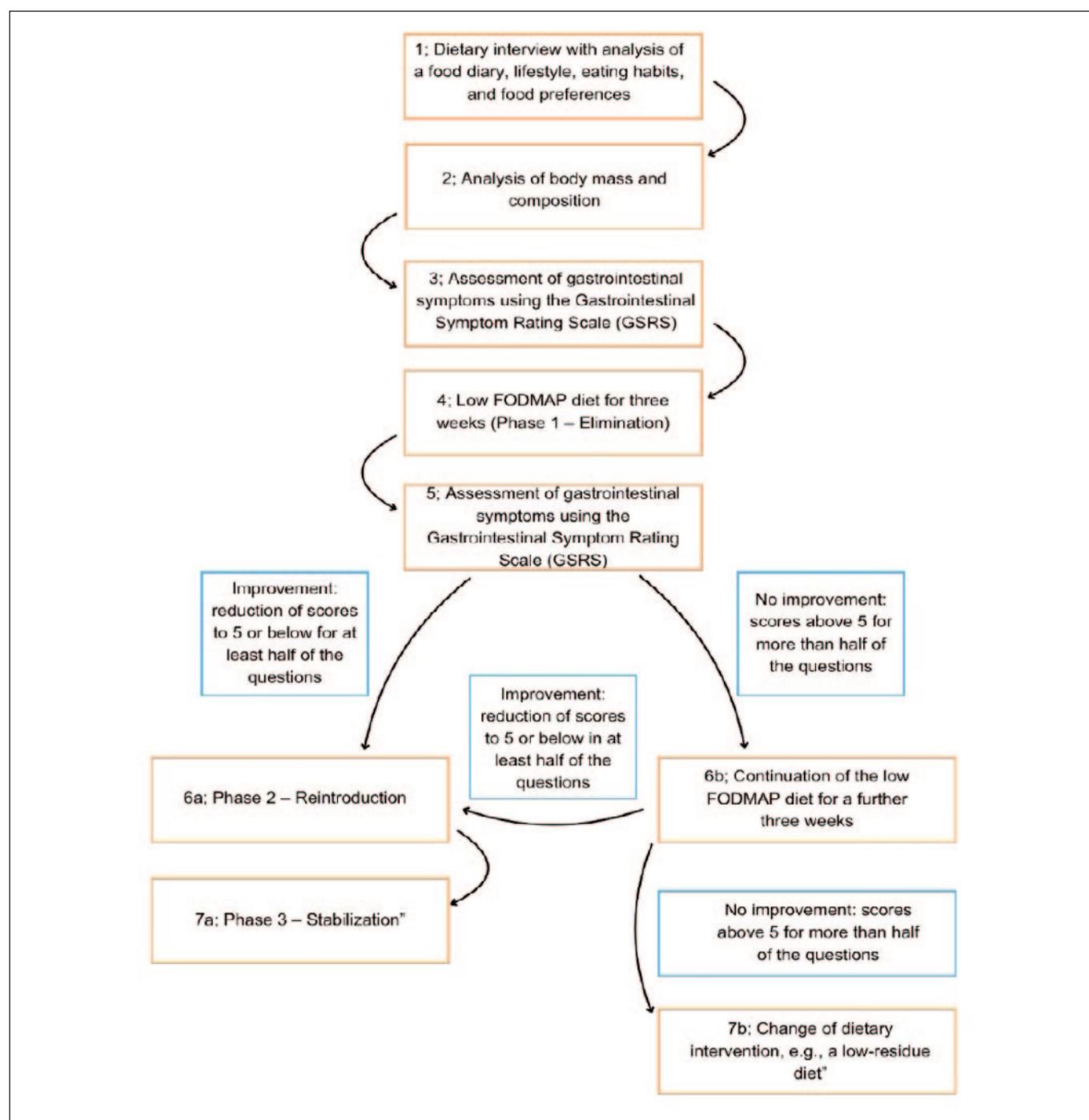


Figure 1. Simplified study design (authors' own elaboration)

Ethical approval for this study was obtained from the Rector's Committee on Research Ethics of the Wrocław University of Environmental and Life Sciences (Resolution No. 14/2023, dated June 29, 2023). Written informed consent was obtained from the patient for participation and publication of the case details.

RESULTS

The implementation of dietary therapy based on low FODMAP principles, complemented by elements of the zero-waste concept, proved effective in reducing IBS symptoms in the patient. Figure 2 presents a comparison of the GSRS questionnaire results from the initial and follow-up visits after completing the first dietary phase, the elimination phase.

A marked reduction in gastrointestinal symptoms and an improvement in the patient's quality of life were observed. The mean GSRS score decreased from 6.0 to 1.9 points on a scale ranging from 1 (no symptoms) to 7 (severe symptoms), representing an average improvement of 4.1 points, corresponding overall reduction of 68.3% in GSRS mean score. Due to the single-case design, statistical significance was not assessed; however, a clinically relevant improvement was observed. A score of 5 or below in more than half of the GSRS items was used as the cut-off point (as shown in Figure 1), suggesting clinically relevant improvement. As illustrated in the Figure 2, 10 out of 11 questionnaire items (representing

90.9% of the questions), scores decreased to 5 or below, allowing the patient to progress to the next phase, the reintroduction phase. The only exception was question 9, regarding increased bowel frequency in the past week, which worsened from 1 to 3. The patient explained that this was due to consuming lactose-containing Skyr yogurt instead of the lactose-free version, which triggered diarrhea. Once replaced with a lactose-free product, symptoms resolved, and the patient adjusted her response back to 1. Modifications applied in this phase are presented in Table 1.

Portion sizes were increased by an average of approximately 29.8% relative to the amounts allowed according to the Monash app. Minor adjustments in food portions were sufficient to yield measurable benefits in terms of dietary therapy effectiveness, environmental impact, and psychosocial well-being (patient's mental health). The modified reintroduction phase produced favorable outcomes. Food groups/products were gradually added according to the patient's psychological and physiological tolerance and the zero-waste principle. Analysis of the results indicated that most newly introduced foods were well tolerated, allowing for a significant expansion of the diet while maintaining symptom reduction. Reintroduction also enabled identification of symptom-triggering foods; in this patient, lactose-containing products caused symptoms. Their elimination, combined with expansion of other dietary components, positively affected dietary variety and the patient's quality of

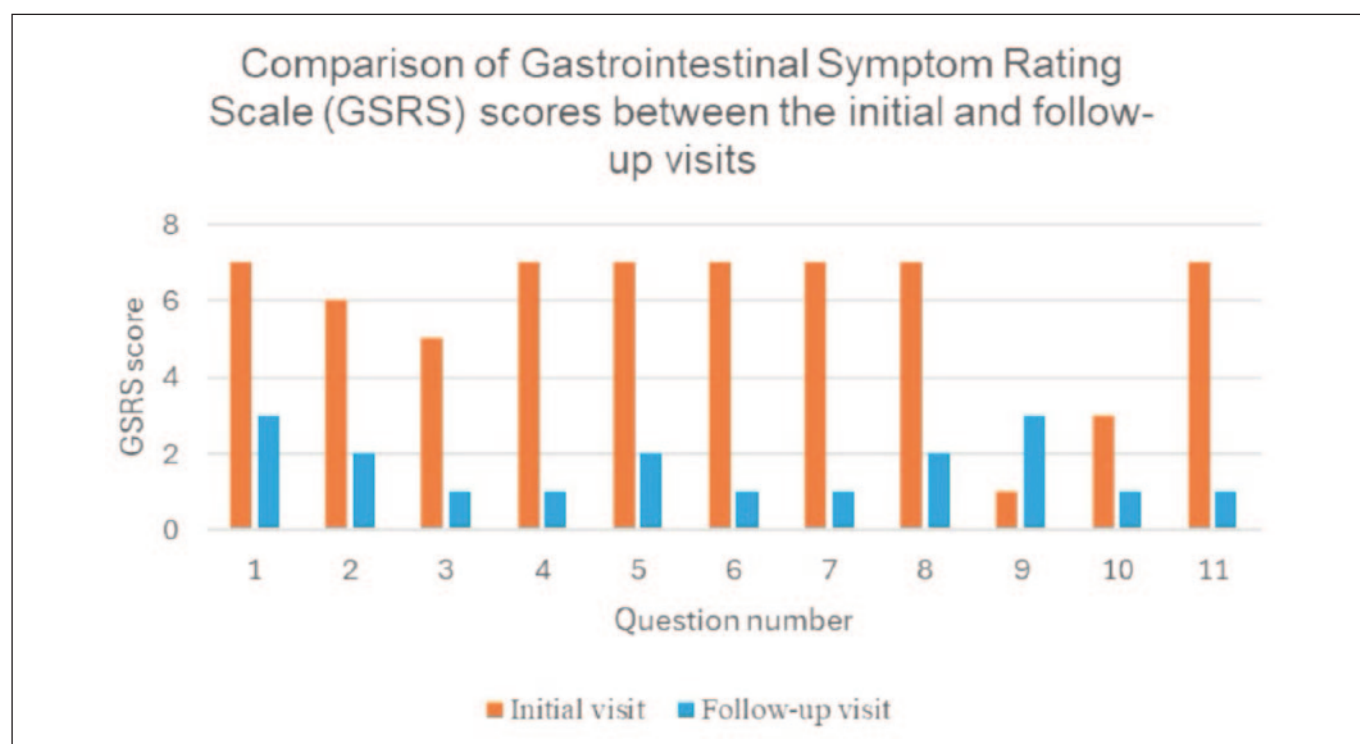


Figure 2. Comparison of Gastrointestinal Symptom Rating Scale (GSRS) scores between the initial and follow-up visits

Table 1. Modifications of FODMAP product quantities in the patient's diet (own elaboration and based on data from the Monash app⁷)

Product	Amount allowed according to the Monash app ⁷ (g)	Amount used in the diet according to the zero-waste trend (g)*	Household measure of the amount used in the diet according to the zero-waste strategy
Zucchini	67	100	1/4 piece
Banana	95	100	1/2 piece
Mozzarella cheese	40	60	1/2 piece
Feta cheese	40	50	1/4 piece
Halloumi cheese	40	50	1/4 piece
Oyster mushrooms	75	90	1/4 package
Sunflower seeds	6	10	1 tablespoon
100% fruit jam	14	20	2 tablespoons
Bread	73	60-90	2-3 slices
Cherry tomatoes	45	50	half a handful

*Modifications were validated by a clinical dietitian to maintain nutritional adequacy.

life. During the third phase (stabilization), a personalized Mediterranean-style diet with restriction of symptom-triggering foods was established. The diet was balanced, varied, and tailored to the patient's preferences, while maintaining gastrointestinal symptom reduction. Incorporation of zero-waste principles further enhanced the economic and psychodietary aspects of the intervention. It can be inferred that certain restricted foods have a greater impact on IBS symptoms than others. Safely increased foods included cheeses, whole-grain bread, and some vegetables such as zucchini and bell peppers. Likely symptom-inducing foods included stone fruits, lactose-containing products, white bread, onion, garlic, and legumes. These findings are consistent with the application of a mild low FODMAP diet². An additional important aspect for the patient was body weight reduction. Despite an initially normal BMI, weight loss contributed to improved well-being and greater body acceptance. Body composition was assessed using bioelectrical impedance analysis (Tanita WB-150 MA, Tanita Corporation, Tokyo, Japan). The device was calibrated according to the manufacturer's instructions, and all measurements were performed in the morning, after fasting, and after urination. Table 2 summarizes changes in body weight and composition during the dietary intervention.

Following the intervention, the patient lost 5.5 kg. Body fat decreased by 3.3%, while lean body mass remained unchanged, which is favorable in terms of preventing loss of muscle mass during weight reduction. BMI decreased by 2.7 kg/m².

Table 2. Comparison of body composition and weight between visit 1 and visit 9

Parameter	Value from visit 1	Value from visit 9
Body weight (kg)	63,5	58
Body fat percentage (%)	28,8	25,5
Lean body mass (kg)	42	42
BMI (kg/m ²)	23	20,3

BMI - Body Mass Index.

DISCUSSION

Eating habits influence the development of irritable bowel syndrome (IBS) as well as other associated diseases¹¹. The low FODMAP diet is becoming a standard in clinical practice for the management of irritable bowel syndrome (IBS), although clear guidelines regarding its implementation are still lacking¹². Nevertheless, numerous studies indicate its high effectiveness in reducing gastrointestinal symptoms. A meta-analysis¹³ including five randomized controlled trials, as well as non-randomized and prospective studies, demonstrated a statistically significant reduction in IBS symptom severity in patients following a low FODMAP diet. The average improvement was 51,5 points on the Irritable Bowel Syndrome Symptom Severity Score (IBS-SSS). Similar results were confirmed by an

analysis¹⁴ of 772 patients. Using the Irritable Bowel Syndrome Quality of Life (IBS-QoL) questionnaire, improvements in quality of life were observed, alongside a 45-point reduction in IBS-SSS scores. The authors noted, however, a potential decrease in Bifidobacterium abundance, highlighting the need to monitor the duration of the diet and to implement it under dietitian supervision.

Recent randomized studies^{15,16} confirm that the low FODMAP diet significantly reduces IBS symptom severity in the short term, normalizes stool consistency, and improves patients' quality of life. Some studies also showed that patients with initially more severe symptoms respond better to the intervention. Other research^{17,18} confirmed the diet's effectiveness in both adolescent and adult populations, emphasizing the necessity of individualized recommendations and the role of an experienced dietitian.

Interesting observations also come from a case study¹⁹, in which the low FODMAP diet improved not only IBS symptoms but also coexisting migraine, suggesting potential broader applications of this dietary intervention.

It should be noted, however, that elimination diets can lead to reduced dietary variety and negatively affect the patient's relationship with food²⁰. Therefore, the low FODMAP diet should be implemented in a personalized manner, with a reintroduction phase and modifications tailored to the patient's needs, alongside dietary and psychological support.

CONCLUSIONS

The implementation of personalized dietary therapy based on low FODMAP principles appeared to be effective in reducing clinical symptoms in the patient described in this case study. Success was not only dependent on adherence to the elimination–reintroduction dietary protocol but also on concurrent nutritional education, which enhanced the patient's awareness and facilitated a better understanding of the relationship between consumed foods and experienced symptoms. An important complement to the therapeutic process was the incorporation of an eco-friendly approach based on the zero-waste principle. This strategy helped minimize food waste and strengthened the patient's sense of control over the dietary intervention. Such an approach may represent a valuable added component in clinical practice, particularly in the context of long-term adherence to dietary recommendations. This case demonstrates that individualized recommendations, dietetic supervision, and the inclusion of educational and eco-friendly elements can increase the effectiveness of dietary interventions and support sustainable changes in eating habits, especially in patients with psychodietary burdens. Further research involving larger and more diverse patient groups is warranted to confirm these promising results and to evaluate the long-term effectiveness and sustainability of such individualized, eco-conscious dietary interventions.

REFERENCES

1. Gajewski P, editor. *Interna Szczeklika*. 10th ed. Kraków: Medycyna Praktyczna; 2019.
2. Stróżyk M. *Dietoterapia zespołu jelita drażliwego*. Warszawa: PZW; 2023. doi:10.53271/2023.070
3. Altobelli E, Del Negro V, Angeletti PM, Latella G. Low-FODMAP diet improves irritable bowel syndrome symptoms: a meta-analysis. *Nutrients*. 2017; 26;9(9):940. doi: 10.3390/nu9090940
4. Morales Carreño D, Araya Varas D, Morales Ríos S, Massone Bustamante M, Gallego López D, Astudillo Ganora I. Relación entre el estrés percibido, el síndrome de intestino irritable y las características de las deposiciones en estudiantes universitarios chilenos. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2025;45(3):416-421. doi:10.12873/453astudillo.
5. Monash University. Research at Monash University. [Internet]. Available from: <https://www.monashfodmap.com/about-fodmap-and-ibs/> [cited 2024 Jul 20].
6. Monash University. Monash FODMAP Diet App [Internet]. Available from: <https://apps.apple.com/pl/app/monash-fodmap-diet/id586149216?l=pl> [cited 2024 Jul 20].
7. Zborowski M, Mikulec A, Wygoda M, Wojtas Z, Magiera A, Kruczek K. Straty i marnowanie żywności - charakterystyka problemu oraz sposoby przeciwdziałania skali zjawiska. *Innowacje w Pielęgniarstwie i Naukach o Zdrowiu* [online]. 2024 Dec 30; 9(4), 107-113. Available from: <https://apcz.umk.pl/IWPNZ/article/view/58508> [cited 2024 Nov 25]. doi:10.21784/IwP.2024.024
8. Kampania 17 Celów. Cel 12: Odpowiedzialna konsumpcja i produkcja [Internet]. Available from: <https://kampania17celow.pl/cel-12-odpowiedzialna-konsumpcja-i-produkcja/> [cited 2024 Jul 30].
9. Pietzsch N, Ribeiro JLD, de Medeiros JF. Benefits, challenges and critical factors of success for Zero Waste: a systematic literature review. *Waste Manag*. 2017;67:324-353. doi:10.1016/j.wasman.2017.05.004
10. Bajana S, Beltrán T, Peñafiel D. Educación nutricional durante la alimentación enteral en domicilio de un caso con Síndrome de Wolf Hirschhorn en Ecuador. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2020;40(2): 181-187. doi:10.12873/402bajana
11. Fuentes-Gómez A, Rendo-Urteaga T. Hábitos alimentarios, síntomas y enfermedades subyacentes asociadas a sobrecrecimiento bacteriano intestinal (SIBO): Un estudio transversal en consulta privada en Bizkaia. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2025;45(2):94-103. doi:10.12873/452fuentes
12. Pietrzak A, Skrzydło-Radomańska B, Mulak A, Lipiński M, Małecka-Panas E, Reguła J, et al. Rekomendacje diagnostyczno-terapeutyczne w zespole jelita nadwrażliwego. *Gastroenterology Rev*. 2018;13(4):167-96. doi:10.5114/pg.2018.78343
13. Varjú P, Farkas N, Hegyi P, Garami A, Szabó I, Illés A, et al. Low fermentable oligosaccharides, disaccharides, monosaccharides and polyols (FODMAP) diet improves symptoms in adults suffering from irritable bowel syndrome (IBS) compared to standard IBS diet: A meta-analysis of clinical studies. *PLoS One*. 2017; 9(3):289. doi: 10.1371/journal.pone.0182942

14. van Lanen AS, de Bree A, Greyling A. Efficacy of a low-FODMAP diet in adult irritable bowel syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Nutr.* Sep 2021; 60(6):3505-3522. doi: 10.1007/s00394-020-02473-0
15. Algera JP, Demir D, Törnblom H, Nybacka S, Simrén M, Störsrud S. Low FODMAP diet reduces gastrointestinal symptoms in irritable bowel syndrome and clinical response could be predicted by symptom severity: a randomized crossover trial. *Clin Nutr.* 2022 Dec; 41(12):2792-2800. doi:10.1016/j.clnu.2022.11.001
16. Van den Houte K, Colomier E, Routhiaux K, Mariën Z, Schol J, Van den Bergh J, et al. Efficacy and findings of a blinded randomized reintroduction phase for the low FODMAP diet in irritable bowel syndrome. *Gastroenterology.* 2024 Jul;167(2):333-342. doi:10.1053/j.gastro.2024.02.008
17. Zahedi MJ, Behrouz V, Azimi M. Low fermentable oligo-di-mono-sac charides and polyols diet versus general dietary advice in patients with diarrhea predominant irritable bowel syndrome: A randomized controlled trial. *J Gastroenterol Hepatol.* 2018 Jun; 33(6):1192-1199. doi: 10.1111/jgh.14051
18. Rexwinkel R, Vermeijden NK, Zeevenhooven J, Kelder J, Groeneweg M, Hummel T, et al. The low FODMAP diet in adolescents with functional abdominal symptoms in a non-guided setting: a prospective multicenter cohort study. *Eur J Pediatr.* 2025 Feb 11;184(2):189. doi:10.1007/s00431-025-05999-9
19. Bonakdar RA, Sweeney MM, Garvey C, White AA, VanNoord MU. Case report: initial successful treatment of migraine and irritable bowel syndrome with a low-FODMAP diet. *J Am Nutr Assoc.* 2024 May-Jun;43(4):339-344. doi: 10.1080/27697061.2023.2288081
20. Nybacka S, Kinnander A, Augustin H, Bärebring L. Perceived healthiness of foods, food avoidance and diet-related anxiety in individuals with self-reported irritable bowel syndrome: a cross-sectional study. *BMC Nutr.* 2024 Oct 10;10(1):134. doi:10.1186/s40795-024-00945-8

Social participation and cognitive health in older adults: A scoping review

Eduardo SANDOVAL-OBANDO¹, Cristián BARROS-OSORIO², Gerardo FUENTES-VILUGRÓN¹,
Luis CASTELLANOS-ALVARENGA³, Ronnie VIDELA-REYES⁴, Miguel SALAZAR-MUÑOZ⁵, Walter SEPÚLVEDA-LOYOLA²

¹ Universidad Autónoma de Chile, Temuco, Chile.

² Faculty of Health and Social Sciences, Universidad de Las Américas. Santiago, Chile.

³ Universidad Santo Tomás, Temuco, Chile.

⁴ Universidad Santo Tomás, La Serena, Chile.

⁵ Universidad San Sebastián, Puerto Montt, Chile.

Recibido: 4/septiembre/2025. Aceptado: 26/noviembre/2025.

ABSTRACT

Objective: To synthesize evidence on the association between social participation and cognitive health in older adults.

Methods: A scoping review was conducted including 13 studies published between 2014 and 2025, with a combined sample of more than 101.595 participants in total across diverse cultural contexts. The databases searched included PubMed, Scopus, Web of Science, and LILACS. Studies involving adults ≥ 60 years assessing social participation and cognitive outcomes were included.

Results: Social participation was consistently associated with better cognitive performance, particularly in episodic memory, attention, executive function, and verbal fluency. Most studies reported important direct associations (β from 0.12 to 1.9). Mechanistic pathways included stimulation of neuroplasticity, stress regulation via neuroendocrine modulation, enhancement of emotional regulation, and reinforcement of personal and group identity. Social participation also buffered against depressive symptoms, loneliness, and functional decline, and contributed to structural and functional brain preservation. Although most studies were observational, converging evidence indicates that social participation is a modifiable factor linked to reduced risk of cognitive impairment and dementia. Cross-cultural heterogeneity highlights

the need for strategies tailored to cultural and contextual factors in aging populations.

Conclusion: Social participation should be considered an integral element of preventive and therapeutic approaches for cognitive health. Group-based interventions, including community programs, volunteering, cultural or religious activities, and intergenerational initiatives, show promise. Future longitudinal and multimodal research is needed to clarify causal mechanisms and guide the integration of social participation into evidence-based frameworks for healthy aging.

KEYWORDS

Cognitive decline; dementia prevention; social participation; brain health; neuroplasticity.

INTRODUCTION

Social participation is increasingly recognized as a potential protective factor in healthy aging, with evidence suggesting it can contribute to improved functional capacity, health, and overall well-being among older adults¹⁻². By engaging in a variety of social activities—whether through community groups, volunteer work, religious organizations, cultural events, or informal gatherings—older individuals maintain active roles in their social networks and communities³. Different levels of participation exist, and not all older adults engage in the same type or intensity of activities; some participate in highly structured and frequent social events, while others engage in more occasional or selective interactions³. Regardless of the form, social participation fosters a sense of purpose, strengthens interpersonal bonds, and supports quality of life, all of

Correspondencia:

Walter Sepúlveda Loyola
walterkine2014@gmail.com

which may help preserve independence³⁻⁴. Greater social participation is linked to better functionality, perceived health status, and educational level, underscoring its relevance as a public health priority⁵.

Beyond its contribution to functionality, social participation may be closely related to cognitive health⁶. Regular involvement in socially stimulating activities can act as a cognitive stimulus, providing opportunities for communication, problem-solving, and the exchange of ideas, which may help maintain or enhance cognitive performance^{7,8}. Social interaction also provides emotional benefits, such as reducing loneliness, alleviating depressive symptoms, and fostering a sense of belonging, all of which may indirectly protect cognitive function⁹. Studies have shown that older adults who sustain diverse and frequent social connections demonstrate better performance in memory, executive function, and processing speed compared to socially isolated peers^{10,11}. However, despite these potential benefits, the precise nature of the relationship between social participation and cognition remains unclear. Evidence has yet to fully elucidate the mechanisms by which social participation may influence cognitive outcomes, nor determine the extent to which it can prevent or delay cognitive decline^{12,13}. This gap highlights the need for further research to clarify how, and under what conditions, social participation can serve as an effective strategy for promoting cognitive health in aging populations. Therefore, this scoping review aimed to explore the relationship between social participation and cognitive functions in older people and the mechanisms linking social participation and cognition.

METHODOLOGY

Protocol and Registration

This scoping review was reported and summarized in accordance with the guidelines of the Joanna Briggs Institute (JBI)¹⁴, as well as the recommendations of the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR)¹⁵. The protocol for this review was registered in the Open Science Framework (OSF) (<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/HP6EY>).

Search Strategy

The search for the scoping review was conducted in five electronic databases (PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, and LILACS) from inception May 2025. The search strategy included the terms "social participation," "social isolation," "neurocognitive aging," "cognitive functions," "cognition," and "older adults" (see Appendix 1 for the complete search strategy).

Eligibility Criteria

The review was limited to studies published in English, Spanish, and Portuguese. The primary Boolean structure used

("social participation" OR "social participation") AND ("cognitive function" OR "cognitive decline") AND ("older adults" OR elderly). Longitudinal cohort studies were included when available.

Studies were included if they met the following criteria: (1) Population: individuals aged ≥ 60 years, regardless of sex, with or without cognitive impairment; (2) Concept: any form of social participation; and (3) Context: studies conducted in any geographical location worldwide that analyze the relationship between social participation with cognitive function. Articles that did not specify assessments of social participation or cognitive function, published in languages other than English, Spanish or Portuguese; without full-text availability; and publications other than randomized controlled trials, clinical trials, observational studies, Longitudinal cohort studies or cross-sectional studies were excluded.

Data Extraction

Two independent reviewers (W.S-L. and G.F-V.) screened the titles and abstracts to determine eligibility, classifying each record as "include," "exclude," or "maybe." Articles classified as "include" or "maybe" were retrieved for full-text review. Disagreements were resolved through consultation with a third independent reviewer (R.V-R.). The total number of studies was compiled into a single database. Search results were cross-checked using the RAYYAN platform (<https://new.rayyan.ai/reviews/1054982>), and duplicate records were removed. Data extraction was performed by two team members using standardized templates adapted to the objectives of the review.

Data Organization Process

The selected literature was analyzed based on title, author, year of publication, country, sample size, age range, assessment of social participation, neurocognitive evaluation measures, findings, and conclusions. No additional data were requested from the authors. The extracted data were analyzed through an inductive qualitative content analysis, aligned with the aim of the review. No predefined categories were used; instead, the data were organized according to semantic, thematic, and frequency criteria, allowing analytical categories to emerge as described in the results.

RESULTS

Study Characteristics

A total of 6,903 records were identified; after removing duplicates and screening, 13 studies were included. Reasons for full-text exclusion included: no measure of social participation ($n=5$), no cognitive outcome reported ($n=8$), participants <60 years ($n=4$), ineligible study design ($n=2$) and full text not accessible ($n=5$) (Figure 1).

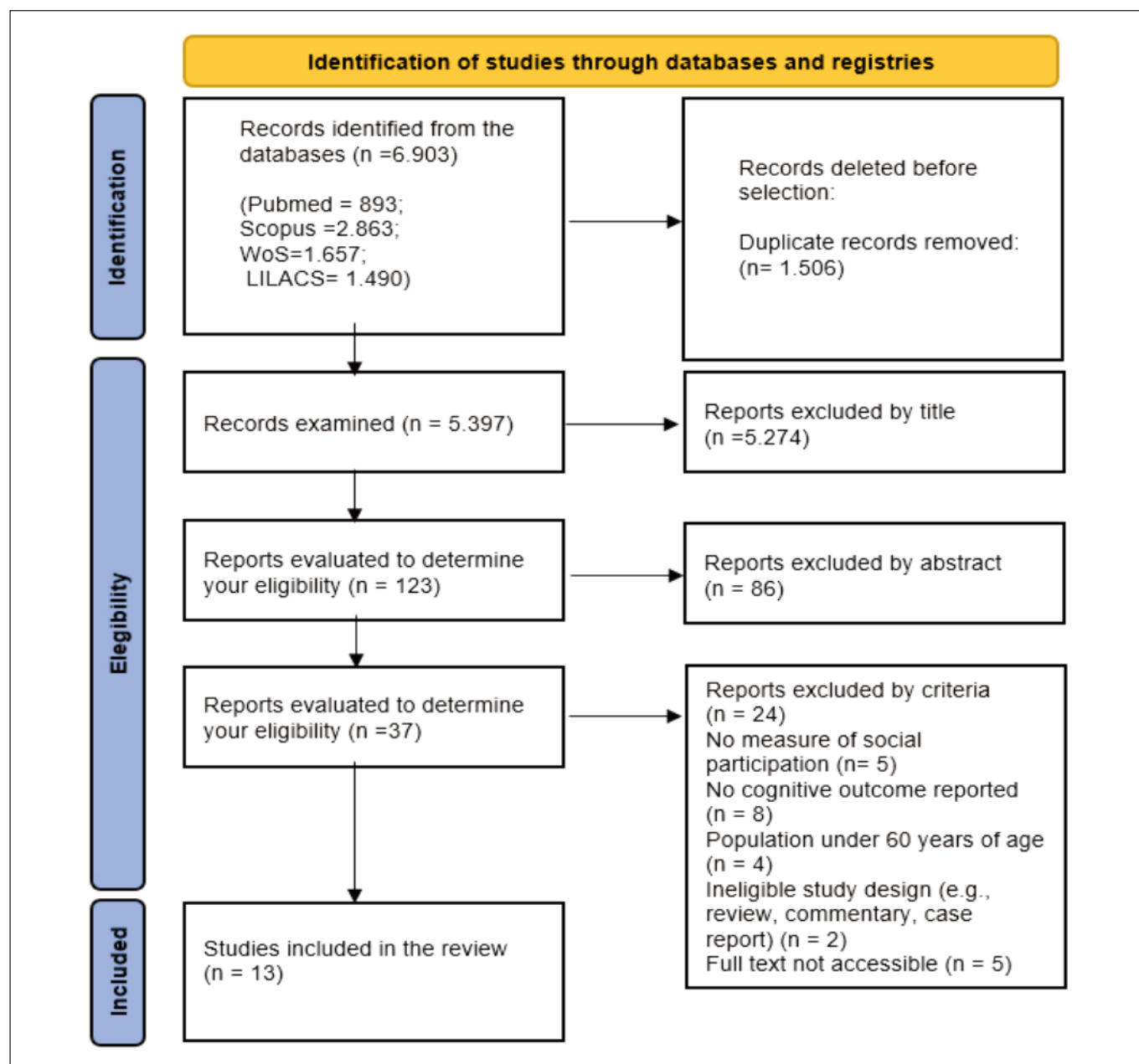


Figure 1. PRISMA flowchart for article selection

From 6,903 records identified, 13 studies published between 2014 and 2024 met the eligibility criteria and were included in this review (Figure 1). These studies examined the relationship between social participation and neurocognitive aging in older adults across the United States¹⁶, United Kingdom^{17,18}, South Korea^{19,22,27}, India^{20,23}, Mexico²¹, China^{24,25}, Eastern Europe²⁶, and Japan²⁸, with a combined sample of 101,595 participants (Table 1). Social participation was described as a diverse and multifactorial construct, ranging from structured community programs to informal interpersonal interactions. Haslam et al. (2014) introduced the concept of "group identity" as central to

participation, showing that both the quantity and quality of affiliations predicted self-perceived cognitive function¹⁸. Kim et al. (2023) reported strong links between religious involvement, intergenerational volunteering, and social capital¹⁹.

Social Participation and Cognitive Functions

All studies reported positive associations between social participation and cognitive performance, especially in episodic memory, verbal fluency, attention, and executive function. Anatórk et al. (2020) found larger frontotemporal cortical vol-

Table 1. Characteristics of the included studies

Author, year and country	Study design	Sample size, age and % of women	Type of social participation	Neurocognitive measures	Main results
Hamlin et al., (2022) United States ¹⁶	Cross-sectional	Non-Hispanic whites (NHB) n = 217 Age = 63.69 ± 3.2 %W = 55.8% Non-Hispanic Blacks (NHN) n = 248 Age = 63.50 ± 3.12 %W = 62.9%	Perceived social participation was assessed using a question about the ability to trust and rely on four relational figures (partner, closest child, other relative, and close friend), with responses ranging from 1 (never) to 3 (always) averaged to obtain a composite score. Social activity was measured by the frequency of participation in 21 activities during the past month, using items from the HRS questionnaire.	Cognitive functioning was assessed using the following cognitive domains: episodic memory using the CERAD word list and the BENSON complex figure; executive functioning using the STROOP II and Color Trails II; and Symbol Digit Modalities for processing speed, language, and visuospatial functioning using the Montreal Cognitive Assessment (MoCA).	Racial differences in social participation were identified, with lower involvement among older adults in the NHN group compared to those in the NHB group, despite no differences in social network size or perceived support. Only in the NHB group was social participation positively associated with episodic memory, suggesting potential contextual barriers affecting this relationship in the NHN group.
Anatürk et al., (2020) United Kingdom ¹⁷	Cross-sectional	n = 574 Age = 69.6 ± 4.9 %W = 18.5%	Social participation was measured using a leisure activities questionnaire in which participants indicated how frequently they had participated in 13 social activities during the past 12 months. Responses were recorded on a 4-point scale (0 = never, 3 = weekly).	Executive function was assessed using subtests of the digit span task (forward, backward, and sequential), verbal fluency (categorical and free), and Part B of the Trail Making Test. Memory was measured using the Rey-Osterrieth complex figure and the Hopkins Verbal Learning Test-Revised (HVLT-R), considering immediate and delayed recall and recognition. Processing speed was assessed with the TMT-A, digit coding, and reaction time and movement tasks of the CANTAB RTI. Finally, a measure of global cognition was included using the MoCA assessment.	Increased levels of social participation were positive and significantly associated with performance in cognitive functions such as global cognition, executive function, memory, and processing speed.

Table 1 continuation. Characteristics of the included studies

Author, year and country	Study design	Sample size, age and % of women	Type of social participation	Neurocognitive measures	Main results
Haslam et al., (2014) United Kingdom ¹⁸	Longitudinal -cohort	n = 3.413 Age = 62.58 ± 8.94 %W = 57.3%	Social participation was assessed using various measures extracted from the ELSA database, covering both individual and group aspects. The number and quality of close relationships, frequency of contact with children, family, and friends, as well as participation in organizations, community activities, and cultural events were considered.	Cognitive assessment in this study was performed using five tests administered during a nursing visit, targeting different cognitive domains. Tasks included temporal orientation (MMSE), immediate and delayed recall, prospective memory, and categorical verbal fluency. These tests allow for the assessment of the participants' overall cognitive integrity.	The study showed that social participation, especially through group bonding, is associated with improved performance on various cognitive measures, although the magnitude of these associations varies. No significant effects were observed on temporal orientation (MMSE) or categorical verbal fluency. However, small but significant positive associations were identified with immediate memory, delayed memory, and prospective memory, suggesting that social engagement may contribute modestly to the preservation of certain memory functions in older adults.
Kim et al., (2023) South Korea ¹⁹	Longitudinal -cohort	Cognición normal n = 417 Age = 68.4±6.6 %W = 49.9% Deterioro cognitivo n= 258 Age = 75.3±7.5 %W = 67.4	Social participation was assessed using the definition of "non-social participation," which was evaluated in the following social activities: senior citizen associations, volunteering, religious activities, friendship gatherings, hobbies, local associations, or job placement projects for older adults.	Cognitive assessment was performed using the Korean version of the Mini-Mental State Examination for Dementia (K-MMSE), which ranges in score from 0 to 30.	The study's findings show that social participation plays a crucial role in reducing the risk of mortality in older adults with cognitive impairment. Factors such as a non-social participation, group segregation, and lack of support were associated with an increased risk of mortality in this population, while no such effects were observed in adults with preserved cognition.

Table 1 continuation. Characteristics of the included studies

Author, year and country	Study design	Sample size, age and % of women	Type of social participation	Neurocognitive measures	Main results
Kumar et al., (2022) India ²⁰	Observational Cross-sectional	n= 23.584 Age = 68.5±7.1 %W = 51.6%	Social participation was assessed using a composite index of five indicators: marital status, cohabitation status, availability of a confidant, and participation in social and cultural activities. The sum of these indicators was categorized into three levels: low (0–2 ties), medium (3), and high (4–5 ties) social participation.	Cognitive function was assessed in this study using a composite index that integrated several cognitive tests, including memory (immediate and delayed word count), orientation (date, month, day, etc.), executive functions (such as the paper-folding task), computational ability (solving mathematical operations), and visuospatial skills (copying geometric figures). The total score for the composite index ranges from 0 to 43.	Social participation is positively related to cognitive assessments in older adults in India. Individuals with higher levels of social participation had significantly better scores on cognitive tests, so the analysis reveals that social networks and active participation may have a protective effect against cognitive decline.
Robertson et al., (2023) Mexico ²¹	Longitudinal-cohort	n= 9.091 Age = 69.8±7.5 %W = 54.7%	Participation in social and leisure activities was assessed using a questionnaire that investigated the performance of ten different activities over the past year, including volunteering, attending classes, participating in clubs, reading, playing games, using technology, and doing housework, among others. The responses were used to construct a composite variable that classified participants according to the median total number of activities performed (0–3 vs. 4–10). This measure was used to analyze the overall level of social and leisure engagement in the sample.	The cognitive battery used in the Mexican Health and Aging Survey (MHAS) included seven neuropsychological tasks: constructive praxis, verbal fluency, verbal learning and recall, visual scanning, and temporal orientation. Variables with missing data imputation were used, and results were dichotomized according to a threshold of ≥ 1.5 standard deviations below the age- and education-adjusted mean to define cognitive impairment.	The study showed that greater participation in social and leisure activities is associated with a lower likelihood of cognitive decline, especially in the areas of learning, memory, temporal orientation, and perceptual-motor function. Furthermore, participating in at least four activities was associated with better cognitive outcomes.

Table 1 continuation. Characteristics of the included studies

Author, year and country	Study design	Sample size, age and % of women	Type of social participation	Neurocognitive measures	Main results
Oh et al., (2021) South Korea ²²	Longitudinal -cohort	n = 8.903 Age = 62.9±4.9 %W = 65.7%	Social participation was assessed using a question asking participants whether they had participated in any of the following types of organizations or activities: religious events, senior centers, sports groups, family or school gatherings, volunteer activities, and political activities.	Cognitive function was assessed in this study using the Korean version of the Mini Mental State Examination (K-MMSE). This test measures several cognitive domains, including orientation, memory, language, registration, attention, calculation, and the ability to follow simple instructions. The total score ranges from 0 to 30.	Social participation was significantly associated with better cognitive function in older adults. Those who participated consistently scored higher on the K-MMSE. Ceasing to participate was associated with cognitive decline, especially in men. Participation in senior centers was protective in both genders, while sports activities did not show a significant association.
Muhammad, (2022) India ²³	Cross-sectional	n = 31.464 Age = 69.6±6.94 %W = 52%	Social participation in this study was assessed using the question: "How often do you participate in the following religious activities? (a) praying, (b) attending religious services (at a temple, mosque, church, etc.), and (c) participating in religious gatherings." Responses included frequencies such as "every day," "more than once a week," "once a week," "one to three times a month," "one or more times a year," and "never."	Cognitive function was assessed in this study using a set of measures adapted from the Mini-Mental State Examination (MMSE), which included various cognitive dimensions such as memory, orientation, arithmetic skills, visuospatial and constructive skills.	Individuals who participated in religious activities had significantly lower mean cognitive impairment scores (i.e., better cognitive function) compared to those who did not participate or had less participation in religious activities.
Liu et al., (2022) China ²⁴	Longitudinal -cohort	n = 6.291 Age = 64.3±6.4 %W = 51.5%	Social participation was assessed through a survey according to the following domains: interaction with friends, card games or participation in sports or social clubs, and participation in volunteer work.	Cognition was assessed using the Chinese version of the Mini-Mental State Examination (MMSE) scale, which includes two domains: mental state and episodic memory.	Older adults with higher levels of social participation had higher scores on episodic memory and mental status.

Table 1 continuation. Characteristics of the included studies

Author, year and country	Study design	Sample size, age and % of women	Type of social participation	Neurocognitive measures	Main results
Bai et al., (2024) China ²⁵	Cross-sectional	n = 496 Age = 70.05±6.9 %W = 52.2%	Social participation was assessed using the 6-item Lubben Social Network Scale (LSNS-6). This scale measures the quantity and quality of social relationships, especially within family and friends.	Cognitive assessment in this study was conducted using two main instruments: the Montreal Cognitive Status Assessment Scale (Beijing version) (MoCA-Beijing) and the Clinical Dementia Rating Scale (CDR).	Social participation, assessed using the LSNS-6 scale, is indirectly related to scores on cognitive assessment scales, such as the MoCA and the CDR. In particular, greater social isolation is associated with lower MoCA scores and greater levels of impairment on the CDR, indicating poorer cognitive functioning.
Nie et al., (2021) Czech Republic, Russia, Poland ²⁶	Multicentric Cross-sectional	n = 6.691 Age = 62.2 ± 6.0 %W = 53.7%	Social participation was assessed through a combination of specific questions about participation in group or organizational activities and the frequency with which participants participated in those activities.	Four cognitive tests were measured in the following order: immediate word recall, animal naming task, letter cancellation task, and delayed word recall. These tests measure different cognitive domains: verbal memory, learning ability, verbal fluency, and processing speed.	Participation in social activities was consistently and significantly associated with improved performance in overall cognitive function and in specific domains such as verbal memory, processing speed, and verbal fluency.
Ko & Choi, (2024) South Korea ²⁷	Cross-sectional	n =9.827 Age = 73.41±6.53 a %W = 56.9%	Social participation was assessed through the frequency of participation in various social activities and satisfaction with social relationships. Frequency was assessed in four categories: less than once a week, once a week, 2-3 times a week, and four or more times a week. Satisfaction was assessed using a 5-point scale: very satisfied, satisfied, average, slightly satisfied, and dissatisfied.	Cognitive function was measured using the Korean version of the Mini-Mental State Examination for Dementia Screening (MMSE-DS). This standardized test has a score range of 0 to 30, with higher scores indicating better cognitive function.	Lower social participation and dissatisfaction with social relationships were significantly associated with approximately 1.91 times the odds of cognitive frailty in older adults. Conversely, greater participation in social activities (four or more times per week) was associated with better cognitive health.

Table 1 continuation. Characteristics of the included studies

Author, year and country	Study design	Sample size, age and % of women	Type of social participation	Neurocognitive measures	Main results
Noguchi et al., (2019) Japan ²⁸	Longitudinal	n = 121 Age = 73.86±4.95 %W = 47.1%	To assess social participation, a self-administered questionnaire based on the Bidirectional Social Support Scale was used to assess social support exchanges, including emotional and instrumental support with various sources, such as cohabiting family members, non-cohabiting family members and relatives, neighbors, and friends.	Cognitive function was assessed at baseline and follow-up using the Japanese version of the Montreal Cognitive Assessment (MoCA-J). The MoCA-J has a score range of 0 to 30 and assesses six cognitive domains: memory, visuospatial skills, executive function, attention, concentration and working memory, language, and temporal and spatial orientation.	Social support exchanges with neighbors and friends are positively associated with cognitive function in older adults over a one-year period. People who actively provide emotional support tend to score approximately 1.25 points higher on the MoCA-J. In this study, social support was considered a component of social participation, reflecting its functional dimension.

Legend: %W = Percentage of women; Age = Mean age ± standard deviation; CANTAB RTI = Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery–Reaction Time Index; CDR = Clinical Dementia Rating Scale; CERAD = Consortium to Establish a Registry for Alzheimer’s Disease; ELSA = English Longitudinal Study of Ageing; HRS = Health and Retirement Study; HVLT-R = Hopkins Verbal Learning Test–Revised; K-MMSE = Korean version of the Mini-Mental State Examination for Dementia; MMSE = Mini-Mental State Examination; MMSE-DS = Mini-Mental State Examination for Dementia Screening; MoCA = Montreal Cognitive Assessment; MoCA-Beijing = Beijing version of the Montreal Cognitive Assessment; MoCA-J = Japanese version of the Montreal Cognitive Assessment; NHB = Non-Hispanic Blacks; NHN = Non-Hispanic Whites; n = Sample size; SD = Standard deviation; TMT-A/B = Trail Making Test–Parts A and B.

umes among socially active older adults¹⁷. Liu et al. (2022) linked reading club participation with better episodic memory, suggesting environmental stimulation benefits²⁴.

Bai et al. (2024) in China found a graded association between participation level and cognitive performance, with isolation linked to lower MoCA scores and higher CDR ratings²⁵. Hamlin et al. (2022) showed that structured volunteering improved processing speed and flexibility, while Kumar et al. (2022) in India linked cultural activities with better attention and visuospatial abilities^{16,20}. Nie et al. (2021) in Eastern Europe found that frequent contact predicted better temporal orientation, memory, and processing speed, independent of education or health status²⁶.

Mechanisms Linking Social Participation and Cognition

Proposed mechanisms included neurobiological, neuroendocrine, and psychosocial pathways. Ko and Choi (2024) suggested that pleasurable interactions stimulate dopaminergic activity, supporting hippocampal neurogenesis and episodic memory²⁷. Atatürk et al. (2020) proposed that participation buffers the allostatic load of isolation¹⁷.

From a psychosocial perspective, all included studies agree on the positive emotional effects of social participation, impacting dimensions such as positive affect, reduced perceived stress, and decreased depressive symptoms (β from 0.12 to 1.9)^{24,25}. Muhammad (2022) identified emotional self-regulation, purpose, and perceived usefulness as mediators, while Oh et al. (2021) highlighted cognitive self-efficacy^{23,22}. Bai et al. (2024) and Hamlin et al. (2022) suggested a bidirectional relationship, where social participation both protects cognition and depends on baseline neurocognitive integrity^{25,16}. Liu et al. (2022) and Robertson et al. (2023) highlight that social participation is a strong predictor of emotional well-being, even after controlling for sociodemographic variables and individual medical conditions and may reduce the likelihood of cognitive decline in late adulthood^{24,21}. In Japan, Noguchi et al. (2019) found that the frequency of group activity participation is associated with less levels of anxiety and depression, mediated by the perception of available social support as a component of social participation. In fact, they showed that individuals who actively provide emotional support tend to score approximately 1.25 points higher on the MoCA-J²⁸.

In the longitudinal study by Haslam et al. (2014), the loss of social affiliations following retirement predicted a signifi-

cant increase in depressive symptoms and cognitive decline, underscoring the need to reconsider identity construction during the aging process¹⁶. This finding is consistent with data from Kim et al. (2023), who reported that active participation reduces the perception of loneliness, strengthening emotional resilience to adverse life events¹⁹. Kumar et al. (2022) found that older Indian adults who participate in intergenerational support networks exhibit lower levels of salivary cortisol and greater heart rate variability, physiological indicators associated with emotional balance and healthy aging²⁰.

DISCUSSION

The findings synthesized in this review reveal that social participation has a positive effect on cognitive function in older adults. The analyzed evidence indicates that social participation is not only a relevant cognitive and emotional determinant, but also acts as a modulator of brain health, directly affecting critical neurocognitive processes throughout late adulthood. From a neuroscientific perspective, the selected studies suggest that regular social involvement stimulates a broad range of executive, memory-related, and attentional functions, possibly mediated by mechanisms of neuroplasticity, neuroprotection, and emotional regulation, thus contributing to the preservation of cognitive functions in older adults¹⁶⁻²⁸.

The current state of knowledge supports the notion that social participation is a strong predictor of better cognitive performance in old age²⁹, particularly in domains such as working memory, sustained attention, verbal fluency, and abstract reasoning. Anatórk et al. (2020), using structural neuroimaging techniques, identified a significant association between the degree of social interaction and gray matter volume in prefrontal, temporal, and cingulate regions, which are essential for executive control and socioemotional integration¹⁷. Similarly, Liu et al. (2022) showed memory function improvements in older adults participating in group reading programs, suggesting sustained cognitive activation through the semantic and symbolic stimulation inherent in social exchanges²⁴. These empirical findings support the cognitive reserve model which posits that complex and stimulating life experiences, such as social participation, enhance the efficiency and compensatory capacity of neural networks in the face of age-related structural deterioration²⁹.

At the neurobiological level, social participation has been linked to neurogenesis and synaptogenesis processes, particularly in the hippocampus and dorsolateral prefrontal, which are especially vulnerable to aging³⁰. Research by Bai et al. (2024) and Ko & Choi (2024) suggests that prolonged social interaction stimulates the expression of brain-derived neurotrophic factor (BDNF), promoting synaptic plasticity and the preservation of functional connectivity²⁵⁻²⁷. At the neuroendocrine level, positive social participation has been shown to reduce allostatic load and cortisol levels³¹, as observed in

Kumar et al. (2022), suggesting a modulatory effect on chronic stress response systems that protects key brain structures like the hippocampus and amygdala from the neurotoxic effects of glucocorticoid excess²⁰.

There is agreement that social participation is associated with psychological mechanisms that act as neurocognitive mediators^{32,33}. These include sense of purpose, cognitive self-efficacy, and feelings of belonging, which enhance motivation, emotional regulation, and engagement in cognitively demanding activities. Studies by Muhammad (2022) and Kim et al. (2023) show that higher levels of self-efficacy and identity continuity in late adulthood are associated with lower cognitive decline, possibly due to their impact on adherence to healthy behaviors and the activation of executive networks^{19,23}. Similarly, Haslam et al. (2014) demonstrated that identification with social groups helps preserve autobiographical memory and temporal orientation, critical cognitive functions that support personal identity and individual functional capacity¹⁸.

It is important to note that the relationship between social participation and cognitive health is neither univocal nor universal, but is modulated by historical, cultural, contextual, and structural factors. For example, the study by Robertson et al. (2023) in Mexico highlights the role of informal community ties in promoting cognitive well-being, while Noguchi et al. (2019) in Japan emphasize institutionalized forms of neighborhood participation^{21,28}. These cultural differences in the forms and meanings of social participation may activate distinct neuroaffective and symbolic mechanisms, generating divergent effects on cognition. Therefore, a contextualized and cross-cultural understanding is required, considering how models of successful aging and trajectories of social participation vary across countries based on social determinants of health and value systems^{34,35}.

Consequently, the available evidence suggests that social participation promotes neurocognitive resilience through multiple synergistic mechanisms: cognitive stimulation, socioemotional support, stress regulation, identity reinforcement, and activation of frontolimbic circuits. This network of processes helps explain why socially active older adults exhibit a slower rate of cognitive decline and lower prevalence of neurodegenerative disorders, including mild cognitive impairment and dementia^{36,37}. From a preventive and clinical perspective, these findings reinforce the need to integrate social participation as an essential component of healthy aging strategies and neuropsychological interventions for older adults^{38,39}.

However, this study presents certain theoretical and methodological limitations. First, most of the included studies are cross-sectional, which limits the ability to establish causal relationships between social participation and the neurocognitive changes reported by participants. Second, there is limited use of objective biomarkers or neurophysiological tech-

niques (such as fMRI or EEG) that would allow for more precise mapping of the effects of social participation on brain architecture. Third, although studies from different world regions were included, there remains a predominance of research conducted in Western contexts, which may limit the cross-cultural generalizability of the findings to other groups, contexts, and populations.

CONCLUSION

The reviewed findings confirm that sustained social participation modulates brain processes associated with cognitive and emotional resilience, consolidating its relevance as an indispensable determinant of well-being in old age. Precisely for this reason, it is concluded that promoting active and meaningful social environments represents an essential strategy for healthy and cognitively efficient aging.

Finally, this review emphasizes that social participation promotes cognitive health during aging, based on interrelated neurobiological, psychological, and contextual mechanisms. However, longitudinal and multimodal studies are needed to deepen our understanding of these mechanisms and guide the design of culturally and socially relevant interventions that improve the integration of older adults into neurocognitive public health.

FUNDING

This work is linked to the execution of the FONDECYT Regular Project No. 1250213 financed by the National Agency for Research and Development.

REFERENCES

1. Levasseur M, Richard L, Gauvin L, Raymond E. Inventory and analysis of definitions of social participation found in the aging literature: proposed taxonomy of social activities. *Soc Sci Med*. 2010;71(12):2141-9. doi:10.1016/j.socscimed.2010.09.041.
2. Douglas H, Georgiou A, Westbrook J. Social participation as an indicator of successful aging: an overview of concepts and their associations with health. *Aust Health Rev*. 2017;41(4):455-62. doi:10.1071/AH16038.
3. Sepúlveda-Loyola W, Dos Santos Lopes R, Tricanico Maciel RP, Probst VS. Participación social, un factor a considerar en la evaluación clínica del adulto mayor: una revisión narrativa. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2020;37(2):341-9. doi:10.17843/rpmesp.2020.372.4518.
4. Aida J, Kondo K, Kawachi I, Subramanian SV, Ichida Y, Hirai H, et al. Does social capital affect the incidence of functional disability in older Japanese? *J Epidemiol Community Health*. 2013;67(1):42-7. doi:10.1136/jech-2011-200901.
5. Sepúlveda-Loyola W, Ganz F, Maciel RPT, Lopes RDS, Negri PS, Solorza EM, et al. Social participation is associated with better functionality, health status and educational level in elderly women. *Braz J Dev*. 2020;6(4):20690-701. doi:10.34117/bjdv6n4-299.
6. Vargas-Vitoria R, Alfaro Larena J, Rodríguez M, Arellano R, Valdés-Badilla P. Efectos de un programa multicomponente sobre medidas antropométricas, condición física y calidad de vida relacionada con la salud en personas mayores. *Nutr Clín Diet Hosp* [Internet]. 10 de marzo de 2021 [citado 21 de octubre de 2025];41(1). Disponible en: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/95>
7. Guerra Buguño E, Valdés Badilla P. Diferencias sobre variables de salud mental y físico-funcionales entre hombres y mujeres del primer centro de día referencial del adulto mayor de Chile. *Nutr Clín Diet Hosp*. 29 de agosto de 2020;40(2):159-64.
8. Kelly ME, Duff H, Kelly S, McHugh Power JE, Brennan S, Lawlor BA, et al. The impact of social activities, social networks, social support and social relationships on the cognitive functioning of healthy older adults: a systematic review. *Syst Rev*. 2017;6(1):259. doi:10.1186/s13643-017-0632-2.
9. Fratiglioni L, Paillard-Borg S, Winblad B. An active and socially integrated lifestyle in late life might protect against dementia. *Lancet Neurol*. 2004;3(6):343-53. doi:10.1016/S1474-4422(04)00767-7.
10. Cacioppo JT, Cacioppo S. Social relationships and health: the toxic effects of perceived social isolation. *Soc Personal Psychol Compass*. 2014;8(2):58-72. doi:10.1111/spc3.12087.
11. Haslam C, Cruwys T, Haslam SA, Jetten J. Social connectedness and health in later life: how family, friends and group memberships keep us healthy. In: Pachana NA, editor. *Encyclopedia of Geropsychology*. Singapore: Springer; 2016. p. 2173-82. doi:10.1007/978-981-287-080-3_271.
12. Kuiper JS, Zuidersma M, Oude Voshaar RC, Zuidema SU, van den Heuvel ER, Stolk RP, et al. Social relationships and risk of dementia: a systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies. *Ageing Res Rev*. 2015;22:39-57. doi:10.1016/j.arr.2015.04.006.
13. James BD, Wilson RS, Barnes LL, Bennett DA. Late-life social activity and cognitive decline in old age. *J Int Neuropsychol Soc*. 2011;17(6):998-1005. doi:10.1017/S1355617711000531.
14. Peters MD, Godfrey C, McInerney P, Khalil H, Larsen P, Marnie C, et al. Best practice guidance and reporting items for the development of scoping review protocols. *JBIM Evid Synth*. 2022;20(4):953-68. doi:10.11124/JBIES-21-00242.
15. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*. 2021;74(9):790-9. doi:10.1016/j.recesp.2021.06.016.
16. Hamlin AM, Kraal AZ, Sol K, Morris EP, Martino AG, Zaheed AB, et al. Social engagement and its links to cognition differ across non-Hispanic Black and White older adults. *Neuropsychology*. 2022;36(7):640-50. doi:10.1037/neu0000844.
17. Anaturk M, Suri S, Zsoldos E, Filippini N, Mahmood A, Singh-Manoux A, et al. Associations between longitudinal trajectories of cognitive and social activities and brain health in old age. *JAMA Netw Open*. 2020;3(8):e2013793. doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.13793.
18. Haslam C, Cruwys T, Haslam SA. The we's have it: Evidence for the distinctive benefits of group engagement in enhancing cogni-

- tive health in aging. *Soc Sci Med*. 2014;120:57-66. doi:10.1016/j.socscimed.2014.08.037.
19. Kim E, Sung K, Kim CO, Youm Y, Kim HC. The effect of cognitive impairment on the association between social network properties and mortality among older Korean adults. *J Prev Med Public Health*. 2023;56(1):31-40. doi:10.3961/jpmph.22.350.
 20. Kumar M, Muhammad T, Dwivedi LK. Assessing the role of depressive symptoms in the association between social participation and cognitive functioning among older adults: analysis of cross-sectional data from the Longitudinal Aging Study in India (LASI). *BMJ Open*. 2022;12(10):e063336. doi:10.1136/bmjopen-2022-063336.
 21. Robertson MC, Downer B, Schulz PE, Samper-Ternent R, Lyons EJ, Milani SA. Social and leisure activities predict transitions in cognitive functioning in older Mexican adults: a latent transition analysis of the Mexican Health and Aging Study. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci*. 2023;78(10):1625-35. doi:10.1093/geronb/gbad082.
 22. Oh SS, Cho E, Kang B. Social engagement and cognitive function among middle-aged and older adults: gender-specific findings from the Korean longitudinal study of aging (2008–2018). *Sci Rep*. 2021;11(1):15876. doi:10.1038/s41598-021-95438-0.
 23. Muhammad T. The role of religiosity and religious participation in the relationship between depressive symptoms and cognitive impairment among older Indian adults. *Sci Rep*. 2022;12(1):11915. doi:10.1038/s41598-022-14744-3.
 24. Liu X, Wang S, Liu S, Yao N, Wang Q, Sun X. The mediating effect of functional health on the relationship between social capital and cognition among Chinese older adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(23):16123. doi:10.3390/ijerph192316123.
 25. Bai Y, Chen Y, Tian M, Gao J, Song Y, Zhang X, et al. The relationship between social isolation and cognitive frailty among community-dwelling older adults: the mediating role of depressive symptoms. *Clin Interv Aging*. 2024;19:1079-89. doi:10.2147/CIA.S461288.
 26. Nie Y, Richards M, Kubinova R, Titarenko A, Malyutina S, Kozela M, et al. Social networks and cognitive function in older adults: findings from the HAPIEE study. *BMC Geriatr*. 2021;21(1):570. doi:10.1186/s12877-021-02531-0.
 27. Ko Y, Choi K. Exploring the role of social factors in cognitive frailty among South Korean older adults. *Healthcare (Basel)*. 2024;12(14):1394. doi:10.3390/healthcare12141394.
 28. Noguchi T, Nojima I, Inoue-Hirakawa T, Sugiura H. The association between social support sources and cognitive function among community-dwelling older adults: a one-year prospective study. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(21):4228. doi:10.3390/ijerph16214228.
 29. Belachew A, Cherbuin N, Bagheri N, Burns R. The profiles of health aging in older Ethiopian adults within the WHO healthy aging framework. *J Popul Ageing*. 2024. doi:10.1007/s12062-024-09468-3.
 30. Stern Y, Arenaza-Urquijo E, Bartrés-Faz D, Belleville S, Cantilon M, Chetelat G, et al. Whitepaper: Defining and investigating cognitive reserve, brain reserve, and brain maintenance. *Alzheimers Dement*. 2020;16(9):1305-11. doi:10.1016/j.jalz.2018.07.219.
 31. Zou J, Hao S. Exercise-induced neuroplasticity: a new perspective on rehabilitation for chronic low back pain. *Front Mol Neurosci*. 2024;17:1407445. doi:10.3389/fnmol.2024.1407445.
 32. Saez-Sanz N, Sanchez-Lara E, Gonzalez-Perez R, Caracul A, Peralta-Ramirez I. The psychological resilience of older adults is key to their independence in instrumental activities of daily living and social participation. *Brain Sci*. 2025;15(4):383. doi:10.3390/brainsci15040383.
 33. Ma W, Liang P, Wu B, Yu Y, Shi Q, Zhong R. Social participation, subjective well-being, and cognitive function as serial mediators between tooth loss and functional limitations in older Chinese adults. *BMC Public Health*. 2024;24(1):803. doi:10.1186/s12889-024-18255-w.
 34. Zhou S, Deng T, Shao S, Zeng Z. The multiple mediating roles of depression and grandchild care in the relationship between social participation and cognitive function among middle-aged and elderly Chinese: an empirical study based on CHARLS 2020 data. *Front Aging Neurosci*. 2025;17:1549615. doi:10.3389/fnagi.2025.1549615.
 35. Hsu YT, Hoven H, Grodstein F, Liu TH, Chang CR, Hsieh YL, et al. Social participation trajectories in late life and cognitive functioning: a sequence analysis based on Taiwan Longitudinal Study on Aging. *SSM Popul Health*. 2025;31:101821. doi:10.1016/j.ssmph.2025.101821.
 36. Li X, Xu W. A change in social participation affects cognitive function in middle-aged and older Chinese adults: analysis of a Chinese longitudinal study on aging (2011–2018). *Front Public Health*. 2024;12:1295433. doi:10.3389/fpubh.2024.1295433.
 37. Chen Y, Grodstein F, Capuano AW, Wang T, Bennett DA, James BD. Late-life social activity and subsequent risk of dementia and mild cognitive impairment. *Alzheimers Dement*. 2025;21(1):e14316. doi:10.1002/alz.14316.
 38. Sandoval-Obando ES, Romero SM. Correlatos neurológicos del envejecimiento potencialmente generativo. *Res Ageing Soc Policy*. 2023;11(2):133-68. doi:10.17583/rasp.12253.
 39. Sepúlveda-Loyola W, Silva-Díaz YA, Odar-Rojas CE, Vega-Rojas RC, Matsumoto AK, Teixeira D. Association between phase angle and blood biomarkers in community-dwelling older adults: The role of BDNF and oxidative stress. *Nutr Clín Diet Hosp [Internet]*. 31 de 2025 [citado 10 de enero de 2025];45(2). Disponible en: <https://doi.org/10.12873/>

No desayunar y el exceso de peso en personal asistencial de un hospital: un estudio transversal

Breakfast skipping and excess weight among healthcare personnel in a hospital: a cross-sectional study

Maria CALIXTO AIRA¹, Carlos ALVARADO ORTIZ¹, José A. CHAQUILA^{2,3}

1 Programa de Doctorado en Nutrición y Alimentos, Escuela de posgrado. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú.

2 Grupo de Investigación en Nutrición Pública y Seguridad Alimentaria Nutricional. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima, Perú.

3 Sociedad Peruana de Nutrición. Lima, Perú.

Recibido: 21/octubre/2025. Aceptado: 26/noviembre/2025.

RESUMEN

Objetivo: evaluar la asociación entre no desayunar y el exceso de peso en personal asistencial de un hospital peruano durante el 2022.

Materiales y métodos: se realizó un estudio primario, observacional y transversal. Se empleó un muestreo probabilístico, de tipo aleatorio simple. Aquellos que no desayunaron tres días o menos durante la semana fueron incluidos en el grupo que no desayuna. El exceso de peso fue determinado con un Índice de Masa Corporal ≥ 25 kg/m². Para evaluar la asociación, se realizó una regresión de Poisson cruda y ajustada, considerando como variables potenciales confusoras la actividad física, hábitos de vida, ingresos económicos, carga laboral y otras características.

Resultados: 195 participantes fueron evaluados. El 16,9% y 56,9% del personal asistencial no desayunó y tuvo exceso de peso, respectivamente. Las mujeres y el personal técnico presentaron el doble de exceso de peso que sus contrapartes. Además, el personal que reportó mayores ingresos económicos no desayunó en mayor proporción. En el modelo ajustado, aquellos que no desayunaron tuvieron un 32% (RPa: 1,32; IC95%:1,02-1,71) más de prevalencia presentar exceso de peso, comparado a los que sí desayunaban. En el modelo ajus-

tado, el ser mujer, personal técnico y tener alta carga laboral también se asoció a un mayor exceso de peso.

Conclusión: es necesario implementar intervenciones que promuevan mejores condiciones laborales y hábitos saludables para optimizar la calidad de vida y el estado nutricional del personal asistencial.

PALABRAS CLAVE

Patrones alimentarios; salud ocupacional; índice de masa corporal; conductas alimentarias; Perú.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the association between breakfast skipping and excess weight among healthcare personnel in a Peruvian hospital during 2022.

Materials and Methods: A primary, observational, cross-sectional study was conducted. A probabilistic simple random sampling approach was employed. Individuals who skipped breakfast three days or fewer during the week were included in the "non-breakfast" group. Excess weight was determined by a Body Mass Index ≥ 25 kg/m². Crude and adjusted Poisson regression models were applied to estimate the association, considering potential confounders such as physical activity, lifestyle habits, income, workload, and other characteristics.

Results: A total of 195 participants were evaluated. Overall, 16.9% did not eat breakfast, and 56.9% had excess body weight. Women and technical staff exhibited twice the prevalence of excess body weight compared with their coun-

Correspondencia:
Maria Calixto-Aira
maria.calixto@epg.usil.pe.

terparts. Additionally, personnel reporting higher income levels had a higher prevalence of skipping breakfast. In the adjusted model, individuals who skipped breakfast had a 32% higher prevalence of excess body weight (aPR: 1.32; 95% CI: 1.02–1.71) compared with those who did eat breakfast. In the adjusted model, being female, being technical staff, and having a high workload were also associated with greater excess body weight.

Conclusion: Interventions that promote healthier working conditions and lifestyle practices are needed to improve the quality of life and nutritional status of healthcare personnel.

KEYWORDS

Eating patterns; occupational health; body mass index; eating behaviors; Peru.

INTRODUCCIÓN

La ingesta alimentos es considerado un potente regulador de los ritmos circadianos¹. Por ello, el momento y la frecuencia con que se consumen alimentos a lo largo del día pueden sincronizar o desincronizar los relojes biológicos periféricos presentes en diversos tejidos y órganos², como el tejido adiposo³ o el páncreas⁴, influyendo en la asimilación de los nutrientes ingeridos. En línea con esto, se ha evidenciado cómo los horarios de alimentación influyen significativamente en la salud. Asimismo, las alteraciones en estos patrones usuales de alimentación (también llamado crono-disrupción) se asocian con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT)⁵.

Las tendencias de sobrepeso y obesidad (exceso de peso) han incrementado en los últimos años. Durante el 2021, 2,9 mil millones de personas mayores de 25 años presentaron exceso de peso a nivel mundial. Además, se estima que para el año 2050, el exceso de peso esté presente en 3,8 mil millones de personas⁶. Por ello, tanto en países de medianos y bajos ingresos, el exceso de peso representa un desafío para la salud pública. Por otro lado, lo que dificulta la disminución de estas prevalencias recae en la multicausalidad del exceso de peso, en donde los tiempos de alimentación emergen como un determinante adicional de relevancia⁷.

En este contexto, la práctica de no desayunar se ha asociado a mayores niveles de índice de masa corporal (IMC)⁸, lo que podría explicarse por alteraciones en la regulación del apetito⁹ o por un incremento en la ingesta de alimentos hipercalóricos a lo largo del día debido a la ausencia de saciedad matutina¹⁰. No obstante, el no desayunar también ha mostrado contribuir en la pérdida de peso al asociarse a una menor ingesta calórica¹¹. Ante lo expuesto, la asociación entre el consumo de desayuno y el exceso de peso aún no es clara y cambia dependiendo el contexto. Adicionalmente, la incertidumbre incrementa al explorar esta asociación en poblaciones que suelen percibir un mayor estrés laboral, dete-

rioro físico y mental, como el personal asistencial o sanitario de establecimientos de salud¹²⁻¹⁴.

La evidencia que asocia el no desayunar con el exceso de peso en personal asistencial es limitada, encontrándose un solo estudio realizado en Sudamérica (Ecuador), en donde no se encontró asociación¹⁵. A nuestro conocimiento, en Perú no existen estudios que hayan evaluado esta asociación en esta población. Ante lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la asociación entre el no desayunar con el exceso de peso en una muestra de personal asistencial pertenecientes a un hospital de mediana complejidad en Lima, Perú durante el 2022. Como objetivos secundarios, se caracterizó al personal asistencial que no desayunó y que presentan exceso de peso. Los hallazgos de esta investigación esperan contribuir con la formulación de políticas que mejoren la calidad laboral del personal asistencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio, población y muestra

Para responder al objetivo, se diseñó un estudio observacional, de tipo transversal analítico. Para ello, se evaluó al personal asistencial (18-60 años) del Hospital San Juan de Lurigancho durante el año 2022. Este establecimiento de mediana complejidad (nivel II-2) está ubicado en Lima Metropolitana (capital del Perú), y pertenece al Ministerio de Salud del Perú. Al momento de la recolección de datos (2022), el hospital contaba con 994 asistenciales. Se consideró no incluir a aquellos participantes que auto reporten alguna condición que influya en el peso corporal y la ingesta habitual de comidas, como hipotiroidismo, hipertiroidismo, ascitis, mujeres gestantes o que dan de lactar.

Se realizó un muestreo probabilístico, de tipo aleatorio simple. Para el cálculo del tamaño muestral, se consideró una proporción esperada del desenlace (exceso de peso) del 60%¹⁵, con un nivel de confianza al 95% y una precisión del 5%. Tanto la aleatorización como el cálculo del tamaño de muestra se realizaron en el programa Epidat v4.2. Finalmente, la muestra mínima necesaria calculada fue de 194 participantes.

Procedimientos

Luego de recibir las aprobaciones éticas y administrativas correspondientes para la realización de la investigación, se contactó al personal asistencial seleccionado para presentarles los objetivos del estudio e invitarlos a formar parte. Posteriormente, se coordinaron fechas específicas con cada participante para la entrevista y recolección de medidas antropométrica. La información sociodemográfica y de variables de interés se obtuvo a través de un cuestionario que se completó durante la entrevista. Las mediciones antropométricas se realizaron en un espacio privado y cómodo para los participantes dentro del establecimiento de salud. En caso los par-

participantes no hayan podido completar el cuestionario presencialmente por falta de tiempo, se les brindó la oportunidad de responderlo mediante un formulario en línea. De igual manera, cuando un participante no pudo realizar o completar las mediciones antropométricas en la fecha programada y no fue posible reprogramarlas, se decidió buscar a otro potencial participante en su lugar.

Variable de exposición: consumo habitual del desayuno

La práctica de no desayunar se evaluó mediante un cuestionario orientado en conocer el consumo habitual de desayuno, así como hábitos de alcohol y tabaco. Los participantes respondieron a la siguiente pregunta: ¿Con qué frecuencia consume el desayuno durante la semana? Se ofrecieron cinco opciones de respuesta: nunca, solo una vez a la semana, 2 a 3 días a la semana, 4 a 5 días a la semana, y siempre o casi siempre. Aquellos que indicaron desayunar "2 a 3 días" o menos por semana (es decir, que no desayunaban 4 días o más) fueron clasificados en el grupo de no desayunadores. Además, esta definición también ha sido empleada previamente¹⁶.

Variable de desenlace: exceso de peso

El exceso de peso (sobrepeso y obesidad) se determinó a través de un IMC mayor o igual a 25 kg/m². Para ello, se obtuvo el peso y talla siguiendo los protocolos antropométricos establecidos por el Centro Nacional de Alimentación, Nutrición y Vida Saludable (CENAN), también empleados en los establecimientos de salud del Perú¹⁷.

Variables confusoras

En base a la literatura y para poder caracterizar a la muestra de participantes, se consideraron los siguientes potenciales variables confusoras: sexo (masculino/femenino); edad (≤ 34 , 35 – 44 y ≥ 45 años); estado civil (sin pareja/con pareja); ocupación (profesional de salud/técnico de salud); ingresos económicos mensuales (se establecieron terciles en base la muestra encuestada: 800 - 2 500, 2 700 – 4 000 y 4 300 – 12 000 nuevos soles (moneda peruana)); años de servicio (se establecieron terciles en base la muestra encuestada: 1 – 5, 6 – 12 y 13 – 41 años); actividad física (determinado mediante el Cuestionario Internacional de la Actividad Física versión corta: baja, media y alta)¹⁸; carga laboral (determinaba a través del cuestionario Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo: baja, media y alta)¹⁹; labor en área COVID-19 (no, sí); hábito de consumo de bebidas alcohólicas (nunca, regular/frecuentemente (agrupados debido al bajo reporte de "frecuentemente") y hábito de fumar tabaco (nunca, regular/frecuentemente (agrupados debido al bajo reporte de "frecuentemente")). Los ingresos económicos mensuales y años de servicio fueron establecidos en terciles debido a que no existe un con-

sensu para su clasificación, por ello empleamos un criterio estadístico con la finalidad de caracterizar a la muestra.

Análisis estadísticos

La información de las encuestas fue exportadas al programa estadístico Stata V16 (StataCorp) para todos su análisis. Los análisis descriptivos se expresaron en frecuencias absolutas y relativas. Se evaluaron las diferencias entre las características sociodemográficas acorde al exceso de peso y los que se saltan el desayuno a través prueba Chi 2 de Pearson. Para responder al objetivo principal, se realizaron modelos crudos y ajustados obtenidos con la regresión de Poisson con varianza robusta. Considerando un criterio epidemiológico, todas las variables confusoras entraron en el modelo ajustado. Las fuerzas de asociación se expresaron en razones de prevalencia (RP) con sus intervalos de confianza al 95% (IC95%). Se consideró la significancia estadística cuando el p valor fue menor a 0,05. Adicionalmente, la sobredispersión del modelo se evaluó mediante una bondad de ajuste de Pearson y de la desviación. En ambos casos, la razón con respecto a los grados de libertad residuales fue cercana a 1, lo que indica una muy baja sobredispersión. Por otro lado, no se consideró responder al objetivo a través de un modelo log-bonomial debido a la no convergencia del modelo por la cantidad de variables de ajuste. La regresión de Poisson con varianza robusta es recomendable en estos casos.

Aspectos éticos

Todos los participantes brindaron su consentimiento informado para formar parte del estudio. Además, se contó con la aprobación del Comité Institucional de Ética en Investigación del Hospital San Juan de Lurigancho (57-2025-CIEI-UADI-HSJL-DIRIS LC/MINSA) y por el Comité de Ética de la Universidad San Ignacio de Loyola para la realización de la presente investigación.

RESULTADOS

Se evaluaron a 195 personas. De ellos, predominaron las mujeres, adultos entre 35 a 44 años y con pareja. La proporción de profesionales y técnicos de salud fue similar. Con respecto a la actividad física, se encontró una baja prevalencia de alta actividad. Por otro lado, la carga laboral media predominó en la muestra. Además, el exceso de peso y la práctica de saltarse el desayuno tuvieron una prevalencia del 56,9% (n=111) y 16,9% (n=33), respectivamente. (**Tabla 1**)

Al evaluar diferencia entre grupos, el análisis bivariado muestra que el exceso de peso fue no difiere significativamente acorde a la edad, estado civil, ingresos mensuales, tiempo de servicio, consumo de alcohol y tabaco ($p>0,05$). Por otro lado, las mujeres y el personal técnico presentaron el doble de exceso de peso que sus contrapartes ($p<0,001$). Además, a medida que incrementó la carga laboral, el exceso

Tabla 1. Características generales del personal asistencial. (n = 195)

Características	n (%)
Sexo	
Hombres	52 (26,7)
Mujeres	143 (73,3)
Edad, años	
≤ 34	59 (30,3)
35 – 44	102 (52,3)
≥ 45	34 (17,4)
Estado civil	
Sin pareja	76 (39)
Con pareja	119 (61)
Ocupación	
Profesional de la salud	98 (50,3)
Técnico de la salud	97 (49,7)
Ingresos mensuales, nuevos soles [†]	
800 – 2 500	66 (33,8)
2 700 – 4 000	67 (34,4)
4 300 – 12 000	62 (31,8)
Tiempo de servicio, años [†]	
1 – 5	71 (36,4)
6 – 12	63 (32,3)
13 – 41	61 (31,3)
Actividad física	
Baja	91 (46,7)
Media	58 (29,7)
Alta	46 (23,6)

Características	n (%)
Carga laboral	
Baja	15 (7,7)
Media	154 (79)
Alta	26 (13,3)
Labora en área COVID-19	
No	67 (34,4)
Sí	128 (65,6)
Hábito de consumir bebidas alcohólicas	
Nunca	57 (29,2)
Regular/frecuentemente	138 (70,8)
Hábito de fumar tabaco	
Nunca	175 (89,7)
Regular/frecuentemente	20 (10,3)
IMC	
Normal	84 (43,1)
Sobrepeso	79 (40,5)
Obesidad	32 (16,4)
Consumo de desayuno semanal	
Nunca	1 (0,5)
Solo una vez	4 (2,0)
2 a 3 días	28 (14,4)
4 a 5 días	25 (12,8)
Siempre o casi siempre	137 (70,3)

IMC: Índice de masa corporal. †: Clasificación establecida acorde a terciles.

de peso incrementó (p: 0,001, mientras que aquellos que no desayunaron tuvieron aproximadamente 20% más de exceso de peso que sus contrapartes (p: 0,005). (**Tabla 2**)

Con respecto a las características entre el consumo de desayuno, no se observaron diferencias significativas, a excepción de los ingresos mensuales: aquellos con ingresos superiores a

4 300 presentaron una mayor frecuencia de no desayunar (27,4%) que aquellos con ingresos menores a 4 000 nuevos soles (p: 0,026). (**Tabla 3**)

Al evaluar el objetivo principal, en el modelo crudo se observó que quienes no desayunan presentaron un 50% más de prevalencia de exceso de peso en comparación con quie-

Tabla 2. Características del personal asistencial acorde al exceso de peso. (n = 195)

Características	Exceso de peso		P valor
	No (n = 84)	Sí (n = 111)	
	n (%)		
Sexo			
Hombres	36 (69,2)	16 (30,8)	<0,001
Mujeres	48 (33,6)	95 (66,4)	
Edad, años			
≤ 34	24 (40,7)	35 (59,3)	0,905
35 – 44	45 (44,1)	57 (55,9)	
≥ 45	15 (44,1)	19 (55,9)	
Estado civil			
Sin pareja	32 (42,1)	44 (57,9)	0,827
Con pareja	52 (43,7)	67 (56,3)	
Ocupación			
Profesional de la salud	61 (62,2)	37 (37,8)	<0,001
Técnico de la salud	23 (23,7)	74 (76,3)	
Ingresos mensuales, nuevos soles [†]			
800 – 2 500	31 (47)	35 (53)	0,11
2 700 – 4 000	33 (49,2)	34 (50,8)	
4 300 – 12 000	20 (32,3)	42 (67,7)	
Tiempo de servicio, años [†]			
1 – 5	29 (40,9)	42 (59,2)	0,842
6 – 12	27 (42,9)	36 (57,1)	
13 – 41	28 (45,9)	33 (54,1)	

†: Clasificación establecida acorde a terciles. ¶: El grupo que no desayunó comprende a los que desayunaron en una frecuencia menor o igual de 2 a 3 días a la semana.

Características	Exceso de peso		P valor
	No (n = 84)	Sí (n = 111)	
	n (%)		
Actividad física			
Baja	28 (30,8)	63 (69,2)	0,005
Media	32 (55,2)	26 (44,8)	
Alta	24 (52,2)	22 (47,8)	
Carga laboral			
Baja	11 (73,3)	4 (26,7)	0,001
Media	69 (44,8)	85 (55,2)	
Alta	4 (15,4)	22 (84,6)	
Labora en área COVID-19			
No	25 (37,3)	42 (62,7)	0,24
Sí	59 (46,1)	69 (53,9)	
Hábito de consumir bebidas alcohólicas			
Nunca	28 (49,1)	29 (50,9)	0,273
Regular/frecuent emente	56 (40,6)	82 (59,4)	
Hábito de fumar tabaco			
Nunca	75 (42,9)	100 (57,1)	0,855
Regular/frecuent emente	9 (45)	11 (55)	
Consumo habitual del desayuno [¶]			
Sí desayunan	77 (47,5)	85 (52,5)	0,005
No desayunan	7 (21,2)	26 (78,8)	

nes sí lo hicieron (RP crudo: 1,50; IC95% 1,19-1,89). Tras el ajuste por variables confusoras, la asociación se mantuvo significativa, con un 32% más de prevalencia de exceso de peso (RP ajustado: 1,32; IC95% 1,02-1,71). Asimismo, ser mujer, desempeñarse como técnico de salud y tener una carga laboral alta también se asociaron con exceso de peso en los modelos ajustados. (**Tabla 4**)

DISCUSIÓN

En el personal asistencial evaluado, exceso de peso estuvo presente en 1 de cada 2 trabajadores, mientras que el 16% reportó no desayunar. Los principales hallazgos muestran cómo aquellos que no desayunan presentaron un 32% más de prevalencia de exceso de peso en comparación a quienes

Tabla 3. Características del personal asistencial acorde al consumo habitual de desayuno. (n = 195)

Características	Consumo habitual del desayuno [†]		P valor
	Sí desayunan (n = 162)	No desayunan (n = 33)	
	n (%)		
Sexo			
Hombres	45 (86,5)	7 (13,5)	0,437
Mujeres	117 (81,8)	26 (18,2)	
Edad, años			
≤ 34	49 (83)	10 (17)	0,991
35 – 44	85 (83,3)	17 (16,7)	
≥ 45	28 (82,4)	6 (17,6)	
Estado civil			
Sin pareja	64 (84,2)	12 (15,8)	0,736
Con pareja	98 (82,4)	21 (17,6)	
Ocupación			
Profesional de la salud	80 (81,6)	18 (18,4)	0,589
Técnico de la salud	82 (84,5)	15 (15,5)	
Ingresos mensuales, nuevos soles [¶]			
800 – 2 500	59 (89,4)	7 (10,6)	0,026
2 700 – 4 000	58 (86,6)	9 (13,4)	
4 300 – 12 000	45 (72,6)	17 (27,4)	
Tiempo de servicio, años [¶]			
1 – 5	58 (81,7)	13 (18,3)	0,629
6 – 12	51 (81)	12 (19)	
13 – 41	53 (86,9)	8 (13,1)	

[†]: El grupo que no desayunó comprende a los que desayunaron en una frecuencia menor o igual de 2 a 3 días a la semana. [¶]: Clasificación establecida acorde a terciles.

no lo hicieron. Como resultados secundarios, se observó que las mujeres y el personal técnico presentaron el doble de exceso de peso que sus contrapartes, y que el personal mientras con mayores ingresos económicos mensuales fue el que reportó mayor frecuencia de saltarse el desayuno.

Características	Consumo habitual del desayuno [†]		P valor
	Sí desayunan (n = 162)	No desayunan (n = 33)	
	n (%)		
Actividad física			
Baja	73 (80,2)	18 (79,8)	0,421
Media	48 (82,8)	10 (17,2)	
Alta	41 (89,1)	5 (10,9)	
Carga laboral			
Baja	14 (93,3)	1 (6,7)	0,221
Media	129 (83,8)	25 (16,2)	
Alta	19 (73,1)	7 (26,9)	
Labora en área COVID-19			
No	53 (79,1)	14 (20,9)	0,284
Sí	109 (85,2)	19 (14,8)	
Hábito de consumir bebidas alcohólicas			
Nunca	50 (87,7)	7 (12,3)	0,267
Regular/frecuente emente	112 (81,2)	26 (18,8)	
Hábito de fumar tabaco			
Nunca	148 (84,6)	27 (15,4)	0,1
Regular/frecuente emente	14 (70)	6 (30)	

La asociación encontrada entre no desayunar con el exceso de peso podría explicarse por factores biológicos y conductuales. Procesos y mecanismos fisiológicos actúan bajo ritmos circadianos, como la regulación del apetito o la liberación de hormonas como que interactúan con los nutrientes. Estos rit-

Tabla 4. Análisis multivariado entre el exceso de peso y el consumo habitual de desayuno

	Exceso de peso	
	RP crudo (IC95%)	RP ajustado [†] (IC95%)
Consumo habitual de desayuno [¶]		
Sí consumen (Ref.)	1	1
No consumen	1,5 (1,19 – 1,89)	1,32 (1,02 – 1,71)
Sexo		
Hombres (Ref.)	1	1
Mujeres	2,15 (1,41 – 3,3)	1,63 (1,1 – 2,42)
Edad, años		
≤ 34 (Ref.)	1	1
35 – 44	0,94 (0,71 – 1,23)	1,15 (0,9 – 1,49)
≥ 45	0,94 (0,65 – 1,35)	1,14 (0,81 – 1,59)
Estado civil		
Sin pareja (Ref.)	1	1
Con pareja	0,97 (0,75 – 1,24)	1,01 (0,79 – 1,3)
Ocupación		
Profesional de la salud (Ref.)	1	1
Técnico de la salud	2,02 (1,53 – 2,66)	1,84 (1,4 – 2,41)
Ingresos mensuales, nuevos soles ^{††}		
800 – 2 500 (Ref.)	1	1
2 700 – 4 000	0,95 (0,68 – 1,32)	1,0 (0,75 – 1,32)
4 300 – 12 000	1,27 (0,96 – 1,69)	1,18 (0,91 – 1,53)

RP: Razón de prevalencia; IC: Intervalos de confianza; Ref.: Referencia.

[†]: Todas las variables mostradas fueron consideradas en el modelo ajustado. [¶]: El grupo que no desayuna comprende a los que desayunaron en una frecuencia menor o igual de 2 a 3 días a la semana. ^{††}: Clasificación establecida acorde a terciles.

	Exceso de peso	
	RP crudo (IC95%)	RP ajustado [†] (IC95%)
Tiempo de servicio, años ^{††}		
1 – 5 (Ref.)	1	1
6 – 12	0,96 (0,72 – 1,28)	0,9 (0,68 – 1,18)
13 – 41	0,91 (0,67 – 1,23)	0,83 (0,63 – 1,10)
Actividad física		
Baja (Ref.)	1	1
Media	0,64 (0,47 – 0,88)	0,77 (0,59 – 1,0)
Alta	0,69 (0,49 – 0,96)	0,73 (0,54 – 0,98)
Carga laboral		
Baja (Ref.)	1	1
Media	2,06 (0,88 – 4,85)	2,04 (0,9 – 4,58)
Alta	3,17 (1,34 – 7,47)	2,8 (1,20 – 6,53)
Labora en área COVID-19		
No	1	1
Sí	0,85 (0,67 – 1,09)	0,84 (0,68 – 1,05)
Hábito de consumir bebidas alcohólicas		
Nunca (Ref.)	1	1
Regular/frecuentemente	1,16 (0,87 – 1,56)	1,01 (0,79 – 1,30)
Hábito de fumar tabaco		
Nunca (Ref.)	1	1
Regular/frecuentemente	0,96 (0,63 – 1,46)	0,74 (0,50 – 1,08)

mos circadianos responden a un reloj central ubicado en el núcleo supraquiasmático de los mamíferos, y también a relojes periféricos en múltiples órganos^{9,19}. En esta línea, el mantener unos ritmos circadianos alineados a través de rutinas de alimentación, actividad física o sueño constantes han sido asociados con una mejor salud y un peso saludable^{20,21}. Por el contrario, realizar constantes cambios en nuestros hábitos

diarios podría contribuir a la aparición de ECNT⁵. El tener horarios y frecuencias de alimentación irregulares, como comidas tardías u omisión de comidas principales, podría desincronizar el sistema circadiano intestinal alterando la secreción de hormonas intestinales, afectando la digestión alimentos, absorción de nutrientes, integridad de la barrera intestinal y su capacidad de respuesta inmune²¹.

En esta línea, quienes regularmente no desayunan suelen tener una menor tolerancia a la glucosa debido a la menor secreción de insulina^{22,23}. Además, el no tener un horario estable de desayuno también ha mostrado alterar la regulación del apetito a través de la secreción de hormonas como la leptina y grelina, responsables de la saciedad y el hambre, respectivamente^{9,24}. El ayuno prolongado incrementa los niveles de grelina tras el despertar, lo cual induce a una mayor ingesta de alimentos. Es probable que, en un intento de apaciguar el hambre, aquellos que no suelen desayunar tiendan a consumir alimentos hipercalóricos de rápida y fácil adquisición como alimentos ultra procesados¹⁰. Además, con la intención de compensar la ingesta de alimentos omitida, aquellas personas que no suelen desayunar han mostrado una mayor ingesta calórica en las comidas restantes del día y peor calidad en su dieta^{25,26}. Estos factores biológicos y conductuales podrían intensificarse en poblaciones que suelen tener horarios rotativos, alta carga laboral y malos hábitos alimentarios, como el personal asistencial^{12,14}.

La asociación entre el no desayunar y el exceso de peso en personal asistencial es limitada y, a nuestro conocimiento, este es el primer estudio realizado en Perú en evaluar esta asociación. Los antecedentes muestran desenlaces distintos. Por ejemplo, en enfermeras japonesas se encontró una asociación positiva entre el no desayunar y el IMC²⁷. Además, mostraron que este grupo suele tener una menor ingesta de alimentos y menor calidad de la dieta producto de la alta carga laboral²⁷. Por otro lado, en personal asistencial de un hospital en Tailandia, el no desayunar no se asoció con el estado nutricional, pero sí con una peor calidad de vida¹⁶. Estos resultados nos muestran cómo el no desayunar podría ser un factor de riesgo de un mal estado nutricional y podría ser una característica de personal asistencial con baja calidad de vida. En población general, el no desayunar y el exceso de peso ha mostrado contribuir con la pérdida de peso en un ensayo aleatorizado²⁸, pero también el con el incremento del riesgo de exceso de peso en una revisión sistemática y metaanálisis⁸. En conjunto, estos antecedentes muestran que la asociación varía dependiendo el contexto y la población estudiada, lo que enfatiza la relevancia de profundizar en esta problemática en personal asistencial.

Nuestros resultados principales muestran una mayor prevalencia de exceso de peso en aquellos que no desayunan. El modelo de asociación también mostró que las mujeres, el personal técnico y la alta carga laboral mantuvieron la significancia estadística en el modelo ajustado, lo cual podría ayudar a explicar la asociación entre el no desayunar y el exceso de peso. En este sentido, las mujeres tienden disminuir o saltarse comidas con la intención de disminuir su peso corporal⁸. Por otro lado, el personal técnico de salud suele presentar mayores niveles de estrés que los profesionales²⁹, lo cual podría incrementar sus malos hábitos alimentarios¹⁴. Además, una carga laboral alta en personal asistencial también podría

predisponer a un mayor estrés y, por ende, malos hábitos de alimentación^{12,14}.

Un factor que también pudo haber influenciado en nuestros resultados fue el periodo de recolección de datos, el cual fue durante los últimos meses del 2022 (cuarta ola). Si bien, en dicho periodo las infecciones por COVID-19 mostraban una reducción considerable, es probable que el desgaste físico y mental acumulado en el personal asistencial se haya mantenido¹², favoreciendo la adopción de hábitos alimentarios poco saludables como el no desayunar, y un peor estado nutricional¹⁴. No obstante, en nuestros hallazgos, laborar en un área COVID-19 no se asoció significativamente ni con el exceso de peso ni con la omisión del desayuno. Además, con la intención de controlar la confusión debido al contexto pandémico, se ajustó por esta variable en el modelo multivariado. En un análisis no mostrado en los resultados, al no ajustar por labor en área COVID-19 se obtuvo un RP de 1,33 (IC95%: 1,03 – 1,72) en la asociación entre el no desayunar y exceso de peso. Sin embargo, tras ajustar por esta potencial confusora, el RP disminuyó en 0,01 (RP ajustado: 1,32 (IC95%: 1,02 – 1,72), lo que sugiere que el contexto pandémico pudo no haber confundido sustancialmente la asociación objetivo de la presente investigación. Pese a ello, el impacto del COVID-19 abarca dimensiones más amplias que no fueron consideradas en este estudio y, por lo tanto, los resultados deben interpretarse con cautela.

Con respecto a nuestros resultados secundarios, más de la mitad del personal asistencial tuvo exceso de peso, la cual es similar la reportada en otros estudios. En Perú, exceso de peso en personal asistencial ronda entre el 41%¹² y 74%¹⁴, frente al 56,9% reportado en la presente investigación. Estos resultados muestran un amplio rango, lo cual se podría explicar por factores ocupacionales, como los cambios frecuentes de turno y los bajos niveles de actividad física. Por otro lado, la prevalencia que reportamos de aquellos que no desayunan (16,9%,) fue similar a la encontrada en otra muestra de personal asistencial (14%)¹⁷. Adicionalmente, en otra muestra de adultos peruanos, la prevalencia también es similar (18,7%)³⁰. Además, nuestro análisis bivariado mostró que aquellos que no desayunaban con mayor frecuencia fueron los que percibieron mayores ingresos mensuales (27,4% vs 10,6% en los de menores ingresos). Probablemente, el percibir mayores ingresos se asocie con una mayor carga laboral y estrés y, por ende, un menor consumo de desayuno durante la semana por la falta de tiempo.

El personal asistencial está expuesto a constantes cambios de turno, trabajo nocturno e incluso, condiciones laborales deficientes. Por ello, también están en constante exposición a malos hábitos de alimentación y, por ende, mayor riesgo de presentar mayor exceso de peso¹⁴. En base a nuestros hallazgos, es fundamental que se puedan establecer condiciones laborales en las cuales se le brinde al personal de salud un espacio ideal de alimentación y se establezcan más pro-

gramas que promuevan la actividad física y alimentación saludable. Controlar estos factores contribuirá a mejorar la calidad de vida y salud del personal asistencial.

Los hallazgos presentan limitaciones que deben considerarse para su interpretación. Primero, la naturaleza transversal de nuestra investigación solo permite establecer asociaciones en un punto determinado del tiempo, más relaciones causales. Pese a ello, la asociación que encontramos parte de considerar potenciales variables confusoras en el modelo ajustado, lo cual contribuye a una mayor validez externa. Segundo, pese a que se emplearon protocolos estandarizados de medición antropométrica, los sesgos de medición aún están presentes. Adicionalmente, el sesgo de memoria también puede haber estado presente en los cuestionarios auto reportados. Sin embargo, con la finalidad de disminuir ambos sesgos, las mediciones antropométricas y los cuestionarios fueron realizados en un ambiente privado y empleando instrumentos validados. Esto contribuyó a la disminución de ambos sesgos. Tercero, el periodo de recolección de los datos (últimos meses del 2022) podría limitar la validación externa de nuestros resultados. No obstante, con la finalidad de poder disminuir y controlar la confusión que este periodo pandémico pudo haber generado en nuestro estudio, decidimos incluir una pregunta para conocer si el personal asistencial labora en área COVID-19, encontrando que no se relaciona ni modifica la asociación entre las variables principales. No obstante, el impacto del COVID-19 excede lo considerado en este estudio, y resultados deben interpretarse con cautela. Finalmente, hemos identificado el sesgo de confusión residual al no poder controlar por todas las variables confusoras posibles. Sin embargo, las variables confusoras seleccionadas nos permitieron modelar una asociación que ha considerado actividad física, hábitos nocivos para la salud, carga laboral e ingresos, lo cual permite tener una mayor aproximación a la validez externa.

Nuestra investigación también presenta fortalezas. Realizamos un cálculo de tamaño muestral para asegurar una correcta representatividad de la población de estudio. Además, empleamos cuestionarios validados para capturar la mejor medición de nuestras variables. Adicionalmente, empleamos un modelo de asociación considerando variables que, por su naturaleza, pueden confundir nuestra asociación, permitiéndonos capturar el efecto total de la asociación entre el no desayunar y el exceso de peso.

CONCLUSIÓN

El 16,9% del personal asistencial evaluado reportó no desayunar. Además, más de la mitad del personal presentó exceso de peso. Finalmente, aquellos que se no desayunaron presentaron un 32% más de prevalencia de tener exceso de peso, comparado a los que sí desayunan. Estos resultados muestran una situación que debe considerarse al momento de establecer programas que busquen mejorar la calidad de vida y salud del personal asistencial.

AGRADECIMIENTO

A los participantes por su información y tiempo para esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Manoogian ENC, Panda S. Circadian rhythms, time-restricted feeding, and healthy aging. *Ageing Res Rev* 2017;39:59–67. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2016.12.006>.
2. BaHammam AS, Pirzada A. Timing Matters: The Interplay between Early Mealtime, Circadian Rhythms, Gene Expression, Circadian Hormones, and Metabolism-A Narrative Review. *Clocks Sleep* 2023;5:507–35. <https://doi.org/10.3390/clockssleep5030034>.
3. Yoshino J, Klein S. A novel link between circadian clocks and adipose tissue energy metabolism. *Diabetes* 2013;62:2175–7. <https://doi.org/10.2337/db13-0457>.
4. Stenvers DJ, Scheer FAJL, Schrauwen P, et al. Circadian clocks and insulin resistance. *Nat Rev Endocrinol* 2019;15:75–89. <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0122-1>.
5. Reytor-González C, Simancas-Racines D, Román-Galeano NM, et al. Chrononutrition and Energy Balance: How Meal Timing and Circadian Rhythms Shape Weight Regulation and Metabolic Health. *Nutrients* 2025;17:2135. <https://doi.org/10.3390/nu17132135>.
6. Ng M, Gakidou E, Lo J, et al. Global, regional, and national prevalence of adult overweight and obesity, 1990–2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet* 2025;405:813–38. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(25\)00355-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(25)00355-1).
7. Xiao Q, Garaulet M, Scheer FAJL. Meal timing and obesity: interactions with macronutrient intake and chronotype. *Int J Obes* 2019;43:1701–11. <https://doi.org/10.1038/s41366-018-0284-x>.
8. Ma X, Chen Q, Pu Y, et al. Skipping breakfast is associated with overweight and obesity: A systematic review and meta-analysis. *Obes Res Clin Pract* 2020;14:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2019.12.002>.
9. Asao K, Marekani AS, VanCleave J, et al. Leptin Level and Skipping Breakfast: The National Health and Nutrition Examination Survey III (NHANES III). *Nutrients* 2016;8:115. <https://doi.org/10.3390/nu8030115>.
10. Silva Júnior AED, Gearhardt AN, Bueno NB. Association between food addiction with ultra-processed food consumption and eating patterns in a Brazilian sample. *Appetite* 2023;186:106572. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2023.106572>.
11. Sievert K, Hussain SM, Page MJ, et al. Effect of breakfast on weight and energy intake: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ* 2019;368. <https://doi.org/10.1136/bmj.l42>.
12. Vasquez-Purí C, Plaza-Ccuno JNR, Soriano-Moreno AN, et al. Burnout, Fat Intake, and Body Mass Index in Health Professionals Working in a Public Hospital: A Cross-Sectional Study. *Inq J Med Care Organ Provis Financ* 2023;60:469580231189601. <https://doi.org/10.1177/00469580231189601>.

13. Søvdal LE, Naslund JA, Kousoulis AA, et al. Prioritizing the Mental Health and Well-Being of Healthcare Workers: An Urgent Global Public Health Priority. *Front Public Health* 2021;9:679397. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.679397>.
14. Yaman GB, Hocaoglu Ç. Examination of eating and nutritional habits in health care workers during the COVID-19 pandemic. *Nutr Burbank Los Angel Cty Calif* 2023;105:111839. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2022.111839>.
15. Lara M, Sisa I, Yopez MC. Breakfast skipping, nutritional status, and physical activity in a middle-aged Latin American population: a population-based study from Ecuador. *Nutr Hosp* 2019; 36:1123-32. <https://doi.org/10.20960/nh.02393>.
16. Mogre V, Atibilla J, Kandoh N. Association between breakfast skipping and adiposity status among civil servants in the Tamale metropolis. *J Med Biomed Sci* 2013;2:1-7. <https://dx.doi.org/10.4314/jmbs.v2i2.1>.
17. Ministerio de Salud. Guía técnica para la valoración nutricional antropométrica de la persona adulta 2012. <https://www.gob.pe/ins-titucion/minsa/informes-publicaciones/314114-guia-tecnica-para-la-valoracion-nutricional-antropometrica-de-la-persona-adulta> (accessed July 18, 2024).
18. Lee PH, Macfarlane DJ, Lam TH, et al. Validity of the International Physical Activity Questionnaire Short Form (IPAQ-SF): a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act* 2011;8:115. <https://doi.org/10.1186/1479-5868-8-115>.
19. Baron KG, Reid KJ, Kim T, et al. Circadian timing and alignment in healthy adults: associations with BMI, body fat, caloric intake and physical activity. *Int J Obes* 2017;41:203-9. <https://doi.org/10.1038/ijo.2016.194>.
20. Vitaterna MH, Takahashi JS, Turek FW. Overview of circadian rhythms. *Alcohol Res Health* 2001;25:85-93.
21. Martchenko A, Martchenko SE, Biancolin AD, et al. Circadian Rhythms and the Gastrointestinal Tract: Relationship to Metabolism and Gut Hormones. *Endocrinology* 2020;161:bqaa167. <https://doi.org/10.1210/endo/bqaa167>.
22. Pereira MA, Erickson E, McKee P, et al. Breakfast Frequency and Quality May Affect Glycemia and Appetite in Adults and Children. *J Nutr* 2011;141:163-8. <https://doi.org/10.3945/jn.109.114405>.
23. Mekary RA, Giovannucci E, Willett WC, et al. Eating patterns and type 2 diabetes risk in men: breakfast omission, eating frequency, and snacking. *Am J Clin Nutr* 2012;95:1182-9. <https://doi.org/10.3945/ajcn.111.028209>.
24. Gwin JA, Leidy HJ. Breakfast Consumption Augments Appetite, Eating Behavior, and Exploratory Markers of Sleep Quality Compared with Skipping Breakfast in Healthy Young Adults. *Curr Dev Nutr* 2018;2:nzy074. <https://doi.org/10.1093/cdn/nzy074>.
25. Timlin MT, Pereira MA. Breakfast Frequency and Quality in the Etiology of Adult Obesity and Chronic Diseases. *Nutr Rev* 2008; 65:268-81. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00304.x>.
26. Min C, Noh H, Kang Y-S, et al. Skipping breakfast is associated with diet quality and metabolic syndrome risk factors of adults. *Nutr Res Pract* 2011;5:455-63. <https://doi.org/10.4162/nrp.2011.5.5.455>.
27. Wong CS. An impression after the annual meeting of American Society of Regional Anesthesia: is regional block an ideal technique for anesthesia and postoperative pain management? *Acta Anaesthesiol Sin* 1999;37:53-4.
28. Schlundt D, Hill J, Sbrocco T, et al. The role of breakfast in the treatment of obesity: a randomized clinical trial. *Am J Clin Nutr* 1992;55:645-51. <https://doi.org/10.1093/ajcn/55.3.645>.
29. Rodríguez-Rodríguez E. Body Weight perception and dieting behaviour in spanish population. *Nutr Hosp* 2009;24:580-587. <https://doi.org/10.3305/nh.2009.24.5.4488>.
30. Lam Cabanillas ER, Hilario Vásquez KJ, Huamán Salirrosas LM, et al. Relationship between the meal frequency and timing with overweight and obesity in trujillan adults. *Rev Fac Med Humana* 2022;22:471-7. <https://doi.org/10.25176/RFMH.v22i3.4744>.

Eje intestino–riñón: avances recientes y aplicaciones clínicas en nefrología pediátrica y del adulto

Gut–kidney axis: recent advances and clinical applications in pediatric and adult nephrology

Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS¹, Vivian R. MENA MIRANDA²

¹ Especialista de 1er Grado en Pediatría y Neuropediatría. Children's Medical Center, Lake City, Florida, USA.

² Especialista en Pediatría y Profesora Titular. Hospital Pediátrico Universitario "Centro Habana", Cuba.

Recibido: 25/agosto/2025. Aceptado: 26/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El eje intestino–riñón constituye un sistema de interacción bidireccional entre microbiota intestinal y función renal que influye en la progresión de la enfermedad renal crónica (ERC), la inflamación sistémica y las complicaciones cardiovasculares. Este trabajo corresponde a una **revisión sistemática cualitativa**.

Objetivo: Evaluar los hallazgos publicados entre 2020–2025 sobre los mecanismos fisiopatológicos, metabolitos clave y estrategias terapéuticas vinculadas al eje intestino–riñón, con énfasis en población pediátrica.

Material y método: Se realizó una revisión sistemática cualitativa siguiendo la guía PRISMA 2020. Se llevó a cabo una búsqueda estructurada en PubMed, Scopus y Web of Science (**enero 2020–junio 2025**) utilizando ecuaciones basadas en los términos "gut–kidney axis", "uremic toxins", "short-chain fatty acids", "dysbiosis" y "children". **Se definió la pregunta de investigación mediante el esquema PICOS**, incluyendo: **Población:** adultos y niños con ERC en cualquier estadio; **Intervenciones:** patrones dietéticos, probióticos/simbióticos, adsorbentes intestinales y moduladores del microbioma; **Comparadores:** ausencia de intervención o tratamiento habitual; **Outcomes:** niveles de toxinas urémicas, marcadores inflamatorios, progresión de ERC

y parámetros de crecimiento pediátrico; **Diseño:** ensayos clínicos, estudios observacionales, modelos animales con aplicabilidad clínica y revisiones sistemáticas. **Criterios de inclusión/exclusión:** se incluyeron estudios en inglés o español con evaluación explícita del eje intestino–riñón; **se excluyeron artículos sin datos clínicos relevantes, estudios sin definición operacional del eje, trabajos con metodología insuficiente o modelos animales sin aplicabilidad clínica.**

Resultados: Se identificaron 582 estudios, de los cuales 455 fueron evaluados tras eliminar duplicados; finalmente, 58 cumplieron criterios de elegibilidad. La evidencia mostró que la disbiosis intestinal incrementa toxinas urémicas (indoxil sulfato, p-cresil sulfato y TMAO), asociadas a inflamación, fibrosis y deterioro renal. Los ácidos grasos de cadena corta ejercen efectos inmunomoduladores protectores. En población pediátrica, niveles elevados de indoxil sulfato se relacionan con menor velocidad de crecimiento y mayor riesgo cardiovascular. Las intervenciones con dietas ricas en fibra, probióticos/simbióticos y adsorbentes intestinales como AST-120 mostraron beneficios parciales en la reducción de toxinas y la modulación de la inflamación.

Conclusiones: El eje intestino–riñón representa un determinante crítico de la progresión de la ERC y de sus complicaciones metabólicas y cardiovasculares. Los metabolitos derivados de la microbiota constituyen biomarcadores clínicos y dianas terapéuticas emergentes. Se requieren ensayos clínicos de alta calidad, especialmente en pediatría, para establecer recomendaciones definitivas.

Correspondencia:
Vicente Manuel Martínez Cárdenas
vicente7757@yahoo.com

PALABRAS CLAVE

Eje intestino-riñón; Microbiota intestinal; Enfermedad renal crónica; Pediatría; Ácidos grasos de cadena corta.

ABSTRACT

Introduction: The gut-kidney axis comprises the bidirectional interaction between intestinal microbiota and renal function, influencing inflammation, uremic toxin production, and chronic kidney disease (CKD) progression. This study is a **systematic qualitative review** evaluating recent evidence (2020–2025) in adult and pediatric nephrology.

Objective: To synthesize current evidence on the metabolites, mechanisms, and clinical implications of the gut-kidney axis and to evaluate therapeutic interventions (fiber-rich diets, probiotics/synbiotics, and intestinal adsorbents).

Materials and Methods: A systematic qualitative review was conducted following PRISMA 2020 guidelines. Searches were performed in PubMed, Scopus, and Web of Science from January 1, 2020, to June 30, 2025. The search equations combined MeSH/DeCS terms using Boolean operators ("gut-kidney axis" AND "uremic toxins" AND "short-chain fatty acids" AND "chronic kidney disease" AND "children"). Inclusion criteria: human studies (adults or children with CKD), interventional studies (fiber diets, probiotics, synbiotics, AST-120), observational studies, systematic reviews, and animal models with translational relevance. **Exclusion criteria:** non-peer-reviewed articles, non-English/Spanish publications, studies without measurable renal outcomes, and models without clinical applicability. Screening was performed by two independent reviewers, resolving discrepancies by consensus. A total of 582 records were identified; 455 remained after removing duplicates; 153 full texts were evaluated; and 58 studies met criteria for qualitative synthesis. No meta-analysis was possible due to heterogeneity in designs, populations, and outcome measures.

Results: Intestinal dysbiosis was consistently associated with increased levels of indoxyl sulfate, p-cresyl sulfate, and TMAO, correlating with systemic inflammation and faster CKD progression. Short-chain fatty acids showed anti-inflammatory and barrier-protective effects across clinical and experimental studies. In pediatrics, elevated indoxyl sulfate was linked to impaired growth and cardiovascular remodeling. Fiber-rich diets, probiotics/synbiotics, and AST-120 demonstrated partial reductions in uremic toxins, though evidence remains variable.

Conclusions: The gut-kidney axis plays a central role in CKD progression and associated complications. Microbiota-derived metabolites represent promising biomarkers and therapeutic targets. Evidence supports the use of dietary fiber, microbiota-directed therapies, and intestinal adsorbents as

potential adjunct interventions. Pediatric-specific clinical trials are needed to establish safety and efficacy in children.

KEYWORDS

Gut-kidney axis; intestinal microbiota; chronic kidney disease; pediatrics; short-chain fatty acids; uremic toxins; dysbiosis; TMAO; probiotics; dietary fiber; AST-120; systemic inflammation; microbial metabolism.

ABREVIATURAS

AST-120: Adsorbente intestinal a base de carbón activado esférico.

CKD: *Chronic Kidney Disease* (Enfermedad renal crónica).

ERC: Enfermedad renal crónica.

GPR41/43: Receptores acoplados a proteína G 41 y 43.

IgA: Inmunoglobulina A.

IS: Indoxil sulfato.

KDIGO: *Kidney Disease: Improving Global Outcomes*.

OAT1: Transportador de aniones orgánicos tipo 1 (*Organic Anion Transporter 1*).

pCS: p-cresil sulfato.

PICOS: Población, Intervención, Comparador, Outcomes, Diseño de estudio.

PPAR-γ: Receptor activado por proliferador de peroxisomas gamma.

PRISMA: *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*.

SCFAs: Ácidos grasos de cadena corta (*Short-Chain Fatty Acids*).

TMAO: Trimetilamina N-óxido.

Software

Rayyan®: Plataforma para cribado sistemático de literatura.

Técnicas y plataformas OMICAS

Metabolómica: Estudio de perfiles de metabolitos a gran escala.

Microbiota-metabolito: Interacción microbioma-metabolitos.

INTRODUCCIÓN

El concepto de **eje intestino-riñón** describe la interacción bidireccional entre la microbiota intestinal y la función renal, que influye de manera crítica en la homeostasis, el metabolismo de líquidos y electrolitos, y la progresión de la enfermedad renal crónica (ERC). La disbiosis intestinal y la

acumulación de metabolitos derivados del intestino han emergido como determinantes de inflamación sistémica, fibrosis y complicaciones cardiovasculares en pacientes con ERC, incluidos los pediátricos^{1,2}. En los últimos años, estudios multi-ómicos y clínicos han aportado evidencia robusta sobre el rol de metabolitos específicos —indoxil sulfato, p-cresil sulfato y trimetilamina N-óxido (TMAO)— y sobre la acción protectora de los ácidos grasos de cadena corta (SCFAs)³⁻⁵. Su relevancia clínica radica en que estos metabolitos contribuyen directamente a la progresión renal, la inflamación sistémica y el riesgo cardiovascular en adultos y niños⁶⁻¹⁰.

Estudios publicados entre 2023 y 2025 han fortalecido el concepto del eje intestino-riñón, demostrando asociaciones robustas entre indoxil sulfato, p-cresil sulfato y TMAO con rigidez vascular, biomarcadores cardíacos y progresión acelerada de la ERC, con evidencia creciente también en población pediátrica⁹⁻¹¹.

Los **mecanismos de interacción** incluyen la producción intestinal de metabolitos como los **ácidos grasos de cadena corta (SCFAs: butirato, propionato, acetato)**, derivados del triptófano como el **indoxil sulfato (IS)** y el **p-cresil sulfato (pCS)**, además de productos de fermentación proteica que ejercen efectos directos sobre la función renal^{3,4,12}.

Cuando el riñón pierde capacidad de excreción, estas toxinas urémicas se acumulan, perpetuando un círculo vicioso que deteriora la microbiota intestinal y la integridad de la barrera intestinal. Esta disrupción favorece la **inflamación sistémica crónica de bajo grado y el estrés oxidativo**, acelerando el daño renal^{2,13}. Asimismo, los productos microbianos pueden modular receptores intestinales y renales, influyendo en la absorción y el manejo de electrolitos como sodio, potasio y fósforo¹⁴.

A pesar del creciente volumen de literatura, persisten brechas significativas relacionadas con la estandarización de biomarcadores microbianos, la heterogeneidad de las intervenciones y la escasez de estudios pediátricos. Estas limitaciones justifican la necesidad de una síntesis sistemática y actualizada¹⁵⁻¹⁸.

Este trabajo corresponde a una *revisión sistemática cualitativa*, elaborada siguiendo las recomendaciones PRISMA 2020 y centrada en evidencia publicada entre 2020 y 2025. El objetivo de esta revisión sistemática cualitativa es sintetizar los mecanismos fisiopatológicos, metabolitos clave, implicaciones clínicas e intervenciones terapéuticas del eje intestino-riñón, incorporando evidencia reciente (2020–2025) y destacando los hallazgos aplicables a la población pediátrica.

La pregunta de investigación se estructuró siguiendo el enfoque PICOS, considerando: pacientes pediátricos y adultos con enfermedad renal crónica; intervenciones basadas en modulación microbiana (dieta rica en fibra, probióticos, simbióticos, adsorbentes intestinales); comparadores como manejo estándar o placebo; desenlaces centrados en niveles de

toxinas urémicas, inflamación sistémica, progresión de ERC y crecimiento infantil; e inclusión de estudios observacionales, ensayos clínicos, revisiones y modelos animales con aplicabilidad clínica.

Las **implicaciones clínicas** de este eje son múltiples. En la **enfermedad renal crónica (ERC)**, la disbiosis intestinal se asocia con una progresión más rápida y con un mayor riesgo de complicaciones cardiovasculares^{4,12}. En **población pediátrica**, los pacientes críticos o con nefropatías presentan alteraciones del eje intestino-riñón que aumentan la susceptibilidad a infecciones, desnutrición y desequilibrios hidroelectrolíticos^{19,20}. En los pacientes sometidos a **diálisis**, se evidencian alteraciones profundas de la microbiota que incrementan la producción de toxinas urémicas²¹. Finalmente, en el **trasplante renal**, la composición microbiana intestinal puede influir en la respuesta inmunológica, el riesgo de rechazo y la toxicidad de los fármacos inmunosupresores²².

Estudios recientes han caracterizado con mayor detalle la relevancia pediátrica del eje intestino-riñón mediante análisis metabolómicos y estudios longitudinales. Estos trabajos muestran que las toxinas urémicas derivadas de la microbiota —incluyendo indoxil sulfato, p-cresil sulfato y TMAO— se relacionan con alteraciones en el crecimiento lineal, mayor riesgo de remodelado cardíaco y disfunción inmunológica en etapas críticas del desarrollo^{19,20,23-25}.

Frente a ello, se han planteado diversas **estrategias terapéuticas**. El empleo de **probióticos y prebióticos**²⁶, busca restaurar el equilibrio microbiano y disminuir la generación de toxinas urémicas²⁷. La **modulación dietética**, con dietas ricas en fibra y restricción proteica adecuada, ha mostrado utilidad en la reducción de la carga de metabolitos derivados del intestino¹⁵. Los **adsorbentes intestinales** como AST-120 representan otra alternativa para limitar la absorción de toxinas urémicas¹⁷. Finalmente, en el contexto **pediátrico** se insiste en la necesidad de **intervenciones personalizadas**, considerando la etapa del desarrollo, el estado nutricional y las comorbilidades de cada paciente¹¹.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una **revisión sistemática cualitativa** siguiendo las recomendaciones de **PRISMA 2020**²⁸ y registrada internamente como parte del proceso editorial. La pregunta de investigación se estructuró mediante el enfoque **PICOS**, considerando: **Población** (adultos y niños con enfermedad renal crónica); **Intervenciones** (modulación microbiana: dieta rica en fibra, probióticos, simbióticos, adsorbentes intestinales); **Comparadores** (manejo estándar o placebo, cuando aplicaba); **Outcomes** (niveles de toxinas urémicas, inflamación sistémica, progresión de ERC, crecimiento infantil); y **Diseños de estudio** (ensayos clínicos, estudios observacionales, revisiones sistemáticas y modelos preclínicos con aplicabilidad clínica).

Estrategia de búsqueda

Se efectuó una búsqueda sistemática en **PubMed**, **Scopus** y **Web of Science** desde **1 de enero de 2020 hasta 30 de junio de 2025**.

Se utilizaron ecuaciones de búsqueda reproducibles con operadores booleanos:

- PubMed: ("gut-kidney axis" OR "intestinal microbiota") AND ("chronic kidney disease" OR CKD) AND ("uremic toxins" OR "indoxyl sulfate" OR "p-cresyl sulfate" OR TMAO) AND (children OR pediatric)
- Scopus/Web of Science: combinación equivalente adaptada a cada motor, aplicando filtros para humanos, edades pediátricas y adultos, y disponibilidad de texto completo.

Se aplicaron los siguientes **límites**: estudios en humanos; estudios en animales solo si aportaban mecanismos con relevancia clínica; idiomas inglés y español; artículos originales, revisiones y guías clínicas.

Criterios de inclusión

1. Estudios que evaluaran cualquier componente del eje intestino-riñón.
2. Estudios que midieran al menos uno de los siguientes: toxinas urémicas, SCFAs, inflamación sistémica, progresión de ERC, remodelado cardiovascular o crecimiento pediátrico.
3. Ensayos clínicos, estudios observacionales, revisiones sistemáticas/narrativas y modelos animales con aplicabilidad clínica definida.

Criterios de exclusión

1. Estudios sin datos clínicos relevantes (no cuantificaban metabolitos, inflamación o función renal).
2. Estudios en animales sin posibilidad de extrapolación clínica.
3. Artículos sin definición explícita del eje intestino-riñón.
4. Estudios con pobre calidad metodológica o sin evaluar outcomes pertinentes.
5. Idiomas distintos a español o inglés.
6. Editoriales, cartas, protocolos no implementados y resúmenes de congresos.

Proceso de cribado

El cribado se realizó en dos fases:

- **Cribado de títulos y resúmenes** por dos revisores independientes (Cohen $\kappa=0.82$).

- **Evaluación a texto completo**, resolviendo discrepancias por consenso. Se utilizó **Rayyan®** como software asistente.

Selección final de estudios

- Artículos identificados inicialmente: **582**
- Duplicados eliminados: **127 → 455**
- Excluidos por título/resumen: **302 → 153**
- Evaluados a texto completo: **153**
- Excluidos por criterios metodológicos o falta de datos: **95**
- **Estudios incluidos en el análisis cualitativo final: 58**
 - 21 revisiones sistemáticas y narrativas
 - 14 ensayos clínicos
 - 13 estudios observacionales
 - 10 estudios preclínicos con aplicabilidad clínica

RESULTADOS

La búsqueda inicial identificó 582 artículos, de los cuales se eliminaron 127 duplicados, resultando en 455 estudios sometidos a cribado inicial. Tras la evaluación de títulos y resúmenes, 302 fueron excluidos por no cumplir los criterios de inclusión, quedando 153 artículos para evaluación a texto completo. De estos, 95 fueron excluidos por falta de datos clínicos relevantes, ausencia de vínculo explícito con el eje intestino-riñón o insuficiente calidad metodológica, por lo que 58 estudios fueron finalmente incluidos en el análisis cualitativo^{18-26,29,30}. (Ver tabla 1).

La distribución de los estudios incluidos fue la siguiente:

- 21 revisiones sistemáticas y narrativas, que aportaron una síntesis amplia de los mecanismos microbianos y su relación con la progresión de la enfermedad renal^{18-21,23-26,29,30}.
- 14 ensayos clínicos, centrados principalmente en intervenciones con probióticos, simbióticos, modulación dietética y adsorbentes intestinales como AST-120^{16,31-33}.
- 13 estudios observacionales, que demostraron asociaciones consistentes entre disbiosis intestinal, incremento de toxinas urémicas (IS, pCS, TMAO) y peores desenlaces renales y cardiovasculares^{18-22,29,35-37,39}.
- 10 estudios preclínicos con aplicabilidad clínica, que profundizaron en mecanismos fisiopatológicos relacionados con los SCFAs, el transporte tubular y la respuesta inflamatoria renal^{4,8,9,32,34,35,49}.

En conjunto, los estudios incluidos mostraron patrones consistentes^{18-26,29,30,50-60}. (Ver figura 2).

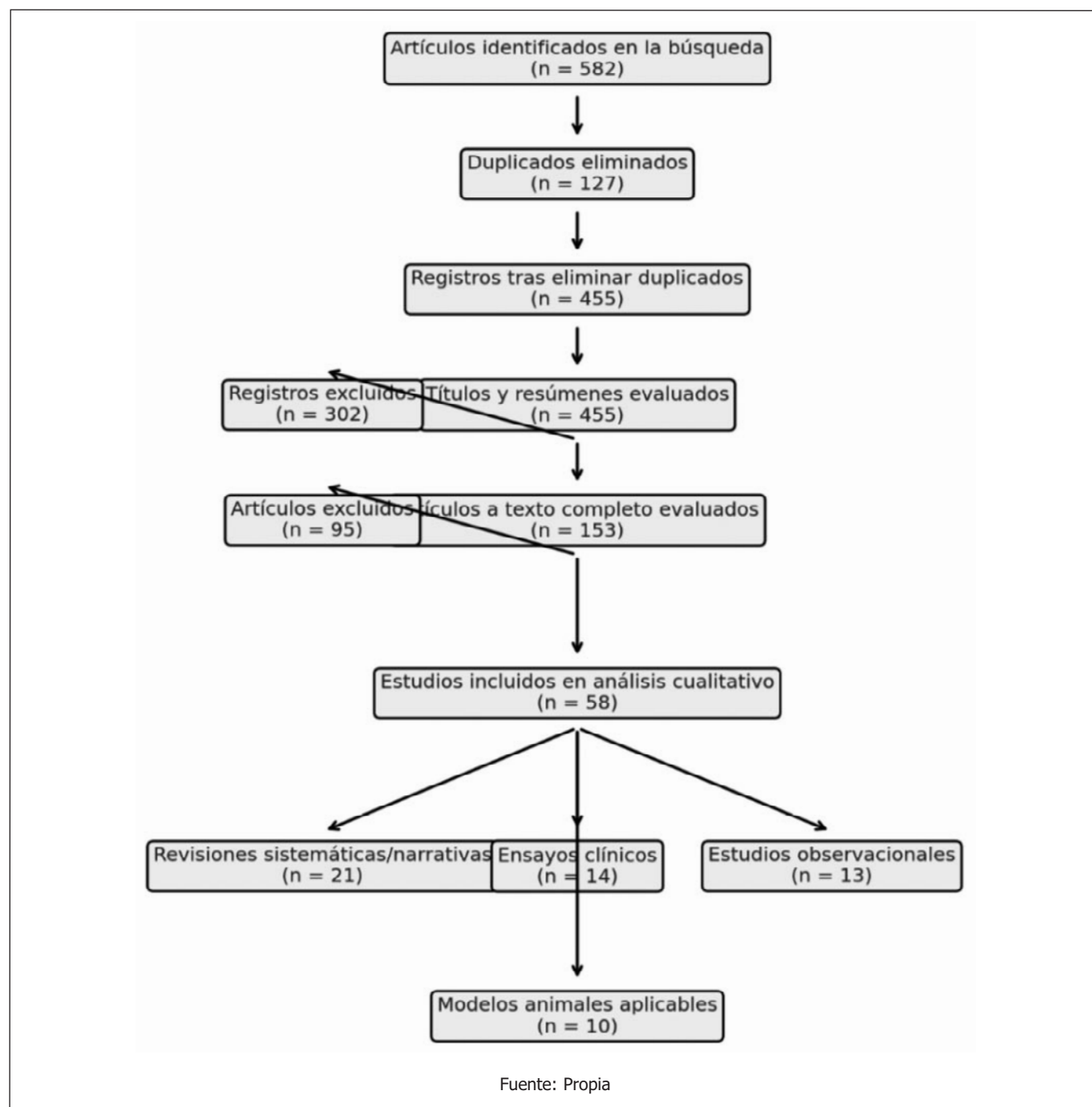


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios incluidos en la revisión sistemática (2020–2025)

1. La disbiosis intestinal en pacientes con ERC se asocia con un aumento significativo de toxinas urémicas (indoxil sulfato, p-cresil sulfato y TMAO), correlacionado con inflamación sistémica, fibrosis y progresión renal acelerada^{2,5-7,18-22,29,30,39,59}.
2. Los ácidos grasos de cadena corta (SCFAs: acetato, propionato y butirato) ejercen efectos pro-

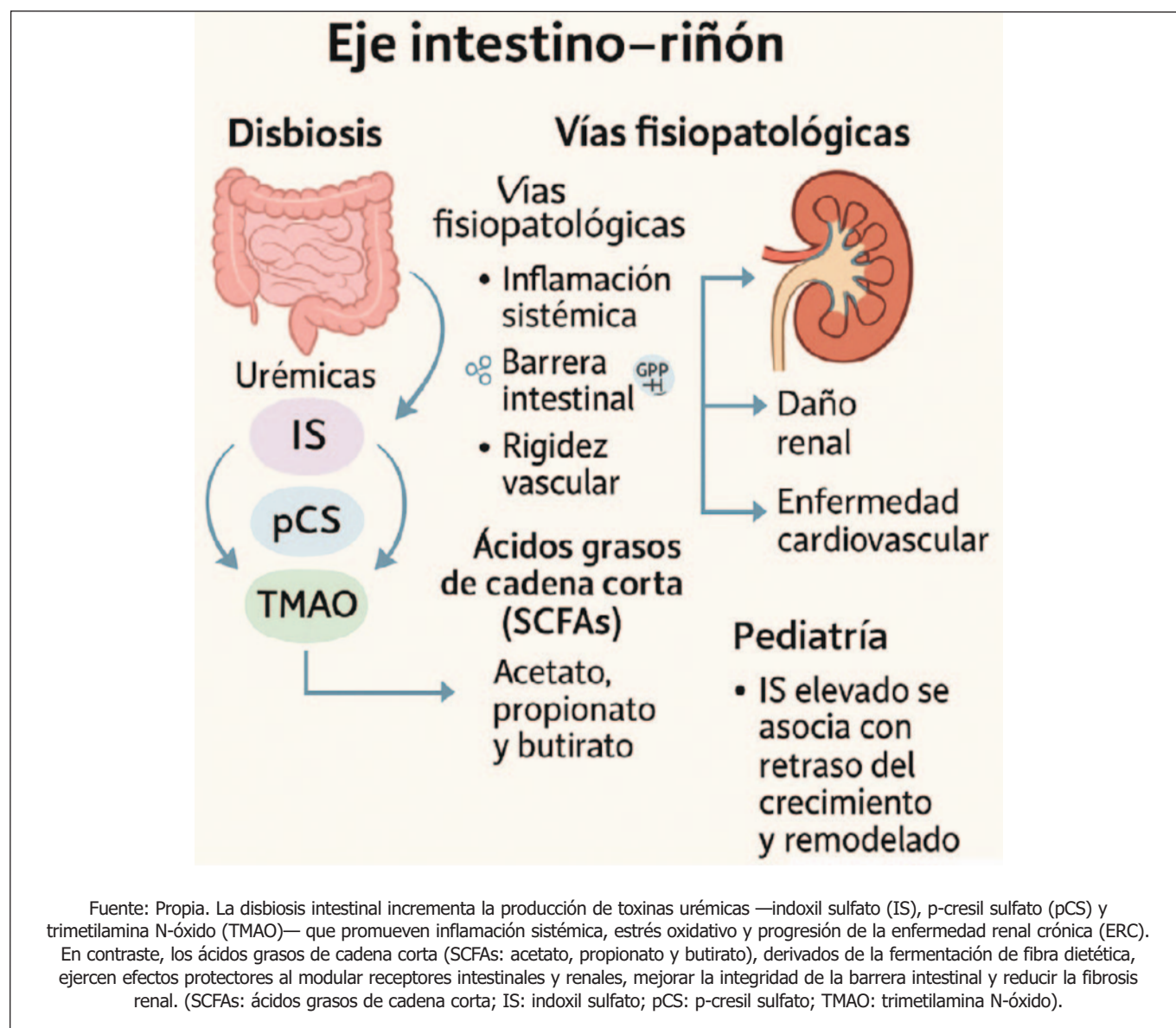
tectores a través de la modulación de receptores intestinales y renales (GPR41/43), disminución del estrés oxidativo y refuerzo de la barrera intestinal^{4,8,9,25,31,49}.

3. En población pediátrica, niveles elevados de indoxil sulfato se relacionan con menor velocidad de crecimiento, remodelado cardíaco adverso y

Tabla 1. Distribución de los estudios incluidos en la revisión sobre el eje intestino–riñón y hallazgos principales

Tipo de estudio	Número de artículos	Hallazgos principales
Revisiones sistemáticas y narrativas	21	Síntesis del papel de la microbiota intestinal y metabolitos en la enfermedad renal.
Ensayos clínicos	14	Intervenciones con probióticos, simbióticos, dietas ricas en fibra y adsorbentes intestinales (AST-120).
Estudios observacionales	13	Asociación entre disbiosis, niveles elevados de IS, pCS y TMAO con progresión de ERC y riesgo cardiovascular.
Modelos animales aplicables	10	Mecanismos fisiopatológicos de los SCFAs en inflamación, transporte tubular y fibrosis renal.

Fuente: Propia.

**Figura 2.** Eje intestino–riñón: mecanismos fisiopatológicos y repercusión clínica en ERC

vulnerabilidad inmunológica, según estudios meta-bolómicos recientes^{11,12,27,28,40,41}.

- 4. **En pacientes en diálisis, la microbiota muestra reducción de bacterias productoras de SCFAs y predominio de especies proteolíticas**, lo que incrementa la generación de toxinas urémicas^{13,36,37,50}.
- 5. **En el trasplante renal, la composición intestinal influye en la respuesta inmunológica, el riesgo de rechazo y la farmacocinética de fármacos inmunosupresores**, afectando directamente el pronóstico^{14,42}.
- 6. **Las intervenciones terapéuticas como dietas ricas en fibra, probióticos/simbióticos y adsorbentes intestinales (AST-120) han mostrado reducciones parciales de toxinas urémicas y mejoras en inflamación y parámetros gastrointestinales**, aunque la evidencia sigue siendo heterogénea y dependiente del diseño del estudio^{15-17,28,31-33,53,5,57}. (Ver tabla 2).

DISCUSIÓN

El eje intestino-riñón ha evolucionado en los últimos años desde un concepto emergente hasta consolidarse como un determinante central en la fisiopatología y evolución clínica de la enfermedad renal crónica (ERC). La evidencia reciente confirma que la disbiosis intestinal promueve una sobreproducción de indoxil sulfato (IS), p-cresil sulfato (pCS) y trimetilamina N-óxido (TMAO), metabolitos que participan activamente en inflamación sistémica, rigidez vascular y progresión acelerada del daño renal^{2,5-7,18-22,61}. Esta relación es consistente tanto en adultos como en población pediátrica, donde los niveles de estos metabolitos se correlacionan con desenlaces adversos.

Los ácidos grasos de cadena corta (SCFAs) representan el contrapunto protector dentro de este eje. Su capacidad para

modular receptores GPR41/43, activar la vía PPAR-γ y preservar la integridad de la barrera intestinal ha sido reforzada por estudios recientes, destacando el potencial del butirato para incrementar la secreción tubular de toxinas urémicas mediante la activación del transportador OAT1^{4,8,9,50}.

En población pediátrica, la evidencia es cada vez más sólida. Los niveles elevados de IS se asocian con disminución de la velocidad de crecimiento, inflamación persistente y remodelado cardíaco adverso, hallazgos confirmados mediante estudios metabolómicos longitudinales realizados entre 2023 y 2025^{11,12,27-29,41}. Dado que la infancia comprende etapas críticas de maduración inmune y desarrollo lineal, la interacción entre toxinas urémicas y microbiota adquiere una relevancia fisiopatológica superior^{42,43}.

En los pacientes sometidos a diálisis, se ha descrito una profunda alteración del microbioma intestinal, caracterizada por predominio bacteriano proteolítico, reducción de productores de SCFAs y mayor carga de toxinas urémicas, factores asociados a inflamación crónica de bajo grado^{13,36-38,51}. En el contexto del trasplante renal, la composición microbiana intestinal influye en la respuesta inmunológica, el riesgo de rechazo y la farmacocinética de inmunosupresores, convirtiendo al microbioma en un modulador emergente del éxito del injerto^{14,31,43}.

Respecto a las intervenciones terapéuticas, la modulación dietética se perfila como la estrategia más consistente. Las guías KDIGO 2024 recomiendan patrones dietéticos basados en plantas, ricos en fibra fermentable y ajustados al riesgo de hiperpotasemia, para favorecer un microbioma saludable y disminuir la producción de toxinas derivadas del intestino^{15,28,37,43}. Los probióticos y simbióticos han mostrado efectos modestos pero prometedores en la reducción de IS y pCS, aunque la heterogeneidad metodológica limita la generalización de los resultados^{16,32-34}. Los adsorbentes intestinales

Tabla 2. Tabla de metabolitos clave del eje intestino-riñón y sus efectos clínicos principales

Metabolito	Origen microbiano/intestino	Efectos principales en el riñón y sistema cardiovascular	Evidencia clínica y experimental (2020–2025)
Indoxil sulfato (IS)	Metabolismo bacteriano del triptófano	Proinflamatorio, profibrótico, nefrotóxico; asociado a progresión de ERC y retraso del crecimiento en pediatría	[2,6,11]
p-Cresil sulfato (pCS)	Fermentación bacteriana de tirosina y fenilalanina	Proinflamatorio, promotor de estrés oxidativo; incremento de riesgo cardiovascular	[2,6]
Trimetilamina N-óxido (TMAO)	Conversión bacteriana de colina y carnitina	Asociado a peor función renal, rigidez vascular y mayor mortalidad cardiovascular	[5,7]
Ácidos grasos de cadena corta (SCFAs: acetato, propionato, butirato)	Fermentación de fibra dietética	Efectos protectores: modulación inmune, reducción de inflamación y fibrosis; refuerzo de la barrera intestinal	[4,8,9]

Fuente: Propia.

como AST-120 **logran disminuir IS, pero persisten resultados contradictorios en desenlaces duros; por ello**, su utilidad parece restringida a subgrupos específicos^{17,29,31,57}.

Entre las terapias emergentes, los SCFAs exógenos, la edición del microbioma y la modulación de transportadores tubulares como OAT1 representan líneas de investigación con alto potencial traslacional, especialmente en niños, donde los mecanismos de daño y las tasas de progresión difieren de los adultos^{23,25-27,57-60}.

En conjunto, la evidencia contemporánea posiciona al eje intestino-riñón como un componente esencial en la fisiopatología, el pronóstico y las estrategias terapéuticas de la ERC, subrayando su especial impacto en la población pediátrica. Los metabolitos derivados de la microbiota no solo actúan como biomarcadores pronósticos, sino como posibles dianas terapéuticas, abriendo nuevas oportunidades para intervenciones personalizadas basadas en el microbioma.^{21,22,25-27,30,31,56,60,61} El avance futuro dependerá de ensayos clínicos bien diseñados que permitan trasladar estos hallazgos a recomendaciones clínicas robustas, particularmente en pediatría.

CONCLUSIONES

El eje intestino-riñón se ha consolidado como un determinante clave en la progresión de la enfermedad renal crónica y en la aparición de complicaciones cardiovasculares y metabólicas. Los metabolitos derivados de la microbiota intestinal—indoxil sulfato, p-cresil sulfato y trimetilamina N-óxido—han demostrado consistentemente su utilidad como biomarcadores de riesgo, al estar asociados con inflamación sistémica, fibrosis y deterioro acelerado de la función renal.

Mientras tanto, los ácidos grasos de cadena corta emergen como moduladores protectores con efectos inmunorreguladores, antioxidantes y antifibróticos, reforzando su potencial terapéutico.

En pediatría, la evidencia reciente destaca que las toxinas urémicas derivadas de la microbiota se correlacionan con alteraciones del crecimiento, remodelado cardiovascular y disfunción inmunológica durante etapas críticas del desarrollo, lo que subraya la necesidad de estrategias específicas para esta población.

La modulación dietética, el uso de probióticos/simbióticos y los adsorbentes intestinales representan intervenciones prometedoras; sin embargo, su aplicación clínica aún requiere validación en estudios controlados de mayor calidad, especialmente en niños.

Perspectivas futuras

La investigación en el eje intestino-riñón debe avanzar en tres direcciones principales:

1. Ensayos clínicos pediátricos bien diseñados, actualmente escasos, indispensables para determinar la efica-

cia y seguridad de las intervenciones dirigidas a modular la microbiota en niños con ERC.

2. Implementación de enfoques de medicina de precisión, integrando microbioma, metabolómica y perfiles nutricionales para desarrollar estrategias terapéuticas individualizadas.
3. Aplicación de intervenciones nutricionales y de salud pública desde etapas tempranas, aprovechando el potencial de la dieta como modulador del microbioma para mejorar el pronóstico a largo plazo.

Limitaciones

Este trabajo presenta algunas limitaciones que deben considerarse:

- Diseño de revisión sistemática cualitativa, lo que limita la comparación directa entre estudios debido a la heterogeneidad metodológica.
- Escasez de evidencia pediátrica sólida, ya que gran parte de los datos derivan de investigaciones en adultos, dificultando la extrapolación a la población infantil.
- Imposibilidad de realizar un metaanálisis cuantitativo, debido a la diversidad de diseños, tamaños muestrales y desenlaces reportados.
- Presencia de factores confusores no controlados, como tipo de dieta, antibióticos, inmunosupresores y comorbilidades, que no siempre fueron adecuadamente considerados en los estudios incluidos.

REFERENCIAS

1. Evenepoel P, Poesen R, Meijers B. The gut-kidney axis. *Pediatr Nephrol.* 2017;32(11):2005-2014. doi:10.1007/s00467-016-3527-x.
2. Glorieux G. Role of the microbiome in gut-heart-kidney cross talk. *Circ Res.* 2023;133(3):341-368. doi:10.1161/CIRCRESAHA.123.321763.
3. Krukowski H, Valkenburg S, Madella AM, Garssen J, van Bergenhenegouwen J, Overbeek SA, Huys GRB, Raes J, Glorieux G. Gut microbiome studies in CKD: opportunities, pitfalls and therapeutic potential. *Nat Rev Nephrol.* 2023;19(2):87-101. doi:10.1038/s41581-022-00647-z.
4. Koshida T, Gohda T, Sugimoto T, Asahara T, Asao R, Ohsawa I, Gotoh H, Murakoshi M, Suzuki Y, Yamashiro Y. Gut microbiome and microbiome-derived metabolites in patients with end-stage kidney disease. *Int J Mol Sci.* 2023;24(14):11456. doi:10.3390/ijms241411456.
5. Ribeiro M, Kemp JA, Cardozo L, Vargas D, Ribeiro-Alves M, Stenvinkel P, Mafra D. Trimethylamine N-Oxide (TMAO) Plasma Levels in Patients with Different Stages of Chronic Kidney Disease. *Toxins.* 2025;17(1):15. doi:10.3390/toxins17010015.

6. Di Paola R, Antonini F, Bruno G, et al. Possible effects of uremic toxins p-cresyl sulfate and indoxyl sulfate on immune dysfunction in chronic kidney disease patients. *Genes (Basel)*. 2023;14(6):1257. doi:10.3390/genes14061257.
7. Andrikopoulos P, Aron-Wisnewsky J, Chakaroun R, et al. Evidence of a causal and modifiable relationship between kidney function and circulating trimethylamine N-oxide. *Nat Commun*. 2023;14:5843. doi:10.1038/s41467-023-39824-4.
8. Tortelote GG. Therapeutic strategies for hypertension: exploring the role of microbiota-derived short-chain fatty acids in kidney physiology and development. *Pediatr Nephrol*. 2025;40(1):???-???. doi:10.1007/s00467-025-06883-2.
9. He M, et al. Gut microbial metabolites SCFAs and chronic kidney disease. *J Transl Med*. 2024;23(1):425. doi:10.1186/s12967-024-04974-6.
10. Gleeson PJ, Benech N, Chemouny JM, et al. The gut microbiota posttranslationally modifies IgA1 in autoimmune glomerulonephritis. *Sci Transl Med*. 2024;16:eadi6149. doi:10.1126/scitranslmed.adi6149.
11. Snauwaert E, De Buyser S, Van Biesen W, et al. Indoxyl-sulfate contributes to impaired height velocity in (pre)school children with chronic kidney disease. *Kidney Int Rep*. 2024;9(5):1674-1683. doi:10.1016/j.ekir.2024.03.021.
12. Vanholder R, Glorieux G, Argilés A, Burtsey S, Cohen G, Duranton F, Koppe L, Massy ZA, Ortiz A, Masereeuw R, Stamatialis D, Jankowski J. Metabolomics to identify unclassified uremic toxins: a comprehensive literature review. *Kidney Med*. 2024;7(3):100955. doi:10.1016/j.xkme.2024.100955.
13. Lin TY, Wu PH, Lin YT, et al. Gut dysbiosis and mortality in hemodialysis patients. *npj Biofilms Microbiomes*. 2021;7:20. doi:10.1038/s41522-021-00191-x.
14. Chen Z, et al. Kidney transplantation and gut microbiota. *Clin Kidney J*. 2024;17(8):773-782. doi:10.1093/ckj/sfae214.
15. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int*. 2024;105(4 S):S117-S314. doi:10.1016/j.kint.2023.10.018.
16. Liu C, Yang L, Wei W, Fu P. Efficacy of probiotics/synbiotics supplementation in patients with chronic kidney disease: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Nutr*. 2024;11:1434613. doi:10.3389/fnut.2024.1434613.
17. Lee C-L, Liu W-J, Tsai S-F. Effects of AST-120 on mortality in patients with chronic kidney disease modeled by artificial intelligence or traditional statistical analysis. *Sci Rep*. 2024;14:738. doi:10.1038/s41598-024-51498-6.
18. Feng Z, Wang T, Dong S, Jiang H, Zhang J, Raza HK, Lei G. Association between gut dysbiosis and chronic kidney disease: a narrative review of the literature. *J Int Med Res*. 2021;49(10):3000605211053276. doi:10.1177/03000605211053276.
19. Zhao J, Ning X, Liu B, Dong R, Bai M, Sun S. Specific alterations in gut microbiota in patients with chronic kidney disease: an updated systematic review. *Ren Fail*. 2021;43(1):102-112. doi:10.1080/0886022X.2020.1864404.
20. Rysz J, Franczyk B, Ławiński J, Olszewski R, Ciałkowska-Rysz A, Gluba-Brzózka A. The impact of CKD on uremic toxins and gut microbiota. *Toxins*. 2021;13(4):252. doi:10.3390/toxins13040252.
21. Stavropoulou E, Kantartzi K, Tsigalou C, Konstantinidis T, Romanidou G, Voidarou C, Bezirtzoglou E. Focus on the gut-kidney axis in health and disease. *Front Med*. 2021;8:620102. doi:10.3389/fmed.2020.620102.
22. Cao X, Zhao G, Lv W, et al. Gut dysbiosis and kidney diseases: bidirectional relationship. *Front Med*. 2022;9:829349. doi:10.3389/fmed.2022.829349.
23. Bhargava S, Thakur P, Mehra NK, Sharma M, Rajput M, Rath M, Dogra P. The human microbiome in CKD: double-edged sword. *Front Med*. 2021;8:790783. doi:10.3389/fmed.2021.790783.
24. Khiabani SA, Pourramezan Z, Bidhendi Yarandi R, et al. CKD and gut microbiota: narrative review. *Heliyon*. 2023;9(7):e06199. doi:10.1016/j.heliyon.2023.e06199.
25. Voroneanu L, Burlacu A, Brinza C, Covic A, Balan GG, Nistor I, Popa C, Hogas S, Covic A. Gut microbiota in chronic kidney disease: from composition to modulation towards better outcomes—a systematic review. *J Clin Med*. 2023;12(5):1948. doi:10.3390/jcm12051948.
26. Mocanu A, Costea AC, Sascau RA, Malaescu OG, Stafie CS, Olaru S, et al. Kidney-gut axis in CKD. *Nutrients*. 2023;15(16):3609. doi:10.3390/nu15163609.
27. Wang Q, Han Y, Pang L, Zhou Z, Dai L. Gut microbiome remodeling in chronic kidney disease: implications of kidney replacement therapies and therapeutic interventions. *Front Med*. 2025;12:1620247. doi:10.3389/fmed.2025.1620247.
28. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71. doi:10.1136/bmj.n71.
29. Lambert K, Rinninella E, Biruete A, Sumida K, Stanford J, Raoul P, Mele MC, Wang AY-M, Mafra D. Targeting the gut microbiota in kidney disease: The future in renal nutrition and metabolism. *J Ren Nutr*. 2023;33(6 S):S30-S39. doi:10.1053/j.jrn.2022.12.004.
30. Dalpathadu HR, Salim AM, Wade A, Greenway SC. A systematic review of uremic toxin concentrations and cardiovascular risk markers in pediatric chronic kidney disease. *Toxins*. 2024;16(8):345. doi:10.3390/toxins16080345.
31. Frąk W, Dąbek B, Balcerczyk-Lis M, Motor J, Radzioch E, Młynarska E, Rysz J, Franczyk B. Role of uremic toxins, oxidative stress, and renal fibrosis in chronic kidney disease. *Antioxidants*. 2024;13(6):687. doi:10.3390/antiox13060687.32.
32. Mafra D, Borges NA, Lindholm B, Shiels PG, Stenvinkel P. Gut microbiota interventions to retain kidney function. *Toxins*. 2023;15(8):499. doi:10.3390/toxins15080499.
33. Tao S, Tao S, Cheng Y, Liu J, Ma L, Fu P. Effects of probiotic supplements on the progression of chronic kidney disease: a meta-analysis. *Nephrology*. 2019;24(11):1122-1130. doi:10.1111/nep.13549.
34. Ebrahim Z, Proost S, Tito RY, Raes J, Glorieux G, Moosa MR, Blaauw R. The effect of β -glucan prebiotic on kidney function,

- uremic toxins and gut microbiome in stage 3–5 chronic kidney disease predialysis participants: a randomized controlled trial. *Nutrients*. 2022;14(4):805. doi:10.3390/nu14040805.
35. Gryp T, Huys GRB, Joossens M, Van Biesen W, Glorieux G, Vaneechoutte M. Isolation and Quantification of Uremic Toxin Precursor-Generating Gut Bacteria in Chronic Kidney Disease Patients. *Int J Mol Sci*. 2020;21(6):1986. doi:10.3390/ijms21061986.
 36. Gao B, Jose A, Alonzo-Palma N, Malik T, Shankaranarayanan D, Regunathan-Shenk R, Raj DS. Butyrate producing microbiota are reduced in chronic kidney diseases. *Sci Rep*. 2021;11:23530. doi:10.1038/s41598-021-02865-0.
 37. Stanford J, et al. Plant-based diet, uremic toxins, microbiota in hemodialysis. *J Ren Nutr*. 2021;31(2):177–188. doi:10.1053/j.jrn.2020.03.007
 38. Ma C, Jiang W, Ren L, Guo H, Zhao L, Zhang Y, et al. Gut microbiota and the causal effect on chronic kidney disease: a Mendelian randomization study. *Front Cell Infect Microbiol*. 2023;13:1142140. doi:10.3389/fcimb.2023.1142140.
 39. Behrens F, Duarte-Faina M, Möller DET, Rusu LD, Miyauchi-Takahara Y, Toledo K, et al. Gut-immune axis and cardiovascular risk in chronic kidney disease. *Clin Kidney J*. 2024;17(1):sfad303. doi:10.1093/ckj/sfad303.
 40. Holle J, Girardin C, Yang H, Aschmann Y, Kuipers J, Albrecht S, et al. Inflammation in pediatric chronic kidney disease is associated with gut dysbiosis and altered microbial metabolites. *J Am Soc Nephrol*. 2022;33(12):2259–2275. doi:10.1681/ASN.2022030378.
 41. Tain Y-L, Hsu C-N. Role of the gut microbiota in children with kidney disease. *Children*. 2023;10(2):269. doi:10.3390/children10020269.
 42. Yilmaz G, Saygılı S, Ağbaş A, Karabağ Yılmaz E, Varış A, Canpolat N, et al. Pediatric kidney transplant recipients are at an increased risk for dysbiosis. *Front Microbiol*. 2025;16:1499813. doi:10.3389/fmicb.2025.1499813.
 43. Obolo Nwaga I, Djahami K, Nguedia Assob J, Tatsinkou Fokoua G, Njinkeng Chinmoun J, Kana Sop M, et al. Gut microbiota in polycystic kidney disease. *BMC Nephrol*. 2025;26:94. doi:10.1186/s12882-025-03942-6.
 44. Chen T-H, Hsu C-N, Lo M-H, Hung P-H, Tain Y-L. Microbiota-metabolite profile in chronic kidney disease. *Microbiol Spectr*. 2023;11(2):e02805-22. doi:10.1128/spectrum.02805-22.
 45. Udomkarnjananun S, Chuaypen N, Metta K, Dissayabuttra T, Sodasai P, Kittiskulnam P, et al. Dietary composition modulates gut microbiota and related biomarkers in patients with chronic kidney disease. *Sci Rep*. 2025;15:36274. doi:10.1038/s41598-025-20266-5.
 46. Hobby GP, Karaduta O, Dusio GF, Singh M, Zybaïlov BL, Arthur JM. Chronic kidney disease and the gut microbiome. *Am J Physiol Renal Physiol*. 2019;316(6):F1211–F1217. doi:10.1152/ajprenal.00298.2018.
 47. Vaziri ND, Wong J, Pahl M, Piceno YM, Yuan J, DeSantis TZ, et al. Chronic kidney disease alters intestinal microbial flora. *Kidney Int*. 2013;83:308–317. doi:10.1038/ki.2012.345.
 48. Tang Z, Yu S, Pan Y. The gut microbiome tango in the progression of chronic kidney disease and potential therapeutic strategies. *J Transl Med*. 2023;21:689. doi:10.1186/s12967-023-04455-2.
 49. Li LZ, Tao SB, Ma L, Fu P. Roles of short-chain fatty acids in kidney diseases. *Chin Med J*. 2019;132(10):1228–1232. doi:10.1097/CM9.0000000000000228.
 50. Stadlbauer V, Mookerjee RP, Hodges S, Wright GA, Davies NA, Jalan R, et al. Microbiome differences in hemodialysis vs peritoneal dialysis. *Sci Rep*. 2017;7:15601. doi:10.1038/s41598-017-15926-4.
 51. Chung SY, Barnes JL, Astroth KS. Gastrointestinal microbiota in patients with chronic kidney disease: a systematic review. *Adv Nutr*. 2019;10(5):888–901. doi:10.1093/advances/nmz028.
 52. Kurina I, Popenko A, Klimenko N, Koshechkin S, Chuprikova L, Filipenko M, Tyakht A, Alexeev D. Development of qPCR platform with probes for quantifying prevalent and biomedically relevant human gut microbial taxa. *Mol Cell Probes*. 2020;52:101570. doi:10.1016/j.mcp.2020.101570.
 53. Ebrahim Z, Wentzel-Viljoen E, Venter CS, Vermeulen N, Becker PJ, Blaauw R. Effect of simplified dietary advice on nutritional status and uremic toxins in chronic kidney disease participants. *S Afr J Clin Nutr*. 2022;35(4):168–176. doi:10.1080/16070658.2021.2018788.
 54. Tavasoli S, Alebouyeh M, Naji M, Shakiba Majd G, Shabani Nashtaei M, Broumandnia N, Basiri A. Association of intestinal oxalate-degrading bacteria with recurrent calcium kidney stone formation and hyperoxaluria: a case-control study. *BJU Int*. 2020;125(1):133–143. doi:10.1111/bju.14840.
 55. Kovesdy CP. Epidemiology of chronic kidney disease: an update 2022. *Kidney Int Suppl*. 2022;12(1):7–11. doi:10.1016/j.kisu.2021.11.003
 56. Zheng G, Cao J, Wang XN, He W, Wang B. The gut microbiome, chronic kidney disease, and sarcopenia. *Cell Commun Signal*. 2024;22:558. doi:10.1186/s12964-024-01922-1.
 57. Cosola C, Rocchetti MT, Sabatino A, Fiaccadori E, Di Iorio BR, Gesualdo L. Microbiota issue in CKD: how promising are gut-targeted approaches? *J Nephrol*. 2019;32(1):27–37. doi:10.1007/s40620-018-0516-0.
 58. Lau WL, Kalantar-Zadeh K, Vaziri ND. The gut as a source of inflammation in chronic kidney disease. *Nephron*. 2015;130(2):92–98. doi:10.1159/000381990.
 59. Glorieux G, Gryp T, Perna A. Gut-derived metabolites and their role in immune dysfunction in chronic kidney disease. *Toxins (Basel)*. 2020;12(4):245. doi:10.3390/toxins12040245.
 60. Lohia S, Thakur A, Dubey A, Kumar S, Kumar P, Singh R, et al. Microbiome in chronic kidney disease: an omics perspective. *Toxins*. 2022;14:176. doi:10.3390/toxins14030176.
 61. Iyengar A, Ramadass B, Venkatesh S, Mak RH. Gut microbiota-targeted therapies in pediatric chronic kidney disease: gaps and opportunities. *Pediatr Nephrol*. 2025; doi:10.1007/s00467-025-06789-z.

Microbiota intestinal y eje intestino-cerebro: una revisión de su interacción con el sistema nervioso central

Gut–brain axis and intestinal microbiota: a review of their interaction with the central nervous system

Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS¹, Vivian R. MENA MIRANDA²

¹ Children's Medical Center, Lake City, Florida, USA.

² Hospital Pediátrico Universitario Centro Habana, Cuba.

Recibido: 23/agosto/2025. Aceptado: 26/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El eje intestino-cerebro constituye una red de comunicación bidireccional entre el sistema nervioso central y el sistema digestivo. La microbiota intestinal desempeña un papel fundamental en esta interacción, modulando funciones neurológicas, endocrinas, inmunológicas y metabólicas. La disbiosis se ha vinculado con trastornos gastrointestinales funcionales y alteraciones del sistema nervioso central, como ansiedad, depresión, autismo y enfermedades neurodegenerativas.

Objetivo: Revisar la evidencia científica disponible sobre la interacción entre la microbiota intestinal y el eje intestino-cerebro, destacando los mecanismos fisiopatológicos implicados y sus repercusiones clínicas.

Métodos: Se realizó una revisión narrativa con búsqueda sistemática, de acuerdo con la declaración PRISMA 2020, de la literatura publicada en PubMed, Scopus y Web of Science entre enero de 2013 y julio de 2025. Se incluyeron estudios originales en humanos (ensayos clínicos, cohortes, estudios caso-control y transversales), revisiones sistemáticas/metaanálisis y estudios experimentales relevantes (modelos animales y ex vivo) sobre microbiota intestinal, eje intestino-cerebro y trastornos neurológicos asociados. Los estudios se jerarquizaron priorizando la evidencia humana y la síntesis

se realizó de forma cualitativa y temática, sin metaanálisis cuantitativo.

Resultados: Los hallazgos muestran que la microbiota influye en el eje intestino-cerebro mediante múltiples vías: producción de metabolitos (ácidos grasos de cadena corta, neurotransmisores), modulación de la barrera intestinal y hematoencefálica, regulación inmunitaria e interacción con el sistema nervioso entérico y el nervio vago. La disbiosis se asocia con síndrome de intestino irritable, trastornos del espectro autista, depresión, ansiedad y enfermedades neurodegenerativas, evidenciando un papel clave en la fisiopatología de estas condiciones.

Conclusiones: La comprensión del papel de la microbiota en el eje intestino-cerebro abre nuevas perspectivas diagnósticas y terapéuticas, incluyendo el uso de probióticos, prebióticos, psicobióticos, trasplante de microbiota fecal y modulaciones dietéticas como estrategias prometedoras en el manejo de trastornos gastrointestinales y neurológicos.

PALABRAS CLAVE (MESH)

Metabolitos microbianos; Barrera hematoencefálica; Inflamación neuroinmune; Psicobióticos; Neurotransmisores microbianos; Sistema nervioso entérico; Modulación dietética.

ABSTRACT

Introduction: The gut–brain axis is a bidirectional communication network between the central nervous system and the gastrointestinal tract. The intestinal microbiota plays a central role in this interaction, modulating neurological, endocrine, immune, and metabolic functions. Dysbiosis has

Correspondencia:
Vicente Manuel Martínez Cárdenas
vicente7757@yahoo.com

been linked to functional gastrointestinal disorders and central nervous system alterations, including anxiety, depression, autism spectrum disorders, and neurodegenerative diseases.

Objective: To review the available scientific evidence on the interaction between intestinal microbiota and the gut-brain axis, emphasizing the underlying pathophysiological mechanisms and clinical implications.

Methods: A narrative review with a systematic search was conducted in accordance with the PRISMA 2020 statement of the literature published in PubMed, Scopus, and Web of Science between January 2013 and July 2025. We included original human studies (clinical trials, cohort, case-control, and cross-sectional designs), relevant systematic reviews/meta-analyses, and experimental studies (animal and ex vivo models) addressing intestinal microbiota, the gut-brain axis, and associated neurological disorders. Evidence was hierarchically appraised prioritizing human data, and findings were synthesized qualitatively using a thematic, non-quantitative approach.

Results: Evidence shows that microbiota influences the gut-brain axis through multiple pathways: metabolite production (short-chain fatty acids, neurotransmitters), modulation of intestinal and blood-brain barriers, immune regulation, and interaction with the enteric nervous system and vagus nerve. Dysbiosis is associated with irritable bowel syndrome, autism spectrum disorders, depression, anxiety, and neurodegenerative conditions, highlighting its key role in the pathophysiology of these disorders.

Conclusions: Understanding the role of microbiota in the gut-brain axis opens new diagnostic and therapeutic perspectives, including probiotics, prebiotics, psychobiotics, fecal microbiota transplantation, and dietary interventions as promising strategies for managing gastrointestinal and neurological disorders.

KEYWORDS (MESH)

Microbial metabolites; Blood-brain barrier; Neuroimmune inflammation; Psychobiotics; Microbial neurotransmitters; Enteric nervous system; Dietary modulation.

ABREVIATURAS

ACTH: hormona adrenocorticotropa.

AGCC: ácidos grasos de cadena corta.

ASD / TEA: trastorno del espectro autista (*Autism Spectrum Disorder*).

CRF / FLC: factor liberador de corticotropina.

ECA: ensayo clínico aleatorizado.

EIC: eje intestino-cerebro.

ENS / SNE: sistema nervioso entérico.

FMT / MTT: trasplante de microbiota fecal / terapia de transferencia de microbiota.

GI: gastrointestinal.

GF: *germ-free* (ratones libres de gérmenes).

HPA / HPS: eje hipotalámico-pituitario-adrenal / suprarrenal.

IBS / SII: síndrome de intestino irritable (*Irritable Bowel Syndrome*).

IMC: índice de masa corporal.

MIA: activación inmune materna (*Maternal Immune Activation*).

PMC: PubMed Central.

RMN: resonancia magnética nuclear.

SNC: sistema nervioso central.

SNA: sistema nervioso autónomo.

TD: desarrollo típico (*Typical Development*).

INTRODUCCIÓN

El eje intestino-cerebro (EIC) constituye una compleja red de comunicación bidireccional que conecta el sistema nervioso central (SNC), el sistema nervioso autónomo, el sistema nervioso entérico y el eje hipotálamo-hipófisis-adrenal con el tracto gastrointestinal¹. Esta interacción se basa en mecanismos neuronales, inmunológicos, endocrinos y humorales, a través de los cuales el cerebro puede influir en la motilidad, secreción y respuesta inmune intestinal, mientras que el intestino, mediante la microbiota y sus metabolitos, modula funciones cognitivas y emocionales².

La microbiota intestinal, compuesta principalmente por Firmicutes y Bacteroidetes, representa una comunidad dinámica con funciones metabólicas, inmunológicas y neuroendocrinas esenciales³. Su equilibrio es determinante para la homeostasis intestinal y sistémica³¹, y su alteración (disbiosis) se ha vinculado tanto a enfermedades gastrointestinales funcionales como al desarrollo de trastornos neurológicos y psiquiátricos^{4,5,6}.

Diversos estudios han demostrado que la microbiota influye en el comportamiento y la regulación emocional. En encefalopatía hepática, por ejemplo, la mejoría clínica tras antibióticos refuerza la hipótesis del papel directo de los microorganismos intestinales sobre el sistema nervioso⁴. Asimismo, se ha observado asociación entre disbiosis y trastornos ansioso-depresivos^{5,6}, así como alteraciones específicas de la microbiota en pacientes con autismo^{7,8}.

En los trastornos gastrointestinales funcionales, como el síndrome de intestino irritable, la desregulación del EIC se manifiesta en alteraciones de motilidad, secreción, hipersensibilidad visceral e interacción anómala del sistema inmune y

enteroendocrino con la microbiota⁸⁻¹¹. Esta relación bidireccional contribuye a la perpetuación de los síntomas y justifica la consideración del síndrome de intestino irritable como un trastorno del microbioma-EIC^{12,13}.

En este contexto, comprender cómo la microbiota intestinal modula la actividad cerebral y, a su vez, cómo el cerebro afecta la composición y función microbiana, permite explicar fenómenos clínicos que integran síntomas digestivos y neuropsiquiátricos, y abre la posibilidad de nuevas estrategias terapéuticas dirigidas al microbioma¹⁴⁻¹⁶.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño del estudio y pregunta de investigación

Se llevó a cabo una revisión narrativa de la literatura con búsqueda sistemática, orientada por las recomendaciones de la declaración PRISMA 2020. El objetivo fue responder a la siguiente pregunta estructurada:

¿Cómo se relacionan la microbiota intestinal y el eje intestino-cerebro en términos de mecanismos fisiopatológicos (metabolitos microbianos, barreras intestinal y hematoencefálica, inflamación neuroinmune, señalización neuronal) y sus correlatos clínicos en trastornos gastrointestinales funcionales, trastornos del espectro autista, trastornos afectivos y enfermedades neurodegenerativas en población pediátrica y adulta?

De forma aproximada, el enfoque PICO fue:

- **P (Población):** Niños, adolescentes y adultos con trastornos gastrointestinales funcionales, trastornos del espectro autista, trastornos afectivos o enfermedades neurodegenerativas, así como modelos animales y ex vivo relevantes para el eje intestino-cerebro.
- **I (Intervención/Exposición):** Características y modulación de la microbiota intestinal (composición, metabolitos, probióticos, psicobióticos, dieta, FMT).
- **C (Comparador):** Controles sanos, placebo, tratamiento estándar o ausencia de intervención, según el diseño del estudio.
- **O (Desenlaces):** Síntomas gastrointestinales, manifestaciones neuropsiquiátricas y del neurodesarrollo, biomarcadores inflamatorios y neuroendocrinos, metabolitos (AGCC, triptófano y derivados), hallazgos de neuroimagen o correlatos experimentales.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

Se realizaron búsquedas en **PubMed**, **Scopus** y **Web of Science (Core Collection)** desde enero de 2013 hasta julio de 2025. Se combinaron términos MeSH y palabras clave

(Keywords) en inglés, utilizando operadores booleanos (AND/OR/NOT) y filtros específicos.

Las **ecuaciones de búsqueda literales** empleadas fueron:

• PubMed

("Gut-Brain Axis"[MeSH] OR "gut-brain axis"[tiab] OR "brain-gut axis"[tiab])

AND ("Microbiota"[MeSH] OR "intestinal microbiota"[tiab] OR "gut microbiota"[tiab])

AND ("Central Nervous System"[MeSH] OR "central nervous system"[tiab] OR brain[tiab])

AND (irritable bowel syndrome[MeSH Terms] OR "functional gastrointestinal disorders"[tiab] OR "autism spectrum disorder"[MeSH Terms] OR "depression"[MeSH Terms] OR "Parkinson Disease"[MeSH Terms] OR "Alzheimer Disease"[MeSH Terms])

AND ("2013/01/01"[dp]: "2025/07/31"[dp])

AND (humans[MeSH Terms] OR animals[MeSH Terms])

AND (english[la] OR spanish[la])

• Scopus

(TITLE-ABS-KEY("gut-brain axis" OR "brain-gut axis")

AND TITLE-ABS-KEY("intestinal microbiota" OR "gut microbiota")

AND TITLE-ABS-KEY("central nervous system" OR brain)

AND TITLE-ABS-KEY("irritable bowel syndrome" OR "functional gastrointestinal disorder*" OR "autism spectrum disorder" OR depression OR "Parkinson*" OR "Alzheimer*"))

AND (PUBYEAR > 2012 AND PUBYEAR < 2026)

AND (LIMIT-TO(DOCTYPE, "ar") OR LIMIT-TO(DOCTYPE, "re"))

AND (LIMIT-TO(LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO(LANGUAGE, "Spanish"))

• Web of Science (Core Collection)

TS=("gut-brain axis" OR "brain-gut axis")

AND TS=("intestinal microbiota" OR "gut microbiota")

AND TS=("central nervous system" OR brain)

AND TS=("irritable bowel syndrome" OR "functional gastrointestinal disorder*" OR "autism spectrum disorder" OR depression OR Parkinson* OR Alzheimer*)

Refined by:

DOCUMENT TYPES: (ARTICLE OR REVIEW)

AND LANGUAGES: (ENGLISH OR SPANISH)

Timespan: 2013–2025.

Además, se realizaron búsquedas secundarias en la bibliografía de los artículos seleccionados y en fuentes complementarias (PubMed Central y libros de acceso abierto) para identificar publicaciones adicionales no capturadas inicialmente.

Criterios de inclusión

Se incluyeron artículos revisados por pares, con texto completo disponible en inglés o español, que cumplieran los siguientes criterios:

1. **Población y contexto:** estudios en humanos (niños, adolescentes o adultos) o en modelos animales/ex vivo relevantes para el eje intestino-cerebro.
2. **Contenido:** abordaran de forma explícita la interacción entre microbiota intestinal y eje intestino-cerebro o microbiota-SNC, describiendo mecanismos fisiopatológicos (metabolitos, barrera intestinal/hematoencefálica, inflamación neuroinmune, neurotransmisores microbianos, sistema nervioso entérico) y/o correlatos clínicos (trastornos gastrointestinales funcionales, TEA, trastornos afectivos, enfermedades neurodegenerativas).
3. **Desenlaces:** reportaran al menos un desenlace clínico, conductual, neurobiológico o metabólico (p. ej., síntomas gastrointestinales, ansiedad/depresión, manifestaciones del espectro autista, marcadores inflamatorios, AGCC, triptófano y derivados, hallazgos de neuroimagen).
4. **Diseño:**
 - Estudios originales en humanos (ensayos clínicos aleatorizados, estudios de cohortes, caso-control y transversales).
 - Estudios experimentales en modelos animales o ex vivo que aportaran información mecanística relevante.
 - Revisiones sistemáticas y meta-análisis sobre el eje microbiota-EIC-SNC.

Criterios de exclusión

Se excluyeron:

- Editoriales, cartas al editor, opiniones, protocolos sin resultados y resúmenes de congresos.
- Estudios con $n < 5$ en humanos.

- Trabajos sin relación directa con la microbiota intestinal o sin vínculo explícito con el eje intestino-cerebro/SNC.
- Artículos duplicados entre bases de datos.
- Publicaciones sin acceso a texto completo o con datos no extractables/metodología insuficiente para la evaluación crítica.
- Revisiones narrativas muy generales sin descripción clara de métodos de búsqueda ni de selección de estudios.

Proceso de selección de estudios

La selección se realizó en **dos fases**:

1. Cribado inicial por título y resumen:

Dos revisores independientes evaluaron los 476 registros tras la eliminación de duplicados. Se excluyeron 392 por irrelevancia temática (p. ej., estudios centrados exclusivamente en microbiota no intestinal, patologías no relacionadas con el EIC o sin información sobre SNC).

2. Evaluación de texto completo:

Se intentó recuperar 84 textos completos (7 no pudieron obtenerse). Se evaluaron 77 artículos íntegros y se excluyeron 41 por las siguientes razones:

- Fuera de tema ($n = 23$).
- Metodología inadecuada o insuficiente descripción de desenlaces ($n = 12$).
- Duplicados ($n = 6$).

El número final de estudios incluidos en la síntesis cualitativa fue **36**. El flujo completo se resume en el **diagrama PRISMA (Figura 1)**.

Extracción de datos y evaluación de calidad

La extracción de datos se realizó mediante una **ficha estandarizada**, que recogió:

- Población (edad, características clínicas).
- Diseño del estudio y tamaño muestral.
- Tipo de exposición/intervención (p. ej., composición de la microbiota, probióticos/psicobióticos, dieta, FMT).
- Comparadores o grupo control.
- Desenlaces principales (clínicos, neuropsiquiátricos, de neurodesarrollo, biomarcadores, metabolitos, neuroimagen).
- Resultados principales y conclusiones de los autores.

Para la **evaluación de calidad y riesgo de sesgo**, se utilizaron herramientas específicas según el diseño:

- **RoB 2** para ensayos clínicos aleatorizados.

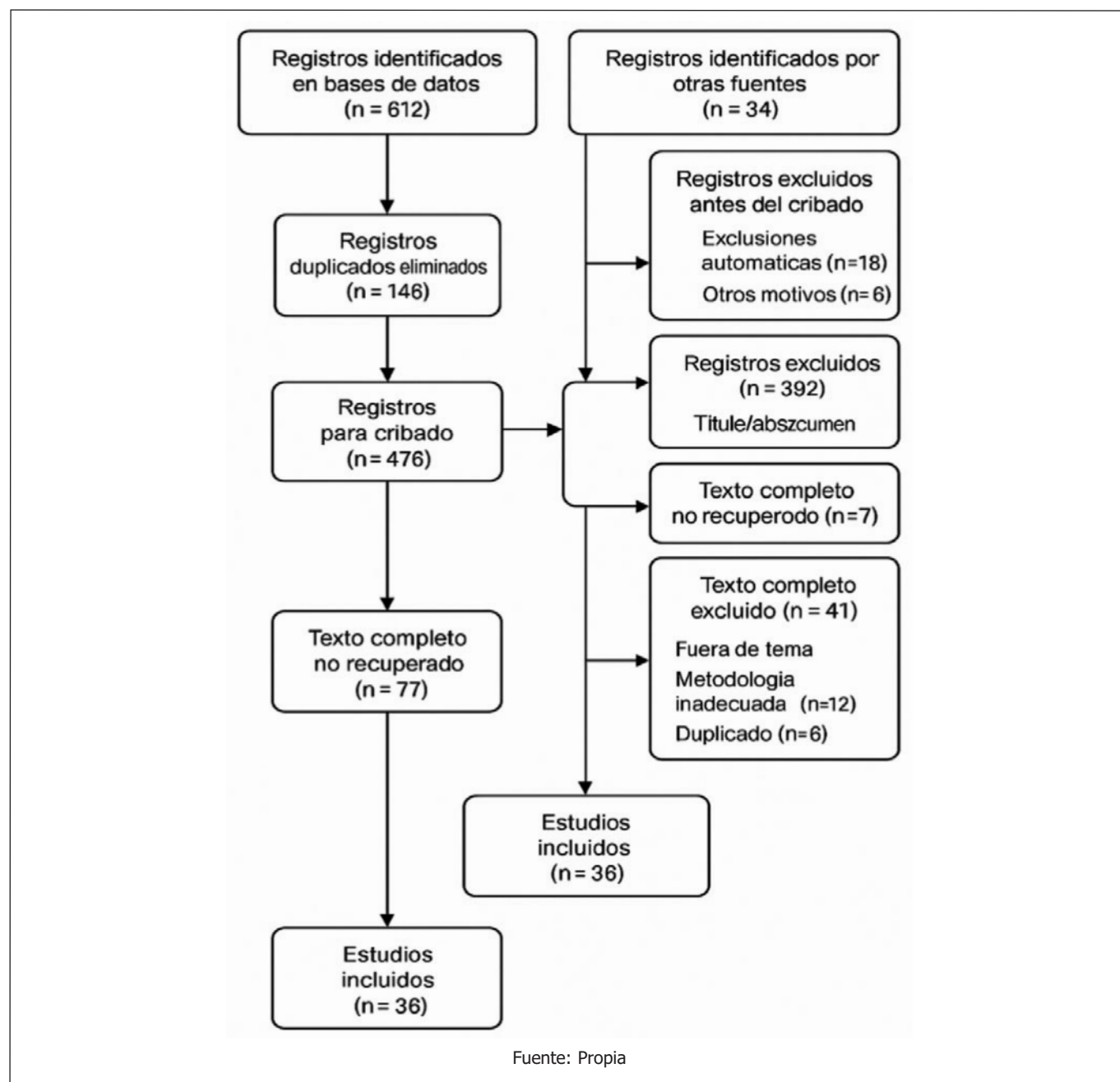


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA del proceso de selección de estudios incluidos en la revisión sistemática (2020–2025)

- **ROBINS-I** para estudios observacionales (cohortes, caso-control).
- **SYRCLE risk of bias tool** para modelos animales.
- Para revisiones sistemáticas y meta-análisis, se valoró la calidad metodológica de acuerdo con criterios generales PRISMA (claridad de la pregunta, estrategia de búsqueda, criterios de inclusión/exclusión y síntesis).

Las discrepancias entre revisores se resolvieron por consenso.

Jerarquización de la evidencia y manejo de distintos tipos de estudios

Dado que el objetivo principal era integrar **mecanismos fisiopatológicos** y **repercusiones clínicas**, se estableció una **jerarquización explícita de la evidencia**:

1. Mayor peso a la evidencia en humanos:

- En primer lugar, revisiones sistemáticas y meta-análisis.

- En segundo lugar, ensayos clínicos aleatorizados.
- Posteriormente, estudios observacionales (cohortes, caso-control, transversales).

2. Modelos animales y estudios ex vivo:

- Se incluyeron de forma **justificada**, únicamente cuando aportaban información mecanística que complementaba o explicaba hallazgos en humanos (p. ej., producción de metabolitos, efectos sobre AGCC, permeabilidad de barrera hematoencefálica, modulaciones del sistema nervioso entérico o vías neuroinmunes).
- Estos estudios se usaron para construir plausibilidad biológica, pero no para cuantificar efectos clínicos.

3. Revisiones sistemáticas y meta-análisis:

- Para evitar **doble conteo o solapamientos**, los estudios primarios incluidos en dichos trabajos no se contabilizaron de nuevo en los resultados cuantitativos; solo se citaron individualmente cuando aportaban detalles clínicos o mecanísticos relevantes que no se desprendían claramente del meta-análisis.

Método de síntesis

Debido a la heterogeneidad de los diseños, poblaciones, desenlaces y técnicas analíticas (16S, metagenómica, metabolómica, neuroimagen, escalas clínicas), **no se realizó metaanálisis cuantitativo**. En su lugar, se aplicó una **síntesis narrativa temática**:

- Los estudios se agruparon según **cuatro dominios clínicos principales**:
 - (1) Trastornos gastrointestinales funcionales (especialmente SII y dispepsia).
 - (2) Trastornos afectivos (ansiedad, depresión).
 - (3) Trastornos del espectro autista (TEA).
 - (4) Enfermedades neurodegenerativas (Parkinson, Alzheimer).
- Dentro de cada dominio se describieron de forma integrada:
 - o Alteraciones de la microbiota (composición, diversidad, disbiosis específica).
 - o Metabolitos clave (AGCC, derivados del triptófano, otros neurotransmisores microbianos).
 - o Cambios en la barrera intestinal y hematoencefálica.
 - o Marcadores de inflamación neuroinmune.
 - o Hallazgos clínicos y de comportamiento.

- Se resaltaron patrones consistentes entre estudios humanos y modelos animales (por ejemplo, reproducción de fenotipos tipo TEA tras FMT desde pacientes; inducción de neuroinflamación en modelos de Parkinson; reversión de alteraciones mediante probióticos específicos o *Bacteroides fragilis*).

La metodología se concibió, por tanto, como una **revisión narrativa robusta**, apoyada en una **búsqueda sistemática reproducible**, con jerarquización explícita de la evidencia y enfoque cualitativo.

RESULTADOS

Se identificaron 646 referencias (612 en bases de datos y 34 en otras fuentes). Tras eliminar 146 duplicados, 18 exclusiones automáticas y 6 por otros motivos, se cribaron 476 registros por título/resumen, de los que 392 se excluyeron por irrelevancia. Se recuperaron 84 textos completos (no recuperados 7) y se evaluaron 77; se excluyeron 41 (fuera de tema 23, metodología inadecuada 12, duplicados 6). La síntesis final incluyó 36 estudios.

Los estudios se agruparon en: (1) trastornos gastrointestinales funcionales (SII —síndrome de intestino irritable— y dispepsia), con evidencia consistente de disbiosis y alteraciones en sensibilidad/motilidad¹⁻⁶; (2) neuropsiquiatría (ansiedad y depresión), con asociación entre microbiota y conducta/emoción⁷⁻⁹; y (3) neurodegeneración (Parkinson/Alzheimer), con perfiles metabolómicos y de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) alterados^{12-14,19,20}.

Subgrupo Trastornos del Espectro Autista (TEA). Los trabajos incluidos mostraron: (i) diferencias en composición microbiana (reducción de *Bifidobacterium/Prevotella* y aumento de clostridiales en varios estudios)^{14,15}; (ii) evidencia traslacional de causalidad: el trasplante de microbiota de pacientes con TEA a ratones libres de gérmenes reproduce rasgos conductuales tipo TEA¹⁰, y en el modelo de activación inmune materna la corrección de disbiosis con *Bacteroides fragilis* revierte alteraciones gastrointestinales y conductuales¹¹; (iii) intervenciones: un protocolo abierto de terapia de transferencia de microbiota (MTT/FMT) mostró mejoría de síntomas gastrointestinales (GI) y de TEA con persistencia a 2 años^{12,13}, y, en modelos murinos, *Lactobacillus reuteri* restauró conductas sociales mediante vías oxitocinérgicas mesolímbicas¹⁶. Los mecanismos implicados incluyen AGCC, triptófano/serotonina entérica y vías vagales/inmunes¹⁵⁻¹⁷.

DISCUSIÓN

La presente revisión muestra que el eje intestino-cerebro (EIC) es un sistema de comunicación bidireccional en el que participan el sistema nervioso central (SNC), el sistema nervioso entérico (SNE), el sistema nervioso autónomo (SNA), el eje hipotálamico-pituitario-adrenal (HPA) y la microbiota intestinal, influyendo recíprocamente en la regulación gas-

trointestinal, inmunológica, endocrina y neuroconductual¹⁻³. El estrés psicosocial y las citocinas proinflamatorias modulan la actividad del eje HPA y la secreción de cortisol, lo que repercute directamente en la función digestiva y la permeabilidad intestinal^{4,5}.

En los trastornos gastrointestinales funcionales, especialmente en el síndrome de intestino irritable (SII), existe abundante evidencia de que la disbiosis intestinal y las alteraciones en los metabolitos microbianos (AGCC) contribuyen a la hipersensibilidad visceral y a la disfunción del SNE⁶⁻⁹. Estudios longitudinales han confirmado que el EIC es bidireccional: síntomas intestinales crónicos se asocian a alteraciones emocionales y viceversa¹⁰. En consecuencia, terapias que combinan la modulación de la microbiota (p. ej., rifaximina, probióticos) con intervenciones psicológicas han mostrado beneficios superiores al manejo convencional aislado^{12,13}. (Ver figura 2).

En el ámbito de la psiquiatría, los datos sugieren una asociación entre la composición de la microbiota y los trastornos afectivos. Se han descrito correlaciones entre disbiosis fecal y síntomas depresivos, así como mejoría clínica tras el uso de probióticos con efectos ansiolíticos y antidepresivos (psicobióticos)^{7,8,14-16,32}. Los AGCC, en particular butirato y propio-

nato, han demostrado modular la inflamación sistémica, la función de la barrera hematoencefálica y la neurotransmisión, siendo posibles mediadores entre microbiota y conducta^{7,9,17}. (Ver figura 2).

En los trastornos neurodegenerativos, la evidencia es creciente. En la enfermedad de Parkinson (EP), se ha documentado disminución de bacterias productoras de AGCC, incremento de la permeabilidad intestinal y activación de la microglía^{9,18-20}. Ensayos en modelos animales demostraron que la microbiota influye en la neuroinflamación y la expresión motora, sugiriendo un rol causal²¹. En la enfermedad de Alzheimer (EA), la disbiosis intestinal se asocia a mayor inflamación sistémica, acumulación de beta-amiloide y alteraciones en metabolitos derivados del triptófano^{22,23}. Estudios multi-ómicos refuerzan la utilidad del metaboloma fecal como marcador funcional de la microbiota en estas patologías²⁴. (Ver figura 2).

La relación entre el EIC y el trastorno del espectro autista (TEA) ha adquirido especial relevancia. Diversos estudios han descrito disbiosis característica en niños con TEA, con reducción de *Bifidobacterium* y *Prevotella* y aumento de clostridiales^{25,26}. Más importante aún, investigaciones traslacionales

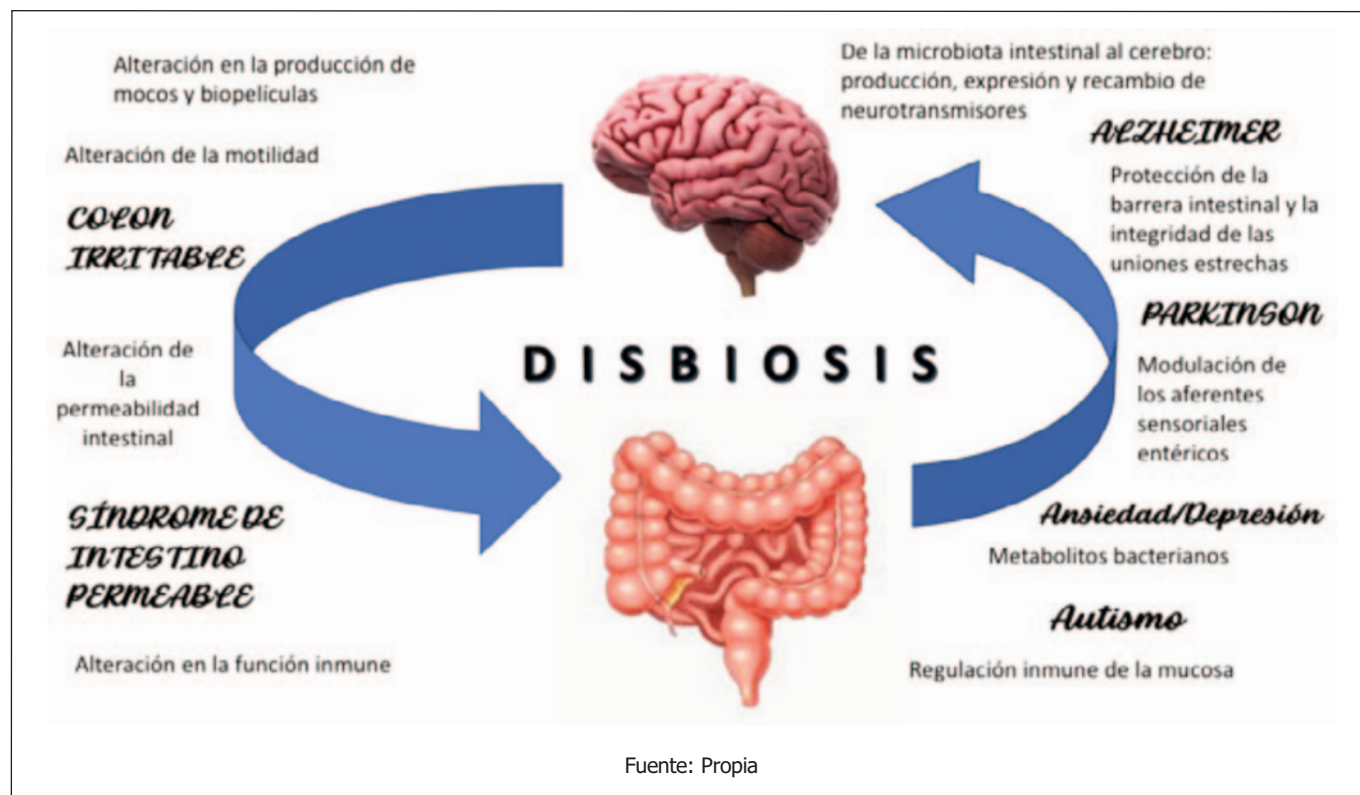


Figura 2. Ejemplos de influencias típicas en el eje intestino-cerebro de la microbiota, incluidos la genética/epigenética, los medicamentos, el modo de parto, la lactancia, el tabaquismo, el ejercicio físico y el medio ambiente. Diversas enfermedades afectadas por la disbiosis del eje cerebro-intestino, incluidas las enfermedades neurodegenerativas, el cáncer, la EII, la depresión, la obesidad, el dolor y la epilepsia. Mecanismos de comunicación bidireccional entre el intestino y el cerebro

han demostrado que la microbiota de pacientes con TEA, trasplantada a ratones libres de gérmenes, reproduce fenotipos conductuales tipo autista^{10,27}. En el modelo de activación inmune materna, la administración de *Bacteroides fragilis* corrigió alteraciones gastrointestinales y conductuales²⁸. En el ámbito clínico, un protocolo abierto de terapia de transferencia de microbiota fecal (FMT/MTT) mostró mejorías persistentes a dos años en síntomas GI y de TEA^{14,29,30}. (Ver figura 2).

Los mecanismos implicados incluyen la producción microbiana de serotonina entérica^{2,30}, la modulación de vías oxitocinérgicas sociales (*Lactobacillus reuteri*)³⁰, la generación de

metabolitos neuroactivos como catecolaminas, óxido nítrico y sulfuro de hidrógeno^{25,30}, y la regulación de la inmunidad de mucosas mediada por proteasas^{6,24,25,27,28}. Estos mecanismos integran vías metabólicas, endocrinas, inmunes y neuronales, ofreciendo múltiples blancos terapéuticos.

En conjunto, los hallazgos refuerzan que la modulación de la microbiota —mediante probióticos, prebióticos, psicobióticos, dieta o FMT— podría convertirse en una estrategia terapéutica prometedora no solo en enfermedades gastrointestinales, sino también en trastornos psiquiátricos, neurodegenerativos y del neurodesarrollo. (Ver Tabla 2). Sin embargo, la evidencia aún

Tabla 1. Síntesis de los estudios sobre TEA (autismo) vinculados al eje intestino-cerebro y la microbiota

Autor (año)	Diseño	n (ASD / ctrl)	Población / modelo	Exposición / Intervención	Hallazgos principales	Calidad / notas
Sharon (2019) ¹⁰	Traslacional (FMT humano→ratón GF)	Donantes ASD / TD	Ratones GF colonizados con microbiota humana	FMT de niños con TEA vs controles típicos	Microbiota TEA induce fenotipos conductuales tipo TEA y alteraciones neuroquímicas	Evidencia causal en modelo; traslación indirecta
Hsiao (2013) ¹¹	Experimental (MIA, ratón)	—	Modelo de activación inmune materna	Probiótico <i>Bacteroides fragilis</i>	Revierte alteraciones GI y mejora conducta tipo TEA	Sólido preclínico; mecanismo inmune-GI
Kang (2017) ¹²	Intervención abierta (MTT/FMT)	18 / —	Niños con TEA	Microbiota Transfer Therapy (10 semanas)	Mejoras en síntomas GI y comportamiento pos-tratamiento	Abierto, sin control; señal de eficacia
Kang (2019) ¹³	Seguimiento longitudinal	18 / —	Cohorte Kang 2017	MTT/FMT (follow-up 2 años)	Persisten mejoras GI y conductuales a 2 años	Sin grupo control; durabilidad sugerente
Strati (2017) ¹⁴	Observacional 16S	40 / 40	Niños TEA y controles	—	Disbiosis: ↓ <i>Bifidobacterium/Prevotella</i> ; ↑ clostridiales	Asociación; no causalidad
De Angelis (2013) ¹⁵	Observacional multi-ómica	10 / 10	Niños TEA y controles	—	Perfil fecal microbiano y metabolómico alterado (AGCC)	Tamaño pequeño; converge con [14]
Chaidez (2014) ²⁵	Observacional	960 / —	Niños con TEA	—	Alta comorbilidad GI y correlación con severidad conductual	Epidemiológico; hipótesis generadora
Sgritta (2019) ¹⁶	Experimental (ratón)	—	Modelos TEA murinos	<i>Lactobacillus reuteri</i>	Restaura conducta social vía circuitos oxitocinérgicos	Mecanismo neurocircuital plausible
Yano (2015) ¹⁷	Experimental (ratón)	—	Ratón SPF/GF	Microbiota autóctona	Microbiota regula biosíntesis de serotonina entérica	Vía serotoninérgica del EIC
Mayer, Padua, Tillisch (2014) ²⁸	Revisión	—	—	—	EIC alterado en TEA; integración clínica-mecanística	Marco conceptual; apoya síntesis

Fuente: Propia.

Tabla 2. Intervenciones sobre la microbiota intestinal en TEA: evidencia y nivel de recomendación

Intervención	Estudios / referencia	Población / modelo	Hallazgos principales	Nivel de evidencia*
Terapia de transferencia de microbiota (MTT/FMT)	Kang 2017 ¹² ; Kang 2019 ¹³	18 niños con TEA (seguimiento 2 años)	Mejoría sostenida de síntomas GI y conductuales; persistencia a 2 años	Moderado (abierto, sin control; señal robusta de eficacia)
Probióticos multicepas	Strati 2017 ¹⁴ ; De Angelis 2013 ¹⁵	Niños con TEA y disbiosis	Disbiosis caracterizada; estudios preliminares con probióticos muestran mejoras parciales GI	Bajo (heterogéneo; sin ECA robustos)
Probiótico <i>Lactobacillus reuteri</i>	Sgritta 2019 ¹⁶ (ratón modelo TEA)	Ratones modelo TEA	Restaura conducta social vía activación oxitocinérgica mesolímbica	Preclínico fuerte (traslación pendiente)
Probiótico <i>Bacteroides fragilis</i>	Hsiao 2013 ¹¹ (modelo MIA)	Ratón con activación inmune materna	Revierte alteraciones GI y mejora conducta	Preclínico fuerte (mecanismo plausible)
Psicobióticos (cepas moduladoras de GABA/serotonina)	Yano 2015 ¹⁷ ; Cryan & Dinan 2013 ²⁶	Ratones GF y estudios de revisión	Microbiota regula biosíntesis de serotonina y conducta ansiosa	Preliminar (prueba de concepto)
Dieta y prebióticos (fibras fermentables, AGCC)	Dalile 2019 ⁹ ; Chaidez 2014 ²⁵	Niños con TEA y GI+; estudios en población general	Modulación de AGCC influye en síntomas GI y cognición; comorbilidad GI frecuente en TEA	Moderado (observacional; indirecto en TEA)
Psicobióticos/simbióticos experimentales	Sharon 2019 ¹⁰ (traslación humana→ratón GF)	Ratones GF colonizados con microbiota TEA	Microbiota TEA induce conductas tipo autismo; potencial diana para simbiosis correctiva	Preclínico

Fuente: Propia.

es heterogénea y requiere ensayos clínicos aleatorizados, multicéntricos y con criterios estandarizados que permitan confirmar causalidad y eficacia.

En neurodegeneración, la reducción de AGCC, la permeabilidad intestinal aumentada y la neuroinflamación respaldan la hipótesis de un eje microbiota-neurodegeneración (especialmente en Parkinson), incluida evidencia en modelos murinos y estudios multi-ómicos humanos^{12-14,18,20}. La integración futura de metagenómica, metabolómica y neuroimagen permitirá clarificar causalidad y guiar intervenciones personalizadas.

Limitaciones. La heterogeneidad metodológica (diseño, técnicas 16S/metagenómica, control de dieta/medicación) y el predominio de estudios observacionales limitan la inferencia causal. Aun así, la coherencia multimodal (microbiota, metabolitos, conducta) y la replicación traslacional (TEA, Parkinson) refuerzan la solidez del EIC como marco fisiopatológico.

CONCLUSIONES

1. La evidencia revisada confirma que el eje intestino-cerebro (EIC) constituye un sistema de comunicación bi-

direcciona en el que la microbiota intestinal desempeña un papel modulador clave sobre la función gastrointestinal, la inmunidad, el metabolismo y la actividad del sistema nervioso central.

2. En pediatría, los trastornos gastrointestinales funcionales (particularmente el síndrome de intestino irritable) muestran una fuerte asociación con la disbiosis, alteraciones en la producción de metabolitos y la activación de vías neuroinmunes, lo que sugiere que su fisiopatología debe entenderse dentro del marco del EIC.
3. En el trastorno del espectro autista (TEA), múltiples estudios observacionales y preclínicos han demostrado diferencias consistentes en la composición de la microbiota, así como la capacidad de la disbiosis para reproducir fenotipos conductuales en modelos animales. Intervenciones como el trasplante de microbiota fecal o el uso de probióticos específicos han mostrado resultados prometedores, aunque preliminares, tanto en síntomas gastrointestinales como en aspectos conductuales.
4. En los trastornos neuropsiquiátricos (ansiedad, depresión) y neurodegenerativos (Parkinson y Alzheimer),

se evidencian alteraciones microbianas y metabólicas (ácidos grasos de cadena corta, neurotransmisores entéricos) que refuerzan la hipótesis de la microbiota como modulador fisiopatológico y posible blanco terapéutico.

5. Las intervenciones dirigidas a la microbiota —probióticos, prebióticos, psicobióticos, simbióticos, dietas moduladoras y trasplante de microbiota— constituyen estrategias emergentes con potencial de impacto clínico. Sin embargo, la evidencia disponible aún es heterogénea y se basa en estudios con limitaciones metodológicas.
6. Se requieren ensayos clínicos controlados, multicéntricos y con desenlaces clínicos y neurobiológicos estandarizados que permitan validar la eficacia, seguridad y sostenibilidad de estas intervenciones en la práctica clínica pediátrica y neurológica.

En conjunto, la revisión respalda que la modulación de la microbiota intestinal podría convertirse en un enfoque terapéutico innovador para diversos trastornos digestivos, neuropsiquiátricos y del Neurodesarrollo, pero aún se encuentra en una fase de transición desde la investigación experimental hacia la aplicación clínica consolidada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Mayer EA, Savidge T, Shulman RJ. Brain–gut microbiome interactions and functional bowel disorders. *Gastroenterology*. 2014 May;146(6):1500-1512. doi:10.1053/j.gastro.2014.02.037.
2. Cryan JF, O’Riordan KJ, Cowan CSM, et al. The microbiota–gut–brain axis. *Physiol Rev*. 2019 Oct 1;99(4):1877-2013. doi:10.1152/physrev.00018.2018.
3. Tsigos C, Chrousos GP. Hypothalamic–pituitary–adrenal axis, neuroendocrine factors and stress. *J Psychosom Res*. 2002 Oct; 53(4):865-871. doi:10.1016/S0022-3999(02)00429-4.
4. Simrén M, Barbara G, Flint HJ, et al. Intestinal microbiota in functional bowel disorders: a Rome Foundation report. *Gut*. 2013 Jan;62(1):159-176. doi:10.1136/gutjnl-2012-302167.
5. Kennedy PJ, Cryan JF, Dinan TG, Clarke G. Irritable bowel syndrome: a microbiome–gut–brain axis disorder? *World J Gastroenterol*. 2014 Oct 21;20(39):14105-14125. doi:10.3748/wjg.v20.i39.14105.
6. Soufan F, Ghosson A, Jaber R, Ghandour A, Uwishema O. The Gut-Brain Axis in Irritable Bowel Syndrome: Implementing the Role of Microbiota and Neuroimmune Interaction in Personalized Prevention-A Narrative Review. *Health Sci Rep*. 2025 Apr 18;8(4):e70660. doi:10.1002/hsr.70660. Epub 2025 Apr 18. PMID:40256131; PMCID:PMC12006843.
7. Foster JA, McVey Neufeld KA. Gut–brain axis: how the microbiome influences anxiety and depression. *Trends Neurosci*. 2013 May;36(5):305-312. doi:10.1016/j.tins.2013.01.005.
8. Naseribafrouei A, Hestad K, Avershina E, Sekelja M, Linløkken A, Wilson R, Rudi K. Correlation between fecal microbiota and depression. *Neurogastroenterol Motil*. 2014 Aug;26(8):1155-1162. doi:10.1111/nmo.12378.
9. Dalile B, Van Oudenhove L, Vervliet B, Verbeke K. The role of short-chain fatty acids in microbiota–gut–brain communication. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. 2019 Aug;16(8):461-478. doi:10.1038/s41575-019-0157-3. PMID:31123355.
10. Sharon G, Cruz NJ, Kang DW, Gandal MJ, Wang B, Kim YM, et al. Human gut microbiota from autism promotes behavioral symptoms in mice. *Cell*. 2019 May 30;177(6):1600-1618.e17. doi:10.1016/j.cell.2019.05.004.
11. Hudobenko J, Di Gesù CM, Mooz PR, et al. Maternal dysbiosis produces long-lasting behavioral changes in offspring. *Mol Psychiatry*. 2025;30:1847-1858. doi:10.1038/s41380-024-02794-0.
12. Kang DW, Adams JB, Gregory AC, Borody T, Chittick L, Fasano A, et al. Microbiota transfer therapy alters gut ecosystem and improves gastrointestinal and autism symptoms. *Microbiome*. 2017 Jan 23;5(1):10. doi:10.1186/s40168-016-0225-7.
13. Experto Nutrición. Rifaximina y N-acetilcisteína: nuevos tratamientos para el síndrome del intestino irritable con diarrea [Internet]. 2023 [citado 2025 Ago 22]. Disponible en: <https://expertonutricion.com/rifaximina-y-n-acetilcisteina-nuevos-tratamientos-para-el-sindrome-del-intestino-irritable-con-diarrea/>
14. Wan Y, Su Q, Ng SC. New insights on gut microbiome and autism [Internet]. *Trends Mol Med*. 2024 Dec;30(12):1100-1102. Disponible en: https://moodle2.units.it/pluginfile.php/755654/mod_resource/content/0/New%20insights%20on%20gut%20microbiome%20and%20autism.pdf
15. Tompa R. The gut-brain connection: what the science says. Stanford Medicine News Center [Internet]. 2025 Mar 6 [cited 2025 Aug 22]. Disponible en: <https://med.stanford.edu/news/insights/2025/03/gut-brain-connection-long-covid-anxiety-parkinsons.html>
16. Ramadan YN, Alqifari SF, Alshehri K, Alhowiti A, Mirghani H, Alrasheed T, Aljohani F, Alghamdi A, Hetta HF. Microbiome GutBrainAxis: Impact on Brain Development and Mental Health. *Mol Neurobiol*. 2025 Aug;62(8):1081310833. doi:10.1007/s12035025048460.
17. Yano JM, Yu K, Donaldson GP, Shastri GG, Ann P, Ma L, et al. Indigenous bacteria regulate host serotonin biosynthesis. *Cell*. 2015 Apr 9;161(2):264-276. doi:10.1016/j.cell.2015.02.047.
18. Sampson TR, Debelius JW, Thron T, Janssen S, Shastri GG, Ilhan ZE, et al. Gut microbiota regulate motor deficits and neuroinflammation in a model of Parkinson’s disease. *Cell*. 2016 Dec 1;167(6):1469-1480.e12. doi:10.1016/j.cell.2016.11.018.
19. Tan AH, Chong CW, Lim SY, Teh CSJ, Yap IKS, Loke MF, et al. Gut microbial ecosystem in Parkinson disease: new clinicobiological insights from multi-omics. *Ann Neurol*. 2021 Mar;89(3):546-559. doi:10.1002/ana.25982. PMID:33274480.
20. Zierer J, Jackson MA, Kastenmüller G, Mangino M, Long T, Telenti A, Mohnhey RP, Small KS, Bell JT, Steves CJ, Valdes AM, Spector TD, Menni C. The fecal metabolome as a functional readout of the gut microbiome. *Nat Genet*. 2018 Jun;50(6):790-795. doi:10.1038/s41588-018-0135-7.

21. Gracie DJ, Guthrie EA, Hamlin PJ, Ford AC. Bi-directionality of brain-gut interactions in patients with inflammatory bowel diseases. *Gastroenterology*. 2018 May;154(6):1635-1646.e3. doi:10.1053/j.gastro.2018.01.027.
22. Cheng X, Ren C, Mei X, Jiang Y, Zhou Y. Gut microbiota and irritable bowel syndrome: status and prospect. *Front Med (Lausanne)*. 2024 Oct 17;11:1429133. doi:10.3389/fmed.2024.1429133.
23. Lupu VV, Ghiciuc CM, Stefanescu G, Mihai CM, Popp A, Sasaran MO, Bozomitu L, Starcea IM, Adam Raileanu A, Lupu A. Emerging role of the gut microbiome in post-infectious irritable bowel syndrome: a literature review. *World J Gastroenterol*. 2023 Jun 7;29(21):3241-3256. doi:10.3748/wjg.v29.i21.3241. PMID:37377581.
24. Ho T, Elma Ö, Kocanda L, Brain K, Lam T, Kanhere T, Dong H-J. The brain-gut axis and chronic pain: mechanisms and therapeutic opportunities. *Front Neurosci*. 2025 Feb 14;19:1545997. doi:10.3389/fnins.2025.1545997.
25. Chaidez V, Hansen RL, Hertz-Picciotto I. Gastrointestinal problems in children with autism, developmental delays or typical development. *J Autism Dev Disord*. 2014 May;44(5):1117-1127. doi:10.1007/s10803-013-1973-x.
26. Tremblay A, Lingrand L, Maillard M, Feuz B, Tompkins TA. The effects of psychobiotics on the microbiota-gut-brain axis in early-life stress and neuropsychiatric disorders. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2021 Mar 8;105:110142. doi:10.1016/j.pnpbp.2020.110142.
27. Quigley EMM. Small intestinal bacterial overgrowth: what it is and what it is not. *Curr Opin Gastroenterol*. 2014 Mar;30(2):141146. doi:10.1097/MOG.000000000000040. PMID:24406476.
28. Wong GC, Montgomery JM, Taylor MW. The gut-microbiota-brain axis in autism spectrum disorder. In: Grabrucker AM, editor. *Autism spectrum disorders* [Internet]. Brisbane (AU): Exon Publications; 2021 Aug 20. Chapter 8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK573606/doi:10.36255/exonpublications.autismspectrumdisorders.gutmicrobiotabrainaxis>
29. O'Riordan KJ, Moloney GM, Keane L, Clarke G, Cryan JF. The gut microbiota-immune-brain axis: therapeutic implications. *Cell Rep Med*. 2025 Mar;6(3):101982. doi:10.1016/j.xcrm.2025.101982.
30. Tompa R. Autism symptoms reduced nearly 50 percent two years after fecal transplant [Internet]. ASU News. 2019 Apr 9 [cited 2025 Aug 22]. Disponible en: <https://news.asu.edu/20190409-discoveries-autism-symptoms-reduced-nearly-50-percent-two-years-after-fecal-transplant>
31. Sánchez-Macías A, Calvo-Losada M, Melchor-Rincones MA, Abellán R, Molina-Tijeras JA, Abecia L. Microbiota intestinal: composición, funciones y relación con enfermedad metabólica y cardiovascular. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2023;43(3):102-115. doi: 10.12873/433macias
32. Fernández-Pacheco MD, Pérez-Montero A, Navarro-López V, Valero-Cases E. Modulación nutricional de la microbiota intestinal y salud mental: evidencia actual. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2022;42(4):120-132. doi: 10.12873/424pacheco

Efecto de microorganismos eficientes y extractos frutales sobre el perfil organoléptico y químico del licor de cacao CCN-51 durante la poscosecha

Effect of efficient microorganisms and fruit extracts on the organoleptic and chemical profile of CCN-51 cacao liquor during postharvest processing

Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ^{1,2}, Silvia Cristina CLAVIJO VELÁZQUEZ¹, Manuel Danilo CARRILLO ZENTENO³, Edison Geovanny DÍAZ CAMPOZANO⁴, Paul Marcelo TACLE HUMANANTE⁵, Daniel ARIAS-TORO²

1 Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, Argentina.

2 Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agroindustria, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

3 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Ecuador.

4 Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera Alimentos.

5 Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

Recibido: 20/octubre/2025. Aceptado: 26/noviembre/2025.

ABSTRACT

Introduction. Cocoa fermentation is a critical stage for the development of its chemical and sensory attributes. The incorporation of effective microorganisms (EM) and fruit extracts has emerged as a strategy to enhance the quality of cocoa liquor.

Objectives. To evaluate the combined effect of three EM levels (0, 40, and 80%) and fruit extracts of banana, yaca, and passion fruit on the physicochemical and sensory properties of CCN-51 cocoa liquor.

Materials and Methods. A completely randomized bifactorial design was applied, consisting of 12 treatments and three replications. Fruit extracts were added at 3%, and EM doses were assigned according to treatment. Physicochemical variables (pH, acidity, moisture, ash, and protein) and sensory attributes (color, appearance, aroma, flavor, and aftertaste) were analyzed using a trained panel.

Results. Fruit extracts significantly affected pH, acidity, moisture, and ash content. EM% had a marked influence on

protein levels and some visual parameters. In sensory evaluation, color and appearance showed a significant interaction between factors, while aroma and aftertaste remained stable with slight treatment-dependent variations. Flavor did not present statistical differences but remained within acceptable sensory ranges.

Discussion. The combination of EM and fruit extracts induced technological modifications without altering the sensory integrity of the cocoa. The differentiated responses indicate the potential to modulate specific attributes based on extract type and microbial level.

Conclusions. The integrated application of effective microorganisms and fruit extracts offers a viable strategy to enhance the chemical and sensory quality of CCN-51 cocoa liquor, supporting its competitiveness in specialized markets.

KEYWORDS

Physicochemical characterization, controlled fermentation, sensory attributes, functional microbiota, postharvest technology.

RESUMEN

Introducción. La fermentación del cacao es un proceso determinante para el desarrollo de atributos sensoriales y químicos.

Correspondencia:

Luis Humberto Vásquez Cortez
lvazquezc@utb.edu.ec

micos. La incorporación de microorganismos eficientes (EM) y extractos frutales representa una estrategia emergente para optimizar la calidad del licor de cacao.

Objetivos. Evaluar el efecto combinado de tres niveles de EM (0, 40 y 80 %) y extractos de banana, yaca y maracuyá sobre los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del licor de cacao CCN-51.

Material y Métodos. Se empleó un diseño completamente al azar bifactorial con 12 tratamientos y tres repeticiones. Los extractos se aplicaron al 3 % y los EM según nivel asignado. Se analizaron pH, acidez, humedad, cenizas y proteína, junto con los atributos color, aspecto, aroma, sabor y regusto mediante panel sensorial entrenado.

Resultados. Los extractos frutales modificaron significativamente pH, acidez, humedad y ceniza. El EM% influyó especialmente en el contenido proteico y en ciertos atributos visuales. En lo sensorial, el color y aspecto evidenciaron interacción significativa entre factores, mientras que aroma y regusto mostraron estabilidad con variaciones puntuales. El sabor no presentó diferencias estadísticas, aunque se mantuvo dentro de rangos aceptables.

Discusión. La combinación de EM y extractos promovió ajustes tecnológicos sin comprometer la identidad sensorial del cacao. Las respuestas diferenciadas sugieren un potencial para modular características específicas según el tipo de extracto y nivel microbiano.

Conclusiones. El uso integrado de microorganismos eficientes y extractos frutales constituye una alternativa viable para mejorar la calidad química y organoléptica del cacao CCN-51, favoreciendo su competitividad en mercados especializados.

PALABRAS CLAVE

Caracterización fisicoquímica, fermentación controlada, atributos sensoriales, microbiota funcional, tecnología postcosecha.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de alta relevancia económica y sensorial, cuya calidad depende en gran medida de la fermentación poscosecha, etapa en la que se generan los precursores responsables del aroma y sabor del licor (pasta de cacao) y el chocolate¹. Ecuador es líder en cacao fino y de aroma, destacando las variedades CCN-51 y Nacional, reconocidas por sus diferencias en composición química, comportamiento fermentativo y atributos organolépticos². Los métodos tradicionales de fermentación, basados en microbiota espontánea, suelen generar variabilidad en la producción de compuestos volátiles, ácidos orgánicos y fenólicos³. Por ello, las estrategias biotecnológicas emergen como alternativas para dirigir el metabolismo fermentativo. El uso de microorganismos eficientes (EM) ha mostrado potencial para mejorar la degradación del mucílago y favorecer

la síntesis de metabolitos aromáticos clave⁴. Paralelamente, los extractos frutales pueden aportar carbohidratos fermentables, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos que estimulan la actividad microbiana y modifican los perfiles químicos y sensoriales del licor. Por tratarse de pasta de cacao, el producto mantiene una composición íntegra del 100% de cacao, sin presencia de azúcares, aditivos ni sustancias exógenas, preservando así la pureza de la matriz lipídica y no lipídica del grano⁵.

Si bien existen estudios individuales sobre el uso de EM o adjuntos frutales, persiste un vacío respecto al efecto combinado de ambas estrategias en variedades contrastantes de cacao. En este contexto, resulta necesario evaluar su influencia conjunta sobre los atributos organolépticos y químicos del licor. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de microorganismos eficientes y extractos frutales sobre los perfiles sensorial y químico del licor de cacao de las variedades CCN-51, con el fin de generar evidencia aplicable a procesos fermentativos controlados orientados a mercados especializados de alta calidad.

MÉTODOS

Localización

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en el cantón Mocache. Este sitio se encuentra a 73 m s. n. m., con coordenadas aproximadas de 1°04'26.00" de latitud sur y 79°29'20.47" de longitud oeste. Las mazorcas empleadas en la fermentación fueron recolectadas en dos zonas productoras: el cantón Santa Rosa, en la provincia de El Oro (3°23'41.9" S; 79°50'23.6" O), y la parroquia La Pipona, cantón Rocafuerte, provincia de Manabí (0°86'77.97" S; 80°45'20.02" O).

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Bromatología del Campus "La María" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el kilómetro 7 de la vía Quevedo-El Empalme, recinto San Felipe, cantón Mocache. Este laboratorio se sitúa a 73 m s. n. m., con coordenadas de 1°06'00" S y 79°29'00" O, y una temperatura promedio de 25,8 °C.

Las frutas empleadas para la preparación de los extractos diluidos fueron recolectadas en el recinto El Naranjo, perteneciente al cantón Mocache, provincia de Los Ríos (1°11'30.7" S; 79°35'43.6" O). La elaboración del licor de cacao se efectuó en el Taller de Confites y Chocolatería del mismo campus universitario. Los análisis químicos del licor final se efectuaron en el Laboratorio de Biotecnología Industrial y Alimentaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, sede Santo Domingo de los Tsáchilas. Este centro se localiza a 625 m s. n. m., con coordenadas aproximadas de 0°24'47" S y 79°18'34" O, y una temperatura ambiental entre 22 y 23 °C. En este laboratorio se determi-

naron las variables pH, acidez titulable, contenido de humedad y porcentaje de ceniza.

Diseño Experimental

En el presente trabajo de investigación se recurrió un Diseño Completamente al Azar bifactorial (DCA) conformado por 12 tratamientos por 3 repeticiones un total de 36 objetos de estudio, como primer factor la aplicación de microorganismos eficientes (0 % 0 mL (testigo), 40 % (400 mL), 80 % (800 mL) por un kilo de masa fermentativa de producto líquido respectivamente, como segundo factor se evaluó tres tipos de Extracto de frutas adicionando un control sin extracto diluido. Se utilizaron extractos de banana, yaca y maracuyá, cada extracto fue preparado a una concentración del 3 % (30 mL) para su uso en el estudio.

Procedimiento experimental

Ejecución de la poscosecha

Obtención de la mazorca de cacao (Materias prima)

Durante la recolección de las mazorcas de cacao, es fundamental garantizar que los frutos seleccionados se encuentren en óptimas condiciones, evitando estrictamente la cosecha de aquellos que presenten signos de contaminación por Moniliasis (*Moniliophthora roreri*):

Para garantizar 36 unidades experimentales de 1 kg de masa fresca cada una, se asignaron 36 kg a la variedad CCN-51. Con base en rendimientos promedio reportados para almendras frescas 0,12 kg por mazorca en CCN-51, se estimaron aproximadamente 360 mazorcas, respectivamente. Para compensar la variabilidad fisiológica y asegurar la disponibilidad del material biológico, se consideró un margen adicional del 10 %, resultando en 330 mazorcas de CCN-51.

Despulpado

Una vez obtenidas las mazorcas requeridas, se llevó a cabo el proceso de despulpado, el cual consiste en separar las almendras de cacao de la placenta del fruto. Asimismo, se procedió a efectuar un corte longitudinal o transversal en las mazorcas para facilitar la extracción de las almendras de cacao. Una vez despulpadas, las almendras de cacao fueron separadas y los granos se almacenaron en recipientes limpios y adecuadamente acondicionados. Las almendras se colocaron en las celdas de las cajas micro fermentadoras, cada una con capacidad para albergar 1kg de masa fresca de cacao⁶.

Manejo de Experimento

Proceso de fermentación

Posteriormente, las almendras de cacao se colocaron en cajas micro fermentadoras fabricadas de guayacán blanco,

los cuales cada caja fermentador tiene una capacidad total de 36 espacios y dimensiones de 125x175x10 centímetros. Se ocuparon en su totalidad 36 celdas, utilizando 1 kilogramo de almendras en cada cuadro, las cuales se procedió a apartar los tratamientos control. El proceso involucro un total de 36 kg de masa fresca de almendras de cacao⁷. Las etapas de fermentación tuvo una duración de 5 días⁸.

Aplicación de microorganismos eficientes

Se llevo a cabo la inducción de microorganismos eficientes (Albiobacth) en las almendras frescas de cacao, siguiendo las especificaciones de un croquis experimental⁴.

Albiobacth

Se utilizó microorganismos Albiobacth (Nombre comercial), su contenido es poseedor de bacterias: 1.3×10^7 Unidad Formadora de Colonia /mL, mientras que las levaduras alcanzan los 4.0×10^6 UPC/mL. Los microorganismos identificados incluyen a *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizobium japonicum* y *Azotobacter Chroococcum*⁴.

Porcentaje de aplicación de microorganismos eficientes

Siguiendo la metodología descrita por Vásquez 2024¹ se calculó la cantidad de microorganismos Albiobacth a aplicar, utilizando microorganismos eficientes en las siguientes proporciones 0 % (control), 40 % (400 mL), 80 % (800 mL). Estas dosis se aplicó por cada 1 kilogramos de masa fermentativa de productos líquido, asegurando la adecuada distribución según los tratamientos establecidos⁹.

Preparación de extracto diluido de frutas banana

El extracto de banana (*Musa spp.*) (guineo), se procedió a utilizar cuatro frutos en estado de madurez avanzada "Madura", con un peso promedio de 150 g cada uno. De esta cantidad se obtuvieron 150 g de pulpa, los cuales se licuaron con 200 mL de agua destilada a una temperatura controlada inferior a 40 °C¹⁰. La proporción final correspondió a un 42,85 % de fruta en la mezcla, valor obtenido mediante la aplicación de la formula correspondiente y siguiendo la metodología descrita por Viera 2022¹¹. Esta misma ecuación 1 del porcentaje de fruto, se empleó de manera análoga para el cálculo de la proporción en los extractos elaborados con las demás frutas evaluadas (banana, yaca y maracuyá).

Ecuación 1. % de fruto.

$$\% \text{ Fruta} = \frac{(\text{g de pulpa})}{\text{g de pulpa} + \text{mL de agua}} \times 100$$

Preparación de extracto de frutas yaca

La obtención del extracto diluido de yaca (*Artocarpus heterophyllus*), fué obtenido a partir de un extracto natural en una concentración de 3 % (30 mL), con el objetivo de evaluar su efecto en la mejora de la calidad del grano de cacao durante el proceso de fermentación. Paralelamente, se preparó un licuado a base de pulpa de yaca, para lo cual se empleó 2700 gr de fruta fresca, de los cuales se procesaron 150 gramos de pulpa, mezclándolos con 200 mL de agua destilada, siguiendo las metodologías propuesta por Vásquez 2023¹².

Preparación de extracto diluido de frutas maracuyá

Paralelamente, se preparó un licuado a base de pulpa de maracuyá, para lo cual se emplearon 400 gramos de fruta frescas (equivalente a aproximadamente 4 frutos de maracuyá, considerando un peso promedio de 100 gramos por fruta), de los cuales se procesaron 150 gramos de pulpa. La pulpa se mezcló con 200 mL de agua destilada, asegurando que el proceso se realizara bajo condiciones controladas para preservar la actividad enzimática y cumplir con los parámetros establecidos por la metodología propuesta por Peña 2023¹³.

Secado de las almendras de cacao

Se procedió al secado de las almendras de cacao. Este se realizó bajo luz solar directa, asegurando un manejo cuidadoso para evitar la mezcla de los granos provenientes de diferentes tratamientos y fincas. El proceso de secado del cacao se llevó a cabo sobre superficies de madera especialmente acondicionadas para esta práctica, evitando el contacto con superficies no aptas que pudieran ocasionar contaminación por agentes externos.

Durante el secado, las almendras de cacao deben ser removidas "Remociones" de manera adecuada y constante para garantizar una deshidratación homogénea. Este procedimiento se debe extender durante un período aproximado de 7 a 8 días bajo luz solar directa, con el objetivo de alcanzar un contenido de humedad óptimo, comprendido entre el 6 % y el 7 %, asegurando la calidad final del producto¹.

Almacenamiento de las almendras de cacao

Una vez finalizada la etapa de secado, las almendras de cacao deben ser almacenadas cuidadosamente, manteniendo la segregación según los tratamientos y repeticiones correspondientes. Para su conservación, se almacenaron en bolsas de papel, las cuales favorecen las ventilaciones y evitan la acumulación de humedad, contribuyendo al mantenimiento y mejora de la calidad de las almendras de cacao. Este método asegura que las características adquiridas durante el proceso

de fermentación y secado se preservan de manera óptima hasta su análisis o su posterior⁹.

Proceso de obtención de pasta de cacao al 100%

Selección y clasificación: Se clasificó la materia prima de cacao mediante una inspección manual exhaustiva, eliminando cualquier contaminante o cuerpo extraño ajeno a las almendras. Este proceso garantizará la pureza de las almendras utilizadas.

Tostado: Las almendras pasaron por un proceso de tostados con ayuda de una vasija de barro bajo condiciones controladas a una temperatura promedio de 120 °C. Este proceso se realizó durante un periodo de 18 a 25 minutos, asegurando una distribución uniforme de calor para evitar quemaduras y facilitar la eliminación de humedad residual.

Descascarillado: Se llevó a cabo un proceso de descascarillado manual de las almendras, lo que permitió la separación de la testa de los cotiledones. Las almendras descaradas fueron almacenadas en fundas de papel debidamente etiquetadas para evitar contaminación y preservar su integridad.

Molienda: Se llevó a cabo la molienda de los cotiledones utilizando un molino manual tradicional. Este proceso permitió reducir el tamaño de las partículas, facilitando el posterior refinado y asegurando una textura uniforme en la pasta de cacao.

Refinado: El refinado se efectuó para alcanzar un tamaño de partícula menor a 40 micras, garantizando una textura homogénea y evitando la presencia de gránulos detectables por las papilas gustativas. Este paso es crítico para optimizar la calidad organoléptica del producto final.

Conchado: La masa de cacao refinada se procesó en una conchadora de capacidad de 5 kg. La muestra se introdujo de manera gradual para permitir que el equipo capture la totalidad de la materia prima adherida a sus paredes, logrando una distribución uniforme y una emulsificación eficiente. Este proceso se mantuvo por un periodo de 48 horas para cada tratamiento, asegurando el desarrollo de un perfil sensorial superior.

Atemperado: Una vez concluida el proceso de refinado, la pasta de cacao se sometió al proceso de atemperado, reduciendo de manera controlada su temperatura. Posteriormente, se vertió en moldes previamente higienizados, donde es importante el reposo hasta adquirir la consistencia deseada.

Almacenamiento: Finalmente, la pasta de cacao se envolvió en papel aluminio para su almacenamiento. Cada unidad almacenó en fundas identificadas con códigos únicos para su trazabilidad y almacenada en condiciones de refrigeración a 4 °C, minimizando el riesgo de contamina-

ción cruzada y preservando sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas⁹.

Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se implementó un panel de cata semientrenados conformado por 50 catadores, los cuales determinaron: sabor, olor, textura, amargor, floral, almendra¹⁴. El análisis sensorial se realizó mediante una evaluación descriptiva estructurada del licor de cacao obtenido de los tratamientos experimentales. Para ello, se empleó una ficha sensorial con una escala hedónica ordinal de 1 a 5, en la que cada valor correspondió a una categoría previamente definida para cada atributo. Se evaluaron cinco parámetros principales: **color, aspecto, aroma, sabor y regusto**, cada uno con descriptores específicos.

La escala empleada para cada parámetro fue la siguiente:

Color: 1 = café caramelo, 2 = marrón, 3 = nogal, 4 = algarrobo, 5 = café negro.

Aspecto: 1 = muy brillante, 2 = brillante, 3 = satinado, 4 = opaco, 5 = muy opaco.

Aroma: 1 = fruta tropical, 2 = cacao, 3 = frutal cítrico, 4 = tostado, 5 = nuez.

Sabor: 1 = frutal, 2 = cacao tostado, 3 = afrutado seco, 4 = amargo, 5 = muy amargo.

Regusto: 1 = persistencia suave, 2 = amargo, 3 = cítricos no prolongados, 4 = astringente, 5 = sensación manchosa.

Las muestras fueron identificadas mediante códigos (T1–T12) para garantizar una evaluación a ciegas y evitar sesgos perceptuales. La sesión se desarrolló en un ambiente con iluminación neutra, temperatura controlada (20 ± 2 °C) y sin interferencias visuales u olfativas. Cada muestra fue servida en recipientes codificados y evaluada de forma individual e independiente.

Los datos obtenidos fueron organizados para su análisis estadístico posterior conforme al diseño experimental establecido.

Pruebas físico químicas a la pasta de cacao

pH y acidez titulable

Las muestras homogenizadas se analizaron utilizando un potenciómetro previamente calibrado. La acidez se determinó mediante titulación con NaOH 0,1 N hasta alcanzar pH 8,1, aplicando la fórmula convencional para el cálculo del porcentaje de acidez¹⁵.

Humedad: Se empleó secado en estufa, pesando aproximadamente 2 g de muestra en crisoles previamente acondicionados. Tras secado a 130 °C (2 h) o 150 °C (12 h) y enfriamiento en desecador, el contenido de humedad se calculó a partir de la diferencia de masa¹⁶.

Ceniza: Se incineraron cerca de 2 g de muestra en mufla a 600 °C durante 3 h, usando crisoles tarados. La cuantificación se realizó con base en la masa residual tras la combustión⁵.

Proteína: El contenido proteico se determinó mediante el método Kjeldahl, que incluyó digestión con H₂SO₄ y catalizador, destilación en sistema Kjeltex y titulación con HCl 0,1 N. La proteína bruta se estimó aplicando el factor de conversión correspondiente¹⁷.

Energía: Se utilizó una bomba calorimétrica. Las muestras (1–1,5 g) se comprimieron en pastillas y se sometieron a combustión completa en oxígeno a 30 atm. El poder calórico se calculó con base en el incremento térmico del sistema y las correcciones específicas del equipo¹⁸.

RESULTADOS

Variables químicas de la pasta de cacao

El análisis mostró que el porcentaje de microorganismos eficientes (EM%) no influyó significativamente en pH, acidez, humedad ni ceniza ($p > 0,99$), lo que indica que estos parámetros no dependen directamente de la inoculación microbiana. En cambio, los extractos frutales sí modificaron todas estas variables (pH $p = 0,0004$; acidez $p = 0,0018$; humedad $p = 0,0068$; ceniza $p < 0,0001$), evidenciando que los compuestos naturales de maracuyá, banano y yaca intervienen activamente en la acidificación, retención hídrica y fracción mineral. No se detectaron efectos combinados para EM%×Extractos en estas variables.

A diferencia de los parámetros anteriores, la proteína mostró diferencias significativas tanto para EM% como para extractos ($p < 0,0001$ en ambos casos). Aunque la interacción no fue significativa ($p = 0,0798$), se observó una tendencia creciente con el aumento del EM%, especialmente cuando se combinó con maracuyá, alcanzando valores superiores a 12 %. Esto sugiere un efecto estimulante sobre la disponibilidad o retención nitrogenada durante la fermentación. En cuanto a la energía (kcal/g), se registraron variaciones atribuibles a los factores evaluados, con una interacción marginal ($p = 0,0648$). La baja variabilidad experimental ($EEM \pm 0,21$; $DMS = 1,07$) confirma la confiabilidad de los resultados.

En síntesis, los extractos frutales fueron los principales moduladores del perfil químico básico, mientras que el EM% incidió con mayor fuerza sobre el contenido proteico y, en menor medida, la energía. Los factores actuaron de forma aditiva más que interactiva, aunque ciertas combinaciones como EM 80 % con maracuyá mostraron tendencias tecnológicamente relevantes; como se puede observar en la tabla 1.

Variables Sensoriales

Perfil sensorial color

El análisis estadístico evidenció que el color del licor de cacao fue influenciado significativamente por el porcentaje

Tabla 1. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre las variables químicas de la pasta de cacao

Factores		Variables Químicas de la pasta de cacao										
EM %	Extractos	pH		Acidez		% Humedad		% Ceniza		% Proteína		Energía kcal/g
0 %	Sin extractos diluidos de frutas	5,88		0,87		4,07		3,02		8,55		10,35
	Banana	6,54		0,58		3,46		2,97		9,05		9,28
	Yaca	6,46		0,60		3,47		3,05		9,71		9,05
	Maracuyá	6,40		0,61		3,39		3,73		10,30		8,51
40 %	Sin extractos diluidos de frutas	5,89		0,86		4,07		3,01		9,03		6,90
	Banana	6,54		0,59		3,44		2,98		10,58		6,75
	Yaca	6,48		0,62		3,44		3,04		10,50		5,90
	Maracuyá	6,40		0,58		3,38		3,77		11,19		6,44
80 %	Sin extractos diluidos de frutas	5,89		0,87		4,07		3,01		11,47		6,82
	Banana	6,54		0,59		3,45		2,98		10,69		5,98
	Yaca	6,47		0,61		3,46		3,04		11,95		5,67
	Maracuyá	6,40		0,60		3,39		3,75		12,91		5,37
	CV	4,69		23,21		11,89		8,09		5,47		5,04
	DMS	0,8738		0,45529		1,25622		0,76102		1,69004		1,07655
	EEM ±	0,17		0,09		0,25		0,15		0,33		0,21
Prob.	EM %	0,9985	ns	0,9957	ns	0,9967	ns	0,9995	ns	<0,0001	**	<0,0001
	Extractos %	0,0004	*	0,0018	*	0,0068	*	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001
	EM %*Extractos%	>0,9999	ns	>0,9999	ns	0,9999	ns	>0,9999	ns	0,0798	ns	0,0648

de microorganismos eficientes (EM %) ($p = 0,0033$), mientras que los extractos frutales no generaron diferencias estadísticas ($p = 0,1142$). La interacción EM $\times$ extractos mostró una tendencia cercana a la significancia ($p = 0,0652$), lo que sugiere posibles efectos combinados sobre la percepción visual.

Las puntuaciones estuvieron comprendidas entre **2,87 y 3,77**, correspondientes a tonos ubicados entre **marrón y nogal**, según la escala empleada (1 = café caramelo, 2 = marrón, 3 = nogal, 4 = algarrobo, 5 = café negro). El tratamiento T2 (0 % EM + banana) registró la mayor calificación (3,77), se-

guido por T4 (0 % EM + maracuyá) con 3,73, superando al testigo sin extracto (T1 = 3,20). En el nivel intermedio (40 % EM), el T6 (banana) alcanzó 3,37, mientras que en 80 % EM los valores fueron más variables; el T9 (sin extracto) obtuvo 3,16. Los tratamientos con banana (T2, T6 y T10) se ubicaron de forma consistente entre los valores más altos, lo que sugiere estabilidad visual independientemente del nivel de EM. Este efecto podría estar asociado al contenido de azúcares reductores y compuestos nitrogenados del fruto, los cuales favorecen reacciones de Maillard y la formación de pigmentos durante la fermentación; los resultados obtenidos se pueden observar en la figura 1.

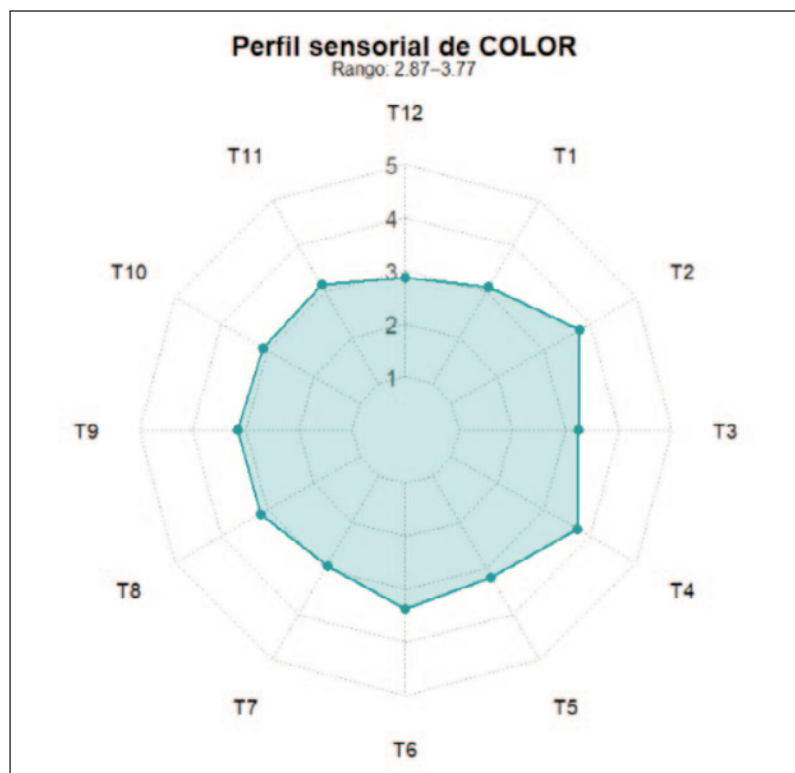


Figura 1. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de color de la pasta de cacao

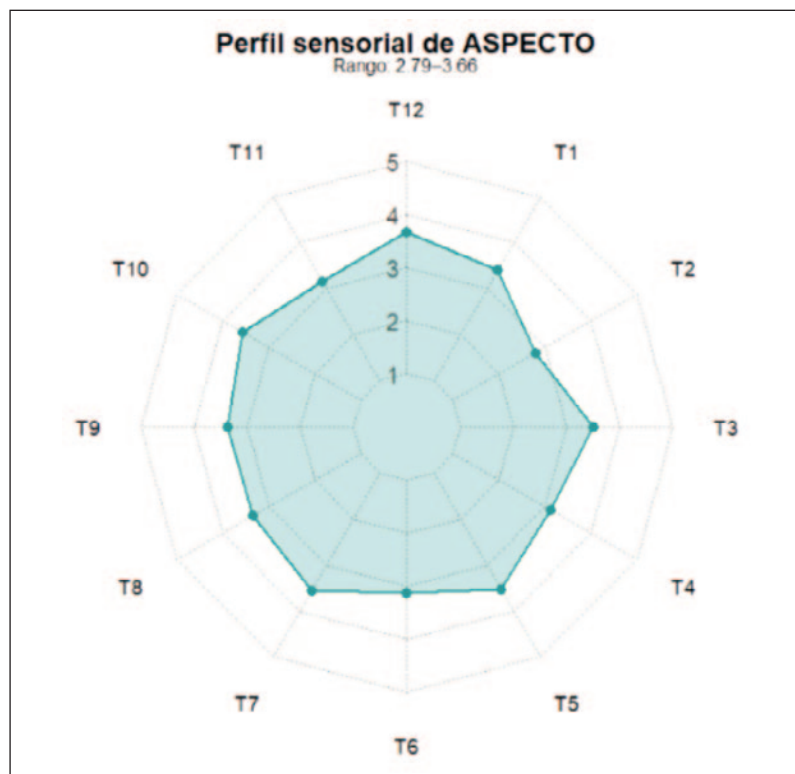


Figura 2. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de aspecto de la pasta de cacao

Perfil sensorial aspecto

El análisis estadístico determinó que el porcentaje de microorganismos eficientes (EM %) influyó significativamente en el aspecto del licor de cacao ($p = 0,0014$), mientras que los extractos frutales no mostraron efecto individual ($p = 0,1142$). No obstante, la interacción EM % $\times$ extractos presentó un efecto altamente significativo ($p = 0,0001$), lo que indica que la combinación de ambos factores moduló de forma conjunta la apariencia del producto. La mayoría de tratamientos se ubicó en valores cercanos a 3 (satinado), con ligeras variaciones hacia 4 (opaco) según la combinación de factores. El tratamiento T12 (80 % EM + maracuyá) alcanzó la mayor puntuación (3,66), reflejando una tendencia hacia un aspecto satinado-opaco más homogéneo. Le siguió T7 (40 % EM + yaca) con 3,57. En contraste, los valores menores se observaron en T0, T2, T4 y T6, los cuales se mantuvieron alrededor de 2,8-3,2, indicando superficies más brillantes o menos uniformes. Los tratamientos T12, T10 y T7 destacaron en los grupos superiores según Tukey, lo que evidencia que la acción conjunta de microorganismos eficientes y extractos como maracuyá, banana y yaca favorece una apariencia más consistente frente al testigo.

Perfil sensorial aroma

El análisis del perfil sensorial de aroma evidenció un efecto significativo de la interacción entre los porcentajes de microorganismos eficientes (EM %) y los extractos frutales ($p = 0,0267$), lo que confirma que ambos factores actuaron de forma combinada sobre la percepción aromática del licor de cacao. Los puntajes se distribuyeron entre 2,26 y 2,80 según la escala utilizada: El tratamiento T5 (40 % EM sin extracto) alcanzó la puntuación más alta (2,80), lo que indica que una dosis intermedia de microorganismos eficientes, sin interferencia de compuestos derivados de frutas, favorece la expresión del aroma característico del cacao. En contraste, algunos tratamientos con extractos, especialmente con yaca, mostraron ligeras disminuciones en la percepción aromática. Este comportamiento sugiere que, en ausencia de metabolitos frutales, los microorganismos eficientes optimizan la actividad fermentativa responsable de la formación de alcoholes, aldehídos y ácidos precursores del aroma, reforzando el carácter propio del cacao.

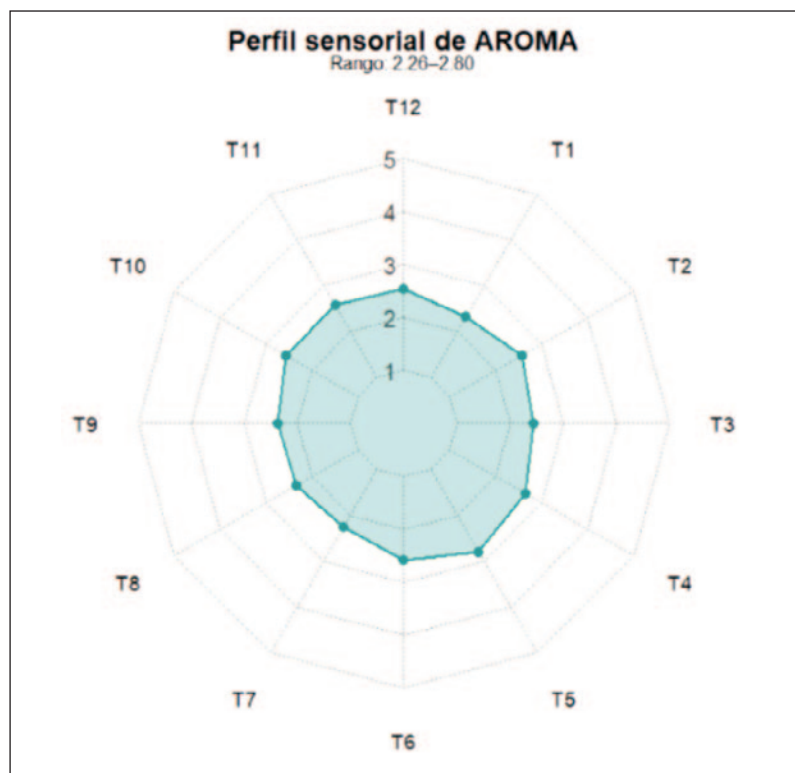


Figura 3. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de aroma de la pasta de cacao

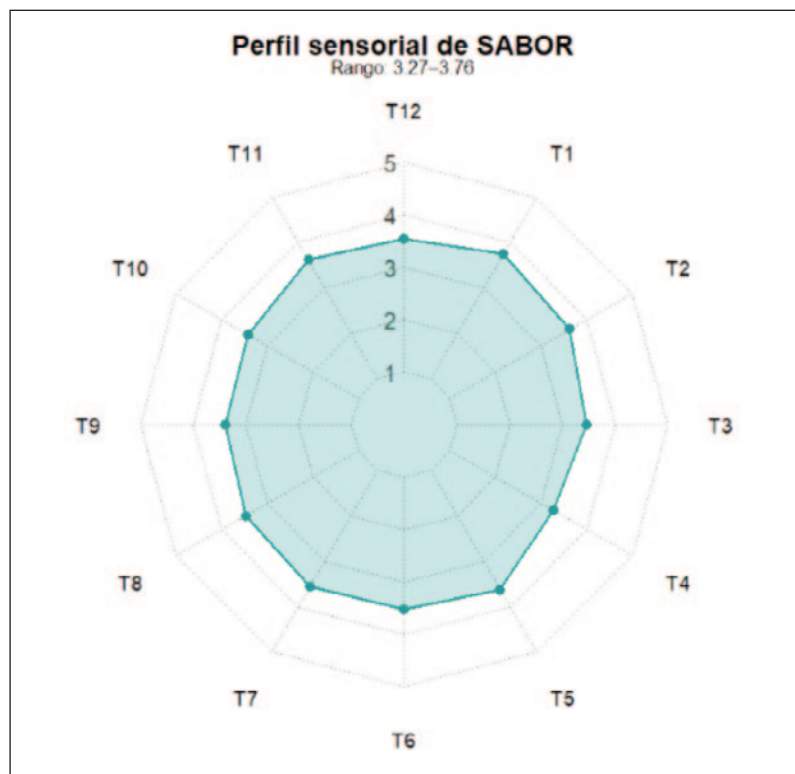


Figura 4. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de sabor de la pasta de cacao

Perfil sensorial sabor

El análisis sensorial del sabor no evidenció diferencias estadísticas significativas por la interacción entre los porcentajes de microorganismos eficientes (EM %) y los extractos frutales ($p > 0,05$), aunque se observaron variaciones numéricas entre tratamientos. Las puntuaciones se ubicaron entre 3,27 y 3,76.

El tratamiento T1 (0 % EM, sin extracto) registró la puntuación más alta (3,76), asociada a notas próximas al perfil amargo-afutado seco, mientras que T12 (80 % EM + maracuyá) obtuvo el valor más bajo (3,27), cercano al descriptor afutado seco. La estrecha dispersión de valores indica que ni los extractos ni los niveles de EM modificaron de forma perceptible la intensidad del sabor.

En conjunto, los resultados sugieren que el sabor del licor de cacao se mantuvo dentro de un rango sensorial estable, sin desplazamientos hacia perfiles más dulces o más amargos, lo que evidencia que los factores evaluados no alteraron significativamente los compuestos responsables de esta característica.

Perfil sensorial regusto

El análisis de varianza mostró que el regusto fue influido significativamente por el porcentaje de microorganismos eficientes (EM %) ($p = 0,0363$) y por la interacción EM % $\times$ extractos frutales ($p = 0,0053$). El efecto aislado de los extractos no fue significativo, indicando que su impacto depende de la presencia de EM. Las puntuaciones oscilaron entre 1,86 y 2,29, dentro de la escala sensorial. Esto indica que la percepción se mantuvo predominantemente en el rango amargo-persistencia suave, sin desplazamientos hacia notas más intensas como astringencia o sensación manchosa. El tratamiento T2 (0 % EM + banana) registró la puntuación más alta (2,29), mostrando una ligera intensificación del amargor frente al control sin extracto (T1 = 1,95). En contraste, T9 (80 % EM, sin extracto) obtuvo la puntuación más baja (1,86), lo que sugiere que niveles elevados de EM podrían atenuar el regusto, mientras que la adición de extractos en ese mismo nivel (T10 y T12) moderó parcialmente esa percepción.

Aunque se observaron variaciones numéricas, el regusto se mantuvo sensorialmente estable entre tratamientos, lo que indica que

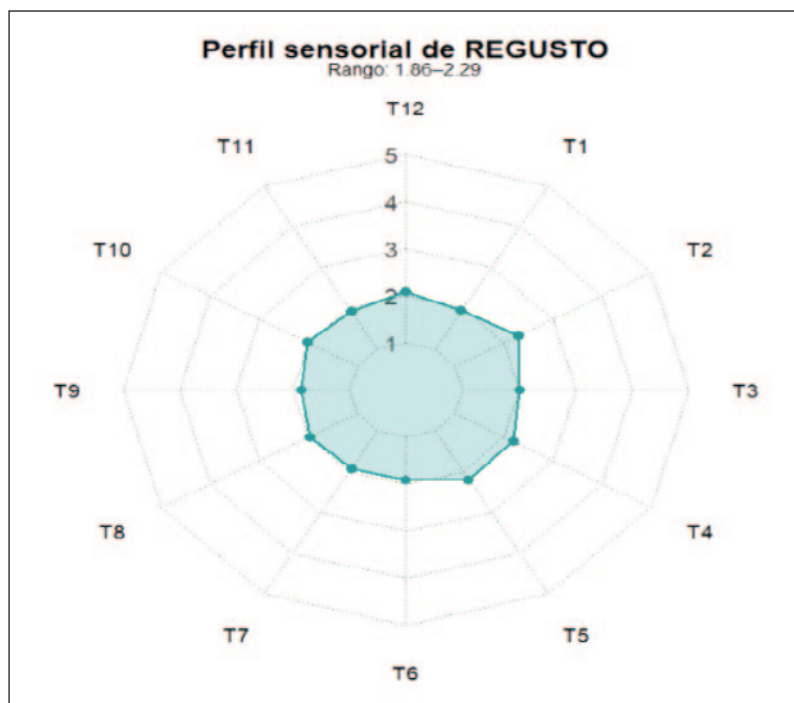


Figura 5. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de regusto de la pasta de cacao

ninguno de los factores alteró negativamente el perfil residual del cacao. Esta consistencia es favorable para mantener la identidad organoléptica del producto.

DISCUSIÓN

El rango de pH registrado correspondiente entre 5,88-6,54, manifiesta una actividad fermentativa interna eficaz, manteniéndose dentro de parámetros óptimos que preservan la autenticidad del perfil sensorial sin incurrir en desviaciones drásticas o pérdidas de identidad organoléptica¹⁹, registraron un pH de 5,91 de la pasta de cacao frente a 6,83 en muestras sin fermentación, una clara indicación de la actividad microbológica que acidifica en el cotiledón. Calvo 2021²⁰, establecieron que un intervalo de pH comprendido alrededor de 5,5 y 6,0 representa el umbral ideal para garantizar una fermentación uniforme y acorde, asegurando así la consistencia en la calidad del producto final.

Los niveles de acidez encontrados en la presente investigación están dentro del rango de 0,58 % a 0,87 % demuestran una fermentación técnicamente consiste, sin indicios de desbalances bioquímicos ni daños en la calidad fermentativa de los granos de cacao. González 2024²¹, documentaron intervalos de 0,6 % a 0,8 % en pasta de cacao, estrechamente asociados en la disminución de pH como consecuencia del metabolismo ácidos. Sin embargo Calvo 2021²⁰, argumenta que concentraciones entre 0,5 % y 0,9 % son críticas para mantener un perfil sensorial estable y armónico.

En la investigación de Montoya 2025²², se reportan valores de acidez titulable para pasta de cacao entre 0,65 % y 0,89 %, lo cual se asocia con fermentación activa que permitieron el desarrollo de compuestos orgánicos como el ácido acético. Esto coincide con la afirmación de que ácidos moderados elevan el perfil aromático sin provocar extremo, sin embargo Cevallos 2025²³, la acidez osciló entre 0,61 % y 0,77 % destacando que las fermentaciones controladas con remociones periódicas ayudaron a estabilizar los niveles de ácido, favoreciendo una calidad sensorial equilibrada y sin notas volátiles indeseadas, lo cual concuerda con un rango similar en la investigación realizada, lo que indica que los tratamientos con extractos y microorganismos eficientes favorecieron una fermentación estable, lo cual es comprobable por una mejor dispersión de los valores hacia el rango medio, esto respalda la viabilidad técnica de los coadyuvantes utilizados para de tal forma alcanzar un perfil ácido favorable.

Esta valoración sensorial corrobora lo que menciona Quintana 2025²⁴, determina que la fermentación incide significativamente en las características visuales del cacao, notablemente cuando se controla la temperatura y se utilizan métodos específicos en cajas de madera para promover reacciones de pigmentación lo que reafirma en su investigación.

El patrón de tendencia que se evidenció, muestra que las combinaciones entre las interacciones a 80 % de microorganismos eficientes con adición de extracto diluido de maracuyá o como banana (T12 y T10) y 40 % EM con yaca T7; conservaron una mayor preferencia aromática, distinguiéndose en los grupos superiores de las pruebas de Tukey. Esta tendencia guarda relación con la literatura de Díaz y Lucas 2022²⁵, que señala una fermentación adecuada y predominada por levadura seguidas de bacterias lácticas y acéticas las cuales aceleran la hidrólisis de pectinas en las almendras frescas, promueven el drenaje del mucilago y incrementan la temperatura de las almendras de cacao.

CONCLUSIONES

La aplicación combinada de microorganismos eficientes y extractos frutales durante la fermentación del cacao CCN-51 evidenció efectos diferenciados sobre los parámetros físico-químicos y sensoriales del licor. Los extractos de banana, yaca y maracuyá generaron variaciones significativas en pH, acidez titulable, humedad y contenido de ceniza, mientras que el EM% mostró mayor influencia sobre el contenido proteico, especialmente cuando se combinó con extracto de maracuyá en concentraciones altas. Aunque la interacción entre

factores no fue significativa para todas las variables químicas, se identificaron tendencias consistentes con valor tecnológico que respaldan su incorporación en fermentaciones controladas. En el perfil sensorial, las respuestas fueron específicas según el atributo evaluado. El color presentó mejor puntuación en ausencia de EM cuando se incorporaron extractos frutales, mientras que el aspecto mostró un efecto combinado significativo entre ambos factores. El aroma alcanzó su mayor expresión bajo 40 % de EM sin extractos, y el regusto permaneció dentro de rangos estables y aceptables. El sabor no presentó diferencias estadísticas, lo que evidencia resiliencia sensorial del cacao CCN-51 frente a las intervenciones evaluadas.

Los hallazgos demuestran que la integración de consorcios microbianos y coadyuvantes frutales constituye una estrategia biotecnológica viable para modular atributos sensoriales y mejorar parámetros químicos sin comprometer la identidad organoléptica del cacao. Este enfoque permite diversificar perfiles funcionales, fortalecer el valor comercial del licor y aportar alternativas sostenibles para la optimización poscosecha de clones industriales como CCN-51 en mercados especializados.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a su titora de su tesis doctoral, Dra. Ing. Silvia Cristina Clavijo Velázquez, de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo (San Rafael, Argentina), por la dirección académica brindada en el marco del Doctorado en Ingeniería de Productos y Procesos de la Industria Alimentaria. Asimismo, se reconoce el apoyo del Ing. Manuel Danilo Carrillo Zenteno, Ph.D., del Departamento de Suelos y Agua del INIAP—Extensión Tropical Pichilingue (cotutor), institución donde se ejecutó la fase experimental. El primer autor agradece a Dios, a sus padres, a su esposa, Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos, M.Sc. (c), y a su familia, quienes fueron pilares de apoyo en su investigación y en su vida, sin duda alguna a su hija quien es su inspiración.

BIBLIOGRAFÍA

- Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju N, Prasad R. Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Discov Food* [Internet]. 2024;4(163):1–13. Available from: <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00205-5>
- Intriago F, Alvarado K, Vera J, Vásquez L, Tigselema S, Verduga C. Post-harvest quality of cacao (*Theobroma cacao* L.) for the chocolate industry. In: García L, Naga M, Zambrano F, Aguilar D, editors. *Sustainable Cacao Cultivation in Latin America* [Internet]. 1st ed. London: Routledge; 2024. p. 270–91. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003381761-17/post-harvest-quality-cacao-theobroma-cacao-chocolate-industry-frank-intriago-flor-kerly-alvarado-vásquez-jaime-vera-chang-luis-vásquez-cortez-solanyi-tigselema-zambrano-cristhian-verduga>
- Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju M, Radice M. Physical and Organoleptic Evaluation of 12 Cocoa Clones (*Theobroma Cacao* L.) of National Type, in Cocoa Liquor—a Study from Ecuador. *Syst Smart Technol Innov Soc* [Internet]. 2024;870:199–211. Available from: [10.1007/978-3-031-51982-6_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-51982-6_18)
- Vera J, Benavides J, Vásquez L, Alvarado K, Reyes J, Intriago F, et al. Effects of two fermentative methods on cacao (*Theobroma cacao* L.) Trinitario, induced with *Rhizobium japonicum* to reduce cadmium. *Rev Colomb Investig Agroindustriales* [Internet]. 2023;10(1):95–106. Available from: <https://doi.org/10.23850/24220582.5460>
- Vásquez L, Montoya E, Cadenas L, Plua J, Camacho C, Cobos F, et al. Evaluación físico química y sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (Mango manila) en diferentes grados de madurez. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2025;45(3):117–28.
- Vásquez L, Erazo C, Vera J, Intriago F. Induction of rhizobium japonicum in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao* L.) as a strategy for the decrease of cadmium. *Int J od Heal Sci* [Internet]. 2022;6(3):11354–71. Available from: [10.53730/ijhs.v6nS3.8672](https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS3.8672)
- Torres A, Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Intriago F. Extraction of Cocoa Powder for the Preparation of a Drink by Adding Mucilage and Guava. *Sarhad J Agric* [Internet]. 2023;39(2):10–8. Available from: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2023/39/s2.10.18>
- Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju M, Radice M. Physical and organoleptic evaluation of 12 cocoa clones (*Theobroma cacao* L.) of National type, in Cocoa liquor — a study from Ecuador. *Syst Smart Technol Innov Soc*. 2024;870:8–15.
- Intriago F, Cedeño J, Parraga C, Alvarado K, Vásquez L, Revilla K, et al. Induction of effective microorganisms (EM) in the fermenting mass of cacao (*Theobroma cacao* L.) and their impact on physicochemical and antioxidant characteristics. *Biotecnia* [Internet]. 2024;26(2422):1–8. Available from: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2422>
- Morales W, Morante J, Herrera R, Ayuso M, Bernalte M. Efecto de la adición de levaduras y enzimas durante la fermentación sobre la calidad fisicoquímica de los granos de cacao fino de aroma. *J Agric Food Res*. 2024;16(101126):1–43.
- Viera W, Shinohara T, Samaniego I, Terada N, Sanada A, Ron L, et al. Pulp Mineral Content of Passion Fruit Germplasm Grown in Ecuador and Its Relationship with Fruit Quality Traits. *Plants* [Internet]. 2022;11(5):1–19. Available from: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/5/697#B93-plants-11-00697>
- Vásquez L, Durazno L, Rivadeneira C, Vera J, Arboleda L, Intriago F. Utilización De extracto de Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) como estrategia para mejorar la calidad del grano de cacao. *Rev Científica Multidiscip InvestiGo* [Internet]. 2023;4(8):95–117. Available from: <https://www.revistainvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/67>
- Peña M, Ortiz J, Santander F, Lazo M, Caroca R. Physicochemical changes during controlled laboratory fermentation of cocoa (ccn-51) with the inclusion of fruits and on-farm inoculation. *Brazilian J Food Technol* [Internet]. 2023;26:1–9. Available from: <https://doi.org/10.1590/1981-3153-2023-0001>

- able from: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/yc7QZvLwpxx8JZS639ycszH/?lang=en>
14. Vera J, Vasquez L, Zapata K, Cevallos R. Caracterización morfológica, fisicoquímica y microbiológica del cacao Macambo (*Theobroma bicolor* Humb & Bonpl.) en Ecuador. *Rev Agrotecnología Amaz* [Internet]. 2024;4(2):1–17. Available from: <https://doi.org/10.51252/raa.v4i2.657>
 15. Vera J, Radice M, Vásquez L, Intriago F. Perfil químico de 12 clones tipo nacional de pasta de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Univ y Soc* [Internet]. 2024;16(1):126–36. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202024000100126
 16. Vásquez L, Cevallos C, Uvidia M, Segobia S, Plua J. Evaluación de métodos fermentativos de cacao Nacional y CCN-51, induciendo microorganismos en yute y cajas Rohan para mejora organoléptico. *Rev Luna Azul*. 2025;(60):168–81.
 17. Vásquez L, Rodríguez S, Cadena L, Plua J, Camacho C, Cobos F, et al. Aroma, Ciencia y Tradición: Nuevas fronteras en la fermentación del cacao [Internet]. 1st ed. Rodríguez S, Rojas J, editors. Ediciones GESICAP.; 2025. 1–126 p. Available from: <https://edicionesgesicap.com/index.php/gesicap/catalog/book/47>
 18. Iñiguez F, Espiniza X, Galarza E. Use of probiotics and organic acids as stimulants of the development of broilers: review article. *Rev Investig en Ciencias Agropecu y Vet* [Internet]. 2021;5(14):166–72. Available from: <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/115>
 19. Mbadi C, Matsinkou R, Ngaha W, Assiene J. Formulation of functional cocoa liquor (*Theobroma cacao*) from raw and processed beans blend: physicochemical, phytochemical, sensory characteristics and in vitro antioxidant activity. *Discov Food* [Internet]. 2025;5(186):1–16. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s44187-025-00488-2?utm_source=chatgpt.com
 20. Calvo A, Botina B, García M, Cardona W, Montenegro A, Criollo J. Dynamics of cocoa fermentation and its effect on quality. *Sci Rep* [Internet]. 2021;11(16746):1–15. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-95703-2>
 21. González A, García G, Polanía P, López L, Suárez J. Fermentation and its effect on the physicochemical and sensory attributes of cocoa beans in the Colombian Amazon. *PLoS One* [Internet]. 2024;19(10):1–20. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0306680>
 22. Montoya E. Evaluación físico química y sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (Mango manila) en diferentes grados de madurez [Internet]. Universidad Técnica de Babahoyo; 2025. Available from: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3447>
 23. Cevallos C. Evaluación de métodos fermentativos de cacao Nacional y CCN-51 usando yute, cajas Rohan y microorganismos para mejorar propiedades sensoriales [Internet]. Universidad Técnica de Babahoyo; 2025. Available from: <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/18198>
 24. Quintana L, García A, Rodríguez A, Hoyos N, Alvis A. Impact of Spontaneous Fermentation on the Physicochemical and Sensory Qualities of Cacao. *Fermentation* [Internet]. 2025;11(7):1–19. Available from: https://www.mdpi.com/2311-5637/11/7/377?utm_source=chatgpt.com
 25. Díaz C, Luc V. Functional yeast starter cultures for cocoa fermentation. *J Appl Microbiol* [Internet]. 2022;133(1):39–66. Available from: <https://academic.oup.com/jambio/article/133/1/39/6989019>
 26. Camu N, González Á, De Winter T, Van Schoor A, De Bruyne K, Vandamme P, et al. Influence of turning and environmental contamination on the dynamics of populations of lactic acid and acetic acid bacteria involved in spontaneous cocoa bean heap fermentation in Ghana. *Appl Environ Microbiol* [Internet]. 2008;74(1):86–98. Available from: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/aem.01512-07>

Efecto del tratamiento con pulverizado de cáscara de *Mangifera indica* H. sobre marcadores de daño hepático en ratones intoxicados con etanol

Effect of treatment with *Mangifera indica* L. peel powder on markers of liver damage in ethanol-intoxicated mice

Jossue Humberto PAREDES CONTRERAS^{1,2,3}, Ariana Vanessa ROLDAN CUBA³, Andrea Gabriela PALOMINO ARIAS³, Olenka Isabel PUELLES-SAMANIEGO¹, Carlos Arturo MOLANO LANDEO³, Stephany GOICOCHEA FLORES³, Oscar Gustavo HUAMÁN-GUTIERREZ^{1,2}

1 Instituto de investigación de Bioquímica y Nutrición – Facultad de Medicina – Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

2 Escuela Profesional de Nutrición – Facultad de Medicina – Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3 Escuela de Medicina – Facultad de Medicina – Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Recibido: 29/octubre/2025. Aceptado: 28/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Las enfermedades hepáticas constituyen una de las más importantes causas de morbilidad en el Perú y el mundo, siendo el consumo crónico de alcohol uno de los principales factores de riesgo asociados a su desarrollo. En el presente trabajo se incluyó la Silimarina como fármaco de referencia en la búsqueda de nuevos agentes hepatoprotectores naturales.

Objetivo: Determinar el efecto del pulverizado de cáscara del *Mangifera indica* H. (mango) sobre la toxicidad hepática inducida por etanol en ratones.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio experimental puro con diseño postprueba y grupo control. Se emplearon 35 ratones machos albinos *Mus musculus* cepa BALB/c de tres meses de edad distribuidos en grupos aleatoriamente. El daño hepático se indujo mediante la administración oral por 5 días consecutivos de etanol al 5% en solución glucosada al 5%, colocada en bebederos para consumo *ad libitum* en los grupos II al V en horas de la mañana. En horas de la tarde, se administró suspensión de fécula de almidón al 1% como vehí-

culo para la Silimarina (fármaco de referencia) (70 mg/kg) y para el polvo de cáscara de mango en dosis de 100 mg/kg y 900 mg/kg. Posteriormente, los ratones fueron sometidos a una laparotomía incisional abierta para la extracción del hígado y su análisis histopatológico.

Resultados: En los grupos tratados con el pulverizado de la cáscara de mango (IV y V) se observó una reducción significativa del índice hepático y de los niveles de lipoperoxidación ($p < 0,05$), junto con una mejor relación SOD/CAT y un aumento del perfil de glutatión reducido (GSH), con respecto al grupo II. Estos hallazgos se correlacionaron con la preservación histológica del tejido hepático.

Conclusiones: La ingesta de la cáscara pulverizada del *Mangifera indica* H. (mango) mostró un efecto hepatoprotector frente a la toxicidad inducida por etanol en ratones.

PALABRAS CLAVES

Mangifera indica H, daño hepático, etanol, hepatoprotección (Fuente: MeSH).

ABSTRACT

Introduction: Liver diseases are one of the most important causes of morbidity and mortality in Peru and worldwide, with chronic alcohol consumption being one of the main risk factors for the development of these pathologies.

Correspondencia:
Jossue Humberto Paredes Contreras
jossue.paredes@upch.pe

Objective: To determine the effect of *Mangifera indica* H. (mango) peel powder on ethanol-induced liver toxicity in mice.

Materials and methods: A purely experimental approach was used with a post-test and a control group. Thirty-five male albino *Mus musculus* BALB/c mice, three months old, were treated with *Mangifera indica* H. peel powder. The mice were randomly assigned to groups. To induce liver damage, 5% ethanol in 5% glucose solution was administered orally in groups II to V for five days. In the afternoon, a 1% starch suspension was administered to the aforementioned groups. Silymarin (70 mg/kg), mango peel (100 mg/kg), and mango peel (900 mg/kg) were used as transport media for groups III, IV, and V, respectively. The mice were fasted for 12 hours before undergoing open incisional laparotomy for liver removal and analysis.

Results: Groups IV and V were significantly lower in liver function compared to group II. Also, lower levels of lipid peroxidation ($p < 0.05$) and SOD/CAT ratio ($p < 0.15$) were observed, with an increased GSH profile, confirming the findings of the histological analysis.

Conclusions: Ingestion of *Mangifera indica* (mango) peel had a hepatoprotective effect against ethanol toxicity in mice.

KEY WORDS

Mangifera indica H., liver damage, ethanol, hepatoprotection (Source: MeSH).

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades hepáticas representan una preocupación sanitaria de magnitud global, con una mortalidad anual estimada en dos millones de individuos, de la cual aproximadamente el 50% es atribuible al consumo crónico de etanol, así como sus secuelas (ej. hepatitis alcohólica, cirrosis hepática)¹. En América Latina, la prevalencia de enfermedad hepática alcohólica ha mostrado una tendencia ascendente durante las dos últimas décadas, siendo el Perú uno de los países con mayor incremento relativo en la mortalidad por cirrosis y otras hepatopatías relacionadas con el alcohol². El daño hepático inducido por etanol se caracteriza por un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la capacidad antioxidante endógena, proceso conocido como estrés oxidativo, que desencadena peroxidación lipídica, inflamación y muerte celular^{3,4}.

Dado que el hígado es el principal órgano responsable del metabolismo del etanol, se ve particularmente expuesto a alteraciones bioquímicas que incluyen el aumento de la actividad de la alcohol deshidrogenasa y del citocromo P450 2E1 (CYP2E1), ambos generadores de radicales libres⁵. Este proceso se traduce en la acumulación de malondialdehído (MDA), marcador de lipoperoxidación, y en la disminución de antioxidantes exógenos como glutatión reducido (GSH),

superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT), enzimas esenciales en la defensa antioxidante hepática^{6,7}. La búsqueda de agentes naturales con potencial hepatoprotector ha cobrado gran interés en los últimos años, debido a la toxicidad y efectos secundarios de algunos fármacos convencionales como la silimarina o la N-acetilcisteína⁸.

En este contexto, los productos vegetales ricos en compuestos fenólicos y flavonoides han despertado especial atención por su capacidad para modular el estrés oxidativo y reducir la inflamación hepática^{9,10}. Entre estos productos, la cáscara del mango (*Mangifera indica* H.) -generalmente considerada un subproducto agroindustrial- se ha identificado como una fuente rica en polifenoles, mangiferina, quercetina y ácido gálico, compuestos con reconocida actividad antioxidante¹¹⁻¹³. Estudios recientes han demostrado que los extractos o polvos obtenidos de la cáscara del mango presentan propiedades hepatoprotectoras, antiinflamatorias y antiperoxidativas en modelos animales expuestos a tóxicos hepáticos como el etanol, el tetracloruro de carbono y la acetaminofén¹⁴⁻¹⁶.

Investigaciones desarrolladas en los últimos años han evidenciado que la administración oral de extractos etanólicos de cáscara de mango reduce los niveles séricos de alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST), además de restaurar el equilibrio oxidativo en hígados intoxicados por etanol¹⁷. De igual modo, estudios *in vitro* han mostrado que la mangiferina ejerce un papel fundamental en la neutralización de radicales libres y la inhibición de la peroxidación lipídica, lo que refuerza su potencial como agente hepatoprotector natural^{18,19}. En este sentido, el aprovechamiento de subproductos del mango podría representar una alternativa económica, sostenible y efectiva para la prevención y el tratamiento del daño hepático inducido por agentes tóxicos.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del tratamiento con pulverizado de cáscara de *Mangifera indica* H sobre marcadores de daño hepático en ratones intoxicados con etanol, mediante el análisis de marcadores bioquímicos de estrés oxidativo y de la histología hepática, con el fin de aportar evidencia científica sobre su potencial uso como fuente natural de compuestos bioactivos con efecto hepatoprotector.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del estudio

Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, de alcance correlacional y de diseño experimental puro, con grupo control y postprueba. La investigación se desarrolló en el laboratorio del Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos durante el año 2024. El protocolo fue aprobado por el comité de ética institucional y se ejecutó conforme a la normativa peruana de cuidado y uso de animales de laboratorio.

Animales de experimentación

Para la evaluación del efecto hepatoprotector se emplearon 35 ratones machos albinos *Mus musculus* cepa BALB/c, de entre 10 a 12 semanas de edad, con un peso promedio de 25 ± 2 g, procedentes del bioterio institucional. Los animales fueron mantenidos bajo condiciones controladas de temperatura (22 ± 2 °C), humedad (55 ± 10 %) y un ciclo luz-oscuridad de 12 horas, con acceso *ad libitum* a alimento balanceado y agua. Antes de iniciar los tratamientos, se realizó un periodo de aclimatación de siete días.

Posteriormente, los animales fueron distribuidos aleatoriamente en cinco grupos experimentales (n=7 por grupo):

1. **Grupo I (Control):** solución de almidón al 1%.
2. **Grupo II (Etanol):** etanol al 5% (10 mL/kg).
3. **Grupo III (Etanol + Silimarina):** etanol 5% + silimarina (70 mg/kg). Este grupo recibió silimarina como fármaco protector de referencia.
4. **Grupo IV (Etanol + Mango 100 mg/kg):** etanol 5% + cáscara pulverizada de mango (100 mg/kg).
5. **Grupo V (Etanol + Mango 900 mg/kg):** etanol 5% + cáscara pulverizada de mango (900 mg/kg).

Las dosis fueron calculadas en base a estudios previos sobre los efectos hepatoprotectores de extractos de mango^{14,15}.

Preparación del pulverizado de cáscara de mango

Las cáscaras maduras del mango variedad "Haden" fueron lavadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1%. Posteriormente, se trozaron y secaron en estufa a 45°C hasta alcanzar peso constante. Una vez deshidratadas, se pulverizaron en molino eléctrico y se tamizaron para obtener un polvo fino homogéneo, que fue almacenado en frascos ámbar a 4 °C hasta su utilización. Este material fue reconstituido en agua destilada para su administración oral diaria mediante cántula gástrica una vez al día.

El análisis fitoquímico preliminar confirmó la presencia de compuestos fenólicos totales, flavonoides, taninos, triterpenos y mangiferina, de acuerdo con los métodos de Harborne²⁰.

Inducción del daño hepático

El daño hepático se indujo mediante administración oral de etanol al 5% durante cinco días consecutivos. Esta dosis se seleccionó para reproducir un modelo subagudo de hepatotoxicidad sin generar mortalidad, de acuerdo con modelos experimentales validados^{5,6}.

Al finalizar el tratamiento, los animales fueron anestesiados con pentobarbital sódico (0,3 mg/kg) y sacrificados para realizar una laparotomía incisional abierta, extrayendo el hígado para su posterior análisis bioquímico e histológico.

Determinaciones bioquímicas

Para la preparación del homogenizado se utilizó 0,25 g del lóbulo hepático mayor derecho y se homogeneizó con buffer fosfato a pH 7,4 y 0.01mol/L hasta un volumen final de 2,5 mL. Todo el procedimiento se llevó a cabo sobre planchas de gel helado a 4°C. La mezcla se centrifugó a 2500 rpm durante cinco minutos y se recolectó el sobrenadante para su análisis.

Se cuantificaron los siguientes indicadores:

- **Lipoperoxidación (MDA):** mediante la reacción con ácido tiobarbitúrico (TBA) según el método de Buege y Aust²¹.
- **Glutathión reducido (GSH):** mediante la reacción con DTNB (ácido 5,5'-ditiobis-2-nitrobenzoico) según Ellman²².
- **Superóxido dismutasa (SOD):** mediante inhibición de la autooxidación de la adrenalina²³.
- **Catalasa (CAT):** mediante la descomposición del peróxido de hidrógeno a 240 nm²⁴.

Los resultados se expresaron en unidades por miligramo de proteína, cuantificada mediante el método de Lowry.

Evaluación histológica

Fragmentos del lóbulo hepático mayor derecho se fijaron en formalina al 10 %, se incluyeron en parafina y se realizaron cortes de 5 µm de espesor. Las secciones fueron teñidas con hematoxilina-eosina y observadas bajo microscopio óptico. Se evaluaron cambios morfológicos hepáticos, incluyendo vacuolización citoplasmática, necrosis, congestión y preservación del patrón lobulillar²⁵.

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como media $\pm$ desviación estándar (DE). La normalidad de las variables se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para comparaciones entre grupos se empleó ANOVA de una vía con prueba post hoc de Tukey cuando los datos fueron paramétricos, o Kruskal-Wallis con ajuste de Bonferroni en caso contrario. Se utilizó el software SPSS versión 26.0, estableciéndose un nivel de significancia de $p < 0,05$.

RESULTADOS

Niveles de lipoperoxidación en tejido hepático: La evaluación de los indicadores de estrés oxidativo mostró un incremento significativo de la **lipoperoxidación (MDA)** en el grupo tratado únicamente con etanol respecto al grupo control. En contraste, los grupos tratados con cáscara de mango presentaron una disminución marcada de los niveles de MDA ($p < 0,05$). El efecto fue incluso más evidente en el grupo que recibió 900 mg/kg, lo que sugiere una potente acción antioxidante atribuible a los compuestos fenólicos en la cáscara de *Mangifera indica* H.

Niveles de superóxido dismutasa y catalasa en tejido hepático: Las actividades enzimáticas de superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT) se encontraron significativamente reducidas en el grupo etanol, reflejando un deterioro del sistema antioxidante hepático. Por otro lado, en los grupos suplementados con el polvo de cáscara de mango se observó incrementos significativos en ambas enzimas ($p < 0,05$), lo que indica una restauración de las defensas antioxidantes. Este efecto parece estar asociado a la acción sinérgica de flavonoides y taninos presentes en la cáscara⁹.

Perfil de GSH en tejido hepático: Los niveles de glutatión reducido (GSH) disminuyeron significativamente en el grupo etanol, confirmando la depleción de defensas antioxidantes endógenas. Sin embargo, en los grupos tratados con cáscara de mango, se observó un incremento progresivo de este marcador, más pronunciado con la dosis alta. Este hallazgo concuerda con estudios previos que demuestran que la mangiferina estimula la regeneración del GSH y mejora la expresión de enzimas antioxidantes^{15,26}.

Índice hepático: El índice hepático aumentó significativamente en el grupo tratado con etanol en respecto al control

Tabla 3. Niveles de índice hepático según grupos

Grupos de tratamiento	Índice hepático*
Grupo I	4.55 ± 0.44
Grupo II	5.12 ± 0.44
Grupo III	4.73 ± 0.34
Grupo IV	4.01 ± 0.32 ^(b)
Grupo V	4.40 ± 0.17 ^(a)

* Prueba Shapiro-Wilk $p < 0,05$. Prueba ANOVA. Media ± DE.

(a) $p < 0,05$ comparado con el grupo II.

(b) $p < 0,01$ comparado con el grupo II.

($p < 0,01$), lo que se traduce en inflamación y edema del tejido hepático. La administración del pulverizado de cáscara de mango redujo de forma dosis-dependiente este parámetro, alcanzando valores similares al grupo silimarina en la dosis alta (900 mg/kg).

Tabla 1. Niveles de lipoperoxidación, actividad de superóxido dismutasa y catalasa en homogenizado de tejido según grupos

Grupos de tratamiento	Lipoperoxidación* (nmol/g)	SOD** (U/mg)	CAT** (U/mg)	SOD/CAT**
Grupo I	94,71 ± 22,69 ^(a)	8,37 ± 1,11	0,22 ± 0,03	38,22 ± 1,36
Grupo II	166,35 ± 53,40	8,56 ± 0,44	0,22 ± 0,01	39,66 ± 1,57
Grupo III	54,84 ± 17,58 ^(a)	7,87 ± 0,82	0,22 ± 0,02	36,33 ± 1,10 ^(b)
Grupo IV	64,90 ± 19,75 ^(a)	7,48 ± 0,63 ^(b)	0,21 ± 0,01	35,13 ± 0,99 ^(b)
Grupo V	52,70 ± 9,08 ^(a)	6,87 ± 0,57 ^(b)	0,20 ± 0,02	33,78 ± 0,91 ^(b)

*Prueba Shapiro Wilk $p < 0,05$. Prueba KRUSKALL WALLIS. (Mediana + RIQ). ** Prueba Shapiro Wilk $p > 0,05$. Prueba ANOVA. Media ± DE.

(a) $p < 0,01$ comparado con el grupo II. (b) $p < 0,01$ comparado con el grupo II.

Tabla 2. Niveles de perfil de GSH en homogenizado de tejido hepático según grupos

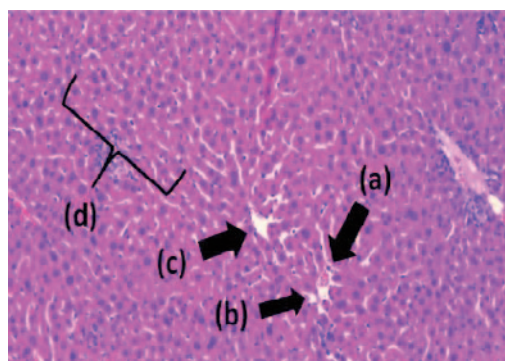
Grupos de tratamiento	GSH**	GSH Total*	GSH/GSSG**
	μmol/g	μmol/g	μmol/g
Grupo I	609,90 ± 221,27	1014,92 ± 240,64	1,27 ± 0,71
Grupo II	420,47 ± 179,14,32	889,81 ± 149,73	0,97 ± 0,17
Grupo III	651,01 ± 138,40	1194,62 ± 249,47 ^(a)	1,31 ± 0,37 ^(b)
Grupo IV	318,32 ± 98,17	815,44 ± 152,56	0,75 ± 0,11
Grupo V	309,13 ± 120,92	679,27 ± 59,67	1,04 ± 0,40

* Prueba Shapiro Wilk $p > 0,05$. Prueba ANOVA. MEDIA ± DE. **Prueba Shapiro Wilk $p < 0,05$. Prueba KRUSKALL WALLIS. (MEDIANA+RIQ).

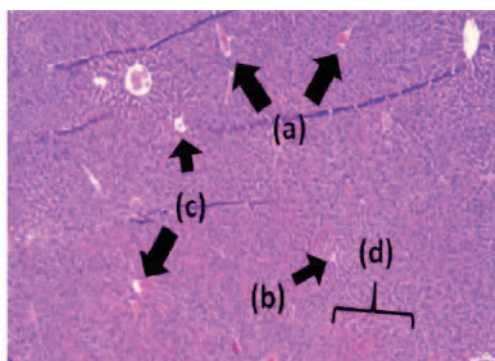
(a) $p < 0,05$ comparado con el grupo II. (b) $p < 0,01$ comparado con el grupo II.

Esta disminución podría explicarse por la reducción del daño oxidativo y de la infiltración inflamatoria, hallazgo consistente con estudios que reportan la capacidad de los extractos de mango para reducir la hepatomegalia inducida por etanol y otros hepatotóxicos^{11,14}.

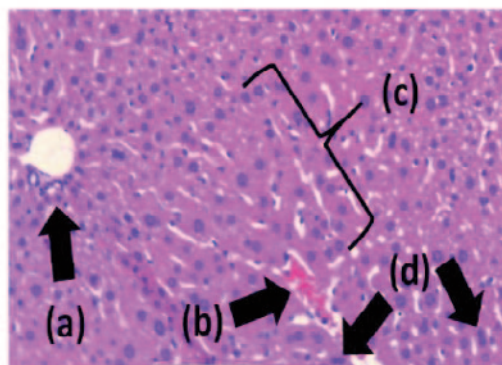
Descripción histológica hepática: El análisis microscópico de las secciones teñidas con hematoxilina-eosina evidenció diferencias morfológicas significativas entre los grupos. El grupo control mostró una arquitectura lobulillar normal, hepatocitos poligonales con núcleos centrales y ausencia de sig-



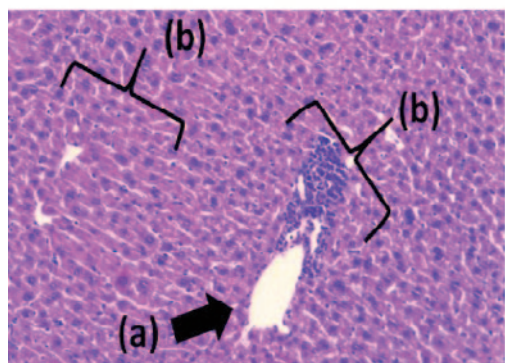
Grupo I: (a) vasos sanguíneos congestivos, (b) conductos biliares conservados, (c) vena centrolobulillar conservada, (d) columnas de hepatocitos conservadas. Hepatitis tóxica leve.



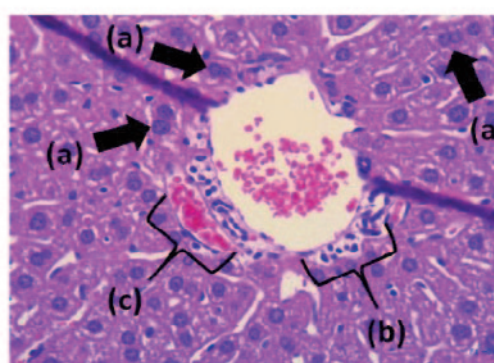
Grupo II: (a) vasos sanguíneos congestivos, (b) conductos biliares colapsados, (c) vena centrolobulillar disminuida, (d) columnas de hepatocitos distorsionadas con zonas erosivas. Hepatitis tóxica severa.



Grupo III: (a) vena centrolobulillar bien conformada, (b) espacio portal congestivo, (c) columna de hepatocitos bien conformada (d) binucleación de hepatocitos. Hepatitis tóxica leve.



Grupo IV: (a) vena centrolobulillar bien conformada, (b) presencia abundante de células de Küpffer. Hepatitis tóxica leve.



Grupo V: (a) binucleación de hepatocitos, (b) células de Küpffer, (c) vena centrolobulillar levemente congestiva. Hepatitis tóxica leve.

Figura 1. Microfotografía del tejido hepático en ratones

nos de degeneración. El grupo tratado únicamente con etanol presentó vacuolización citoplasmática, congestión sinusoidal, necrosis focal y desorganización del cordón hepático, indicativos de daño hepatocelular severo.

Por el contrario, los grupos tratados con el polvo de cáscara de mango exhibieron una notable preservación de la morfología celular, con hepatocitos de citoplasma homogéneo, menor infiltrado inflamatorio y estructuras sinusoidales definidas.

En el grupo Etanol + Mango 900 mg/kg, la organización lobulillar fue casi normal, con mínima degeneración grasa y sin necrosis evidente. Estas observaciones fueron consistentes con la reducción del estrés oxidativo y la restauración de las enzimas antioxidantes descritas anteriormente. Resultados similares han sido reportados en modelos experimentales donde extractos ricos en mangiferina disminuyeron la peroxidación lipídica y el daño tisular^{16,19}.

DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó el efecto del pulverizado de la cáscara de *Mangifera indica* H. sobre la toxicidad hepática inducida por etanol en un modelo murino, evidenciándose una marcada disminución de los marcadores de daño hepático y estrés oxidativo en los grupos tratados. Estos hallazgos confirman la hipótesis de que los compuestos fenólicos y flavonoides presentes en la cáscara de mango ejercen un efecto hepatoprotector dosis-dependiente, comparable al de la silimarina, fármaco de referencia ampliamente reconocido por sus propiedades antioxidantes y estabilizadoras de membranas⁸.

Diversas investigaciones han identificado a la mangiferina como el principal compuesto bioactivo responsable del efecto hepatoprotector del mango. Su estructura xantónica le permite donar electrones y neutralizar especies reactivas de oxígeno (ROS)¹⁸. Asimismo, ha demostrado que modula vías de señalización antioxidante mediante la activación del factor de transcripción Nrf2 y la regulación positiva de enzimas endógenas como SOD, CAT y glutatión peroxidasa^{27,28}. Los resultados obtenidos en este estudio, particularmente el aumento de GSH y la restauración de SOD y CAT, respaldan esta evidencia mecanística.

Por otro lado, la reducción significativa de la lipoperoxidación (MDA) observada en los grupos tratados con el polvo de cáscara de mango coincide con los resultados descritos por *Ghosh et al.*¹⁵, quienes reportaron una disminución del 60% en los niveles de MDA en ratas intoxicadas con etanol tras recibir extracto de mango. Este efecto podría deberse a la interacción sinérgica entre flavonoides, ácidos fenólicos y vitamina C presentes en la cáscara, que actúan interrumpiendo la cadena de oxidación lipídica y regenerando el glutatión reducido^{9,26}.

El aumento del GSH hepático en los grupos tratados constituye otro hallazgo relevante, dado que es uno de los principales mecanismos de defensa frente al estrés oxidativo. El etanol disminuye las reservas hepáticas de GSH al alterar su

síntesis y favorecer su oxidación²⁹. La administración del polvo de cáscara de mango parece revertir este proceso, promoviendo la regeneración del glutatión endógeno y restaurando el equilibrio redox hepático, lo cual ha sido confirmado por estudios recientes que demuestran la capacidad de la mangiferina para inducir la expresión de la enzima γ -glutamylcystine synthetase, limitante en la síntesis de GSH^{19,30}.

La recuperación de la actividad de las enzimas antioxidantes SOD y CAT concuerda con los resultados reportados por *Kim et al.*²⁶ y *Karasawa y Mohan*⁹, quienes demostraron que los extractos de mango incrementan significativamente la actividad de estas enzimas, reduciendo el daño oxidativo hepático. Este efecto se atribuye a la regulación transcripcional positiva mediada por Nrf2 y a la disminución de la expresión de citocinas proinflamatorias como TNF- α e IL-6¹⁸.

El análisis histológico de los tejidos hepáticos confirmó que el tratamiento con el pulverizado de cáscara de mango preservó la arquitectura lobulillar y redujo la vacuolización citoplasmática, la necrosis y la congestión sinusoidal, características del daño inducido por etanol. Este hallazgo refuerza la evidencia de que los antioxidantes naturales pueden limitar la progresión de la esteatosis a necroinflamación y fibrosis^{13,14}. Estudios de *Rajan et al.*¹⁹ y *Li et al.*¹⁶ han descrito resultados similares, demostrando que los extractos fenólicos del mango restauran la estructura histológica hepática en modelos experimentales de hepatotoxicidad.

El pulverizado de cáscara de mango mostró efectos equivalentes a la silimarina, lo que abre la posibilidad de desarrollar nutracéuticos basados en este subproducto agroindustrial con potencial aplicación en la prevención de enfermedades hepáticas asociadas al consumo crónico de alcohol. Es importante señalar que, aunque el modelo experimental utilizado es útil para estudiar los mecanismos de hepatotoxicidad por etanol, la extrapolación a su potencial efecto sobre la población humana debe realizarse con cautela. Futuros estudios deberán centrar sus esfuerzos en explorar las dosis óptimas, la biodisponibilidad de los compuestos activos y su sinergia con otros antioxidantes naturales⁵.

La valorización de la cáscara de mango no solo ofrece un beneficio biomédico, sino también ambiental y económico, pues promueve el aprovechamiento de residuos agroindustriales y contribuye a una economía circular sostenible. De esta manera, el presente estudio aporta evidencia relevante sobre el potencial del *Mangifera indica* h. como fuente natural de antioxidantes con aplicaciones preventivas en la hepatología nutricional.

CONCLUSIONES

El pulverizado de la cáscara de *Mangifera indica* H. (mango) demostró un efecto hepatoprotector significativo frente al daño hepático inducido por etanol en un modelo murino. Este efecto se evidenció por la disminución de los niveles séricos de ALT y AST, la reducción de la lipoperoxidación (MDA) y el incremento

de los principales antioxidantes endógenos (GSH, SOD y CAT), además de la preservación histológica del tejido hepático.

En conjunto, los hallazgos de esta investigación respaldan el potencial de la cáscara de mango como fuente natural de compuestos bioactivos con aplicaciones nutraceuticas en la prevención del daño hepático inducido por alcohol u otros xenobióticos. Sin embargo, se recomienda realizar estudios adicionales que evalúen su biodisponibilidad, dosis óptima y posibles efectos a largo plazo en modelos clínicos humanos.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por las facilidades brindadas y el apoyo institucional para la realización de esta investigación en sus laboratorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asrani SK, Devarbhavi H, Eaton J, Kamath PS. Burden of liver diseases in the world. *J Hepatol*. 2019;70(1):151–71. DOI: 10.1016/j.jhep.2018.09.014
- Bustíos C. Mortalidad por enfermedades hepáticas crónicas en el Perú. *Rev Gastroenterol Perú*. 2020;40(1):35–42. DOI: 10.47898/rgp.v40i1.340
- Lucey MR, Mathurin P, Morgan TR. Alcoholic hepatitis. *N Engl J Med*. 2009;360(26):2758–69. DOI: 10.1056/NEJMra0805786
- Albano E. Alcohol, oxidative stress and free radical damage. *Proc Nutr Soc*. 2006;65(3):278–90. DOI: 10.1079/PNS2006496
- Cederbaum AI. CYP2E1—biochemical and toxicological aspects and role in alcohol - induced liver injury. *Mol Aspects Med*. 2022;89:101094. DOI: 10.1016/j.mam.2022.101094
- Gao B, Bataller R. Alcoholic liver disease: pathogenesis and new therapeutic targets. *Gastroenterology*. 2011;141(5):1572–85. DOI: 10.1053/j.gastro.2011.09.002
- Bansal S, et al. Protective effect of antioxidants against ethanol-induced hepatotoxicity. *Toxicol Rep*. 2021;8:112–21. DOI: 10.1016/j.toxrep.2021.03.003
- Salomone F, et al. Natural compounds for the treatment of liver diseases: evidence from experimental and clinical studies. *Nutrients*. 2020;12(1):28. DOI: 10.3390/nu12010028
- Karasawa K, Mohan VR. Phenolic composition and hepatoprotective potential of tropical fruits. *Food Chem*. 2022;393:133427. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.133427
- He J, Giusti MM. Anthocyanins: natural colorants with health-promoting properties. *Annu Rev Food Sci Technol*. 2020;11:83–104. DOI: 10.1146/annurev-food-032519-051835
- Ajila CM, Naidu KA, Bhat SG, Prasada Rao UJS. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chem*. 2010;121(4):984–91. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.03.047
- Masibo M, He Q. Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2008;7(4):309–19. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2008.00047.x
- Berardini N, et al. Identification of flavonol and xanthone glycosides from mango peels. *J Agric Food Chem*. 2003;51(17):5006–10. DOI: 10.1021/jf034177b
- Rajan S, et al. Protective role of *Mangifera indica* peel extract on ethanol-induced liver damage in rats. *J Food Biochem*. 2018;42(5):e12572. DOI: 10.1111/jfbc.12572
- Ghosh A, et al. Mango peel polyphenols: potent natural antioxidants and hepatoprotective agents. *Nutr Res Pract*. 2019;13(3):242–51. DOI: 10.4162/nrp.2019.13.3.242
- Nurul SR, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of mango peel extract. *Food Chem*. 2020;303:125385. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125385
- Singh V, et al. Mango peel extract ameliorates ethanol-induced oxidative stress in rat liver. *Phytomedicine*. 2021;80:153375. DOI: 10.1016/j.phymed.2020.153375
- Rivera D, et al. Mangiferin and oxidative stress modulation: current evidence. *Front Nutr*. 2023;10:1120659. DOI: 10.3389/fnut.2023.1120659
- Li J, et al. Bioactive compounds from *Mangifera indica* L. peel: potential therapeutic applications. *Food Chem X*. 2024;16:100678. DOI: 10.1016/j.fochx.2023.100678
- Harborne JB. *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. 3rd ed. Springer; 1998. DOI: 10.1007/978-94-017-0048-2
- Buege JA, Aust SD. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol*. 1978;52:302–10. DOI: 10.1016/S0076-6879(78)52032-6
- Ellman GL. Tissue sulfhydryl groups. *Arch Biochem Biophys*. 1959;82(1):70–7. DOI: 10.1016/0003-9861(59)90090-6
- Misra HP, Fridovich I. The role of superoxide anion in the autooxidation of epinephrine and a simple assay for SOD. *J Biol Chem*. 1972;247(10):3170–5. DOI: 10.1016/s0021-9258(19)45228-9
- Aebi H. Catalase in vitro. *Methods Enzymol*. 1984;105:121–6. DOI: 10.1016/S0076-6879(84)05016-3
- Bancroft JD, Gamble M. *Theory and Practice of Histological Techniques*. 8th ed. Elsevier; 2019. DOI: 10.1016/C2016-0-03820-2
- Kim H, et al. Antioxidant and anti-inflammatory activities of mango peel extracts. *Food Chem*. 2020;121(2):429–36. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.06.028
- Chen J, et al. Mangiferin activates Nrf2/ARE pathway and alleviates ethanol-induced hepatic oxidative stress. *Food Funct*. 2022;13(7):3675–84. DOI: 10.1039/D2FO00072J
- Wang L, et al. The role of Nrf2 signaling in antioxidant defense and hepatoprotection. *Redox Biol*. 2021;47:102159. DOI: 10.1016/j.redox.2021.102159
- Wu D, Cederbaum AI. Alcohol, oxidative stress, and free radical damage. *Alcohol Res Health*. 2003;27(4):277–84. DOI: 10.1097/00008492-200310000-00005
- Xie J, et al. Mangiferin enhances antioxidant defense by promoting glutathione synthesis. *Biomed Pharmacother*. 2021;142:111981. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.111981

Efecto del zumo del fruto del *Corryocactus brevistylus*, en ratas con intoxicación por paracetamol

Effect of *Corryocactus brevistylus* fruit juice on rats with paracetamol poisoning

Oscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ¹, María Mercedes SOBERÓN LOZANO¹, José Manuel HUAMÁN GUTIÉRREZ²

¹ Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

² Departamento de Estadística - Facultad de Ciencias Matemática - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 2/septiembre/2025. Aceptado: 28/noviembre/2025.

RESUMEN

Introducción: las enfermedades hepáticas presentan evolución silenciosa, pero alteran el metabolismo de los nutrientes, causando el desmedro del estado nutricional. El sanky es un fruto altoandino de la región peruana que poseen sustancias bioactivas como polifenoles (flavonoides), vitaminas, carotenoides y otros compuestos.

Objetivo: Evaluar efecto del zumo del fruto *Corryocactus brevistylus* (sanky) sobre el tejido hepático de ratas intoxicada por paracetamol.

Materiales y método: de diseño de tipo experimental. se empleó el zumo fruto de sanky y 48 *Rattus norvegicus*, variedad Holtzman (240-270 g) distribuidas aleatoriamente en seis grupos (n=8). Los tratamientos se administraron por vía peroral durante 10 días: grupos I y II NaCl 0,9%, grupo III silymarina 100 mg/kg, grupos IV, V y VI zumo 1; 5 y 10 mL/kg, respectivamente. Desde el sexto se administró paracetamol (400mg/kg) a los grupos II-VI. Tras el tratamiento, se obtuvieron muestras sanguíneas y hepáticas para el análisis bioquímico (AST, ALT, GGT, FA, bilirrubina total y directa, proteínas totales, albúmina y lipoperoxidación) e histológico. Los resultados se analizaron mediante ANOVA de una vía con prueba post hoc de Tukey ($p<0,05$).

Resultados: La administración del zumo a diferentes dosis expresó una menor actividad de la AST, ALT, GGT, bilirru-

bina directa y total, una mayor concentración de proteínas total y albumina sérica, mostrando diferencia significativa con el grupo II, sin embargo, mostró un incremento de la actividad de la fosfatasa alcalina y de lipoperoxidación (hígado y suero). El índice hepático fue menor, y a nivel histológico presentó mejor conservación de las estructuras.

Conclusión: El zumo del fruto del sanky presenta efecto hepatoprotector en ratas con intoxicación hepática por paracetamol, expresado en los indicadores bioquímicos en el tejido hepático y sérico.

PALABRAS CLAVES

Estrés oxidativo. Toxicidad hepática. Enzimas hepáticas. Perfil hepático.

ABSTRACT

Introduction: Liver diseases progress silently but disrupt nutrient metabolism, leading to a decline in nutritional status. Sanky is a high-Andean fruit from the Peruvian region that contains bioactive substances such as polyphenols (flavonoids), vitamins, carotenoids, and other compounds.

Objective: To evaluate the effect of *Corryocactus brevistylus* (sanky) fruit juice on the liver tissue of rats intoxicated by paracetamol.

Materials and methods: An experimental design was used. Sanky fruit juice was used, and 48 *Rattus norvegicus* Holtzman rats (240-270 g) were randomly assigned to six groups (n=8). Treatments were administered orally for 10 days: groups I and II received 0.9% NaCl, group III received 100 mg/kg of silymarin, and groups IV, V, and VI received 1, 5, and 10 mL/kg of

Correspondencia:
Oscar Gustavo Huamán Gutiérrez
ohuamang@unmsm.edu.pe

juice, respectively. From the sixth day onward, paracetamol (400 mg/kg) was administered to groups II-VI. After treatment, blood and liver samples were obtained for biochemical (AST, ALT, GGT, ALP, total and direct bilirubin, total protein, albumin, and lipid peroxidation) and histological analysis. The results were analyzed using one-way ANOVA with Tukey's post-hoc test ($p < 0.05$).

Results: Administration of the juice at different doses resulted in lower AST, ALT, GGT, and direct and total bilirubin activity, and higher concentrations of total protein and serum albumin, showing a significant difference compared to group II. However, it showed an increase in alkaline phosphatase activity and lipid peroxidation (liver and serum). The liver index was lower, and histologically, there was better preservation of structures.

Conclusion: Sanky fruit juice exhibits a hepatoprotective effect in rats with paracetamol-induced liver toxicity, as evidenced by biochemical markers in liver tissue and serum.

KEYWORDS

Oxidative stress. Liver toxicity. Liver enzymes. Liver profile.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial una de las principales causas de morbimortalidad son las enfermedades crónicas degenerativas (ECD) relacionadas al hígado¹. La prevalencia de la enfermedad del hígado graso no alcohólico varía entre 2% a 44% en la población general europea (incluyendo niños obesos) y 42,6 a 69,5% en las personas con diabetes tipo 2^{1,2}.

Diversos estudios epidemiológicos han mostrado que el estrés oxidativo, es un proceso de desequilibrio entre la generación en exceso, de radicales libres (prooxidantes) y los sistemas de defensa antioxidante celular, los cuales podrían relacionarse con el origen o desarrollo de algunas enfermedades multifactoriales de carácter crónico³. Estas enfermedades crónicas se desarrollan, por lo general, de forma asintomática prolongada, lo cual pasa desapercibido y no son diagnosticado, ni tampoco son tratados de forma oportuna, lo cual conlleva al desarrollo de complicaciones. Las causas más comunes en todo el mundo son la enfermedad hepática relacionada con el alcohol, enfermedad hepática esteatósica asociada a disfunción metabólica, la combinación de estas última y hepatitis viral crónica B y C⁴.

Existen pocos estudios sobre las propiedades funcionales del *Corryocactus brevistylus* (Sanky); Matos en el 2010⁵ reportó la presencia de compuestos fenólicos y su relación con la capacidad antioxidante *in vitro*, del extracto etanólico, y Palomino en el 2011 cuantificó su contenido de vitamina C^{6,7}. El *Corryocactus brevistylus* (sanky) tiene utilidad terapéutica tradicional muy variada; al jugo (zumo) del fruto, en altas concentraciones, se le atribuyen propiedades laxantes, tenso re-

gulador, también se emplea en la prevención de la gastritis y enfermedades hepáticas. Los pobladores utilizan la cáscara de la fruta para el lavado del cuero cabelludo, promoviendo el fortalecimiento de las raíces del cabello y el crecimiento capilar⁸.

MATERIALES Y MÉTODO

El presente estudio de enfoque explicativo, de **diseño experimental puro**, con posprueba y grupo control.

El fruto del *Corryocactus brevistylus* (sanky) fue recolectado en la región de Ayacucho provincia de Huamanga, el cual fue transportado a la ciudad de Lima en cajas de madera, en donde fue seleccionada según su grado de madurez óptimo para su especie. La fruta fue lavada con agua potable y desinfectada (NaClO 1%), luego secada a temperatura ambiente. El zumo de la pulpa de fruta de *Corryocactus brevistylus* (sanky), fue obtenida mediante un extractor, a tempranas horas del día.

Para la **evaluación de la hepatotoxicidad** se consideró las evidencias encontradas por Gibson⁹ y el modelo utilizado por Santa Cruz, 2021⁽¹¹⁾, en donde se indujo a la toxicidad hepática, se determinó emplear la dosis de paracetamol de 400 mg/kg. Se consideró no sobrepasar el volumen de la capacidad gástrica promedio (8-10 mL) de esta especie adulta.

Para el ensayo se empleó 48 ratas (*Rattus norvegicus*, *variedad Holtzman*) albinas machos de tres meses de edad cuyo peso promedio fue de $263 \pm 28,4$ g, los cuales fueron adquiridos del Centro de Producción de la Universidad Nacional Agraria La Molina, y tuvieron un periodo de acondicionamiento de siete días en el bioterio de la Facultad de Medicina, con temperatura controlada promedio de 20°C, con ciclos alternados de 12 horas de luz y de oscuridad y recibiendo alimentación balanceada propia de la especie, adquirida del Centro de producción de la Universidad Agraria la Molina, y agua *ad libitum* de una marca comercial (Cielo®).

Terminado el tiempo de acondicionamiento se les administró, vía orogástrica por medio de una cánula rígida de acero inoxidable, por diez días, los siguientes tratamientos: grupo I se les administró solución de NaCl 0,9% a 10 mL/kg. El grupo II recibió solución de NaCl 0,9% a 10 mL/kg. El grupo III se administró Silimarina 100 mg/kg. El grupo IV recibió zumo 1 mL/kg. El grupo V recibió zumo 5 mL/kg. Y el grupo VI recibió Zumo 10 mL/kg.

Desde el sexto día al décimo día se administró de paracetamol (400 mg/kg) por vía orogástrica a los grupos II-IV. Terminado el tratamiento los animales fueron sometidas a 12 horas de ayuno, luego fueron anestesiadas con vapores de éter dietílico, la sangre fue extraída por punción cardíaca y protegido de la luz para luego obtener el suero por centrifugación a 4 000 rpm (2150 RCF). Los indicadores bioquímicos fueron realizados por duplicados, y empleando un espectrofotómetro (GENESIS 10s Uv y Vis).

En suero se determinó el nivel de lipoperoxidación (Método de Buege y Aust.¹⁰, actividad de la alanina aminotransferasa (ALT) y aspartato aminotransferasa (AST) Método de Raitman S y Frankel, actividad de la fosfatasa alcalina (FA) método de Tietz N., actividad de la γ -glutamilttransferasa (GGT) Método S. Szasz G., concentración bilirrubina (total, indirecta y directa) Método de Jendrassik-Grof, concentración albúmina (según el método de Bromo Cresol) y proteínas totales (método de Biuret).

Luego fueron sacrificados y se realizó laparotomía para la extracción del hígado el cual fue lavado y pesado en balanza analítica. Del lóbulo mayor se extrajo tres porciones, uno fue conservado en formol al 10% en NaCl 0,9%, el cual fue procesado en el Instituto de Patología de la Facultad de Medicina para el estudio histológico, y las otras dos porciones para la preparación de homogenizado.

Para la determinación de GSH en tejido hepático se preparó un homogenizado con EDTA 0,4 mol/L a 4°C en una proporción de 1/10, empleado el método de Sadlak y Lindsay 1968¹².

La lipoperoxidación fue también determinada en homogenizado de tejido hepático el cual se preparó con buffer fosfato pH 7,4 a 0,01 mol/L, en una proporción de 1/10, empleando el método de Buege y Aust.¹⁰.

Para el **análisis estadístico** de los datos se empleó el paquete estadístico SPSS 17 y se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para ver la normalidad de los datos. Los indicadores que presentaron distribución simétrica se le aplicó el estadístico de ANOVA, posteriormente la homocedasticidad (prueba de Levene). Luego se aplicó el estadístico de Tukey, y para los indicadores con distribución asimétrica se aplicó el estadístico de Kruskal-Wallis, empleando un nivel de significancia $p < 0,05$.

Respecto a las **consideraciones éticas**, las técnicas empleadas consideraron dar el menor dolor posible a los animales (ratas) tanto en la aplicación de los medicamentos como en el método utilizado para su sacrificio previo a la extracción de sangre para los análisis bioquímicos, y a la extracción del hígado para estudio posterior, para ellos se tomó en cuenta el principio de las tres R (reducir, reemplazar y refinar) descrito por Pardo 2005. Y también se consideró Ley de protección y Bienestar Animal (Perú, Ley N° 30407). El estudio forma parte del proyecto de doctorado, y evaluado por el comité de Financiamiento de trabajos de investigación del Vicerrectorado de Investigación y posgrado de la UNMSM.

RESULTADOS

El grupo intoxicado con paracetamol (grupo II) mostró incremento significativo de AST, ALT, GGT, FA, bilirrubina total y directa, así como aumento de lipoperoxidación sérica y hepática, acompañado de disminución de GSH, albúmina y proteínas totales.

Los grupos tratados con zumo de sanky (IV-VI) mostraron un menor nivel de las actividades GGT, ALT y AST; también un mayor nivel de GSH, índice hepático, albumina y proteína total, esto fue acompañado con un mayor nivel de bilirrubina directa y total, pero sin embargo el % de bilirrubina directa fue menor. También cabe resaltar que en este grupo se observó una mayor actividad FA, lipoperoxidación en suero e hígado.

A nivel histológico se observó que el **grupo I** presentó un aspecto normal, algunos núcleos picnóticos, con buena proporción entre núcleo y citosol. Las columnas de hepatocitos conservados y las vías biliares, vena y arteria con aspecto normal. Los hepatocitos se muestran bien delimitados (microfotografía N° 1). Tejido hepático sin alteraciones histopatológicas significativas.

Tabla 1. Niveles de actividades de la Gamma glutamil transferasa y fosfatasa alcalina por grupo de tratamiento

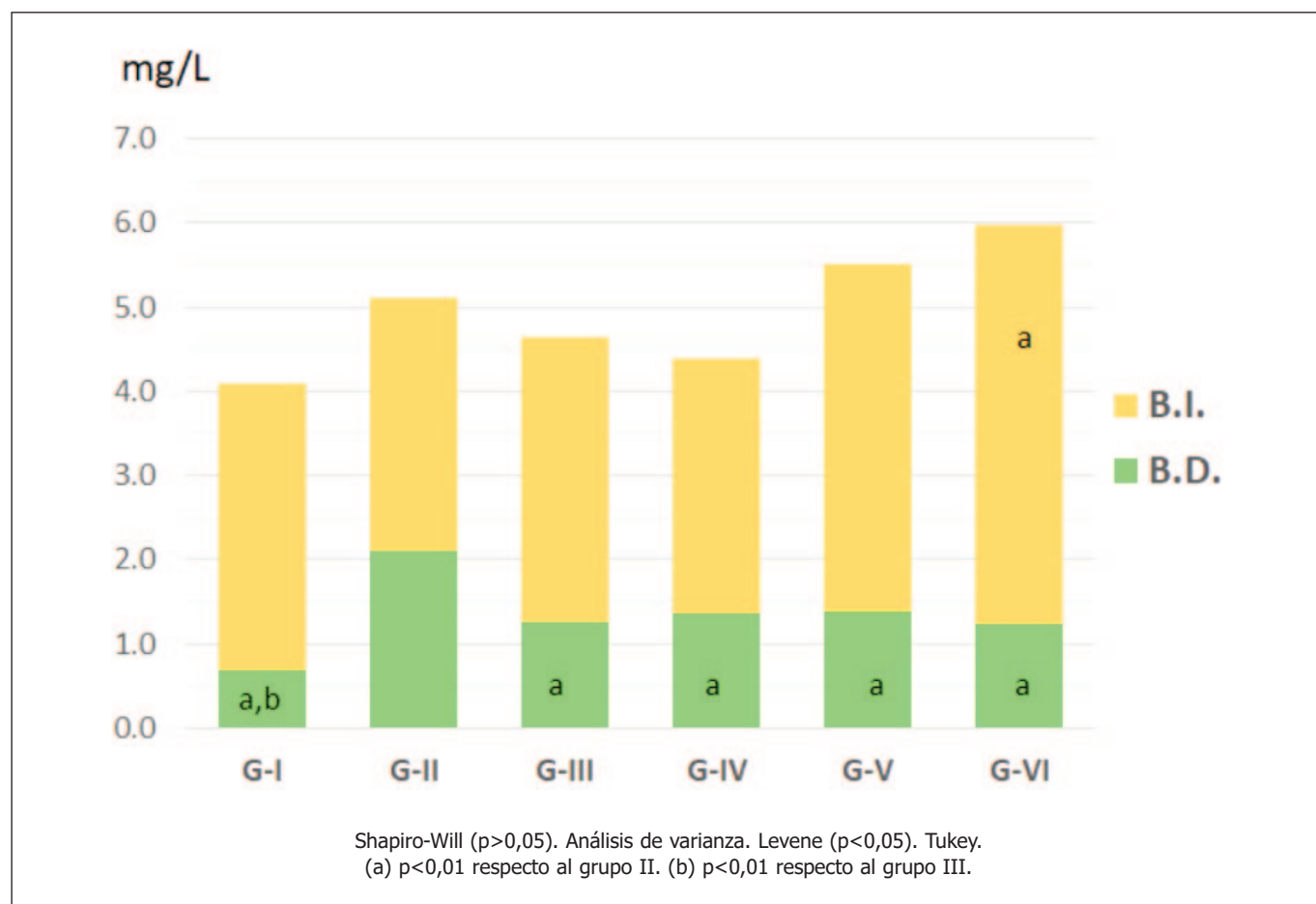
Grupos	γ -glutamilt transferasa* (U/L)	Fosfatasa alcalina** (U/L)	ALT* (U/L)	AST* (U/L)	AST/ALT* MEDIANA (RIC)
	MEDIANA (RIC)	MEDIA $\pm$ DE	MEDIANA (RIC)	MEDIANA (RIC)	
Grupo I	3,1 (0,9)^a	417,4 $\pm$ 49,4[†]	10,7 (0,8)^{ad}	9,9 (0,6)^a	0,9 (0,1)^b
Grupo II	4,7 (1,0)	560,1 $\pm$ 44,8	55,7 (3,4)	36,9 (2,6)	0,7 (0,1)
Grupo III	2,6 (0,6) ^a	378,9 $\pm$ 62,2 [‡]	15,6 (1,4) ^a	12,4 (1,3) ^a	0,8 (0,1)
Grupo IV	2,9 (1,3) ^{ac}	670,5 $\pm$ 54,6 [⊥]	22,2 (2,0) ^{ac}	15,5 (1,7) ^{ad}	0,7 (0,1)
Grupo V	3,2 (0,6) ^{ac}	632,3 $\pm$ 97,0 [⊥]	19,0 (4,2) ^a	18,4 (2,2) ^{ac}	1,0 (0,3) ^a
Grupo VI	2,9 (0,8) ^{ad}	665,3 $\pm$ 110,9 [⊥]	25,7 (4,3) ^{ac}	16,5 (3,5) ^{ac}	0,7 (0,1)

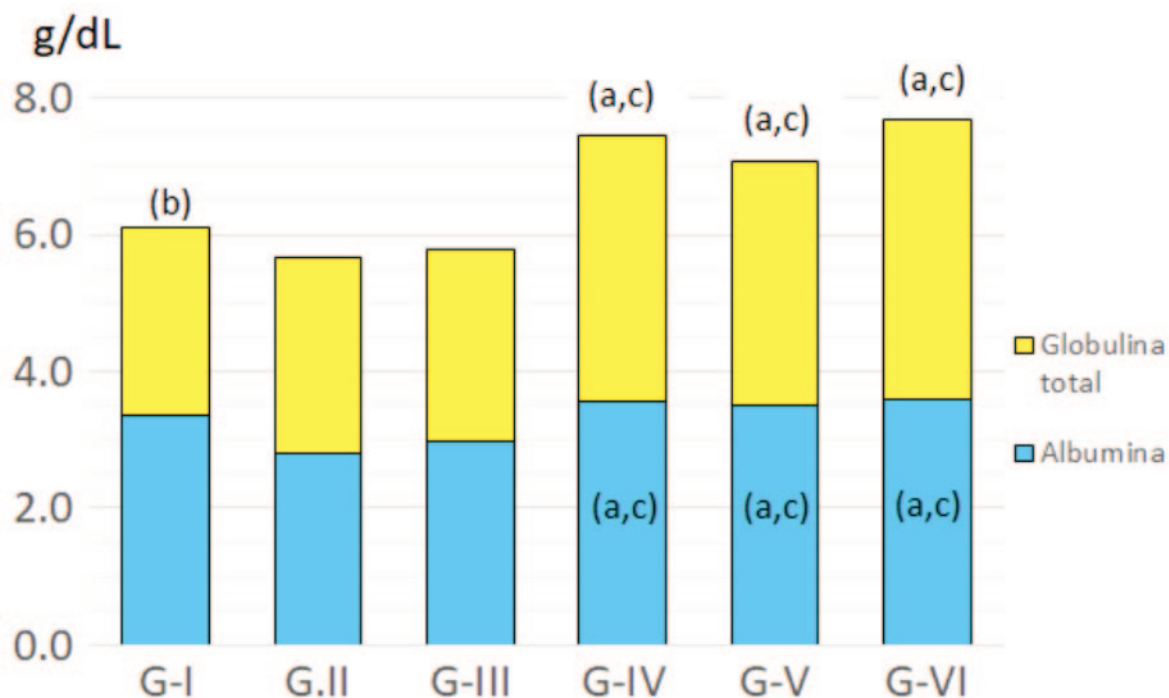
* Shapiro-Wilk ($p < 0,05$). Kruskal Wallis. U. Mann-Whitney. (a) $p < 0,01$ respecto al grupo II. (b) $p < 0,05$ respecto al grupo II. (c) $p < 0,01$ respecto al grupo III. (d) $p < 0,05$ respecto al grupo III. ** Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Análisis de varianza. Levene ($p < 0,05$). Tukey. † $p < 0,05$ respecto al grupo II. ‡ $p < 0,01$ respecto al grupo II. ⊥ $p < 0,01$ respecto al grupo III. (RIC) Rango intercuartílico. DE: Desviación estándar.

Tabla 2. Niveles de glutatión reducido (GSH), lipoperoxidación e índice hepático por grupo de tratamiento

Grupos	Tejido hepático			Suero	
	Índice hepático* %	GSH* mg/g	Lipoperoxidación* nmol/g	Lipoperoxidación* nmol/mL	% de bilirrubina directa**
	MEDIANA (RIC)	MEDIANA (RIC)	MEDIANA (RIC)	MEDIANA (RIC)	MEDIA ± DE
Grupo I	3,3 (0,3)	5,0 (0,8) ^a	15,1 (1,2) ^a	3,1 (0,5) ^a	16,6 ±4,8 [†]
Grupo II	3,7 (0,3)	1,7 (0,3)	32,7 (2,6)	6,2 (1,1)	45,2 ±3,4
Grupo III	3,1 (0,2) ^b	8,9 (1,0) ^a	15,2 (1,8) ^a	2,6 (0,3) ^a	26,8 ±3,4 [†]
Grupo IV	3,2 (0,1) ^b	5,0 (2,1) ^a	47,2 (3,4) ^{ab}	6,7 (1,3) ^c	32,0 ±7,1 [†]
Grupo V	3,3 (0,3)	5,9 (0,9) ^a	43,7 (3,7) ^{ab}	7,0 (1,3) ^c	30,6 ±6,5 [†]
Grupo VI	3,1 (0,1) ^a	6,8 (1,1) ^a	48,7 (3,9) ^{ac}	5,5 (1,3) ^c	25,7 ±8,1 [†]

* Shapiro-Will ($p < 0,05$). Kruskal Wallis. U. Mann-Whitney. (a) $p < 0,01$ respecto al grupo II. (b) $p < 0,05$ respecto al grupo II. (c) $p < 0,01$ respecto al grupo III. ** Shapiro-Will ($p > 0,05$). Análisis de varianza. Levene ($p < 0,05$). Tukey. [†] $p < 0,01$ respecto al grupo II. [‡] $p < 0,01$ respecto al grupo III. (RIC) Rango intercuartílico. DE: Desviación estándar.

**Figura 1.** Niveles séricos de bilirrubina total y directa por grupo de tratamiento



Shapiro-Will ($p < 0,05$). Kruskal Wallis. U. Mann-Whitney.

(a) $p < 0,01$ respecto al grupo II. (b) $p < 0,05$ respecto al grupo II. (c) $p < 0,01$ respecto al grupo III. (d) $p < 0,05$ respecto al grupo III.

Figura 2. Concentraciones séricas de albúmina y proteínas totales

En el **grupo II** Todas las muestras presentaron en promedio 20 células de Kupffer, el 20% de las células fueron picnóticas. También hubo un aumento de macrófagos de 50 x campo, la tercera parte de la muestra presentó desorden periespacial, con fusión de las columnas de hepatocitos, presencia de edema, insipiente reacción fibrótica y algunos linfocitos. Congestión de los conductos biliares, mientras que las venas y arterias presentaron aspectos normales (microfotografía N° 2). Necrosis hepática leve, hepatitis crónica activa incipiente y fibrosis hepática leve.

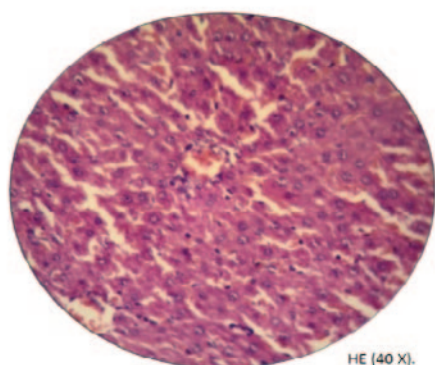
El **grupo III**: en este grupo se observó estructuras con orden en las columnas de hepatocitos. Presencia normal de espacio de Kiev. Las células de Kupffer fueron de 60 a 100/campo. Las apariencias de los hepatocitos fueron normales, la proporción de núcleo y citosol fueron normales. Algunas láminas presentaron un discreto desorden de células hepáticas e infiltración linfocitaria 10 x campo (microfotografía N° 3). Hepatitis crónica activa leve y fibrosis hepática leve.

El **grupo IV**: Presentó alteración leve de la estructura de las columnas de hepatocitos. Las células de Kupffer fueron mayores de 50 x campo, solo en una lámina fue de 20. Las venas presentaron vasocongestión y edema moderado en los conductos biliares. Los hepatocitos presentaron vacuolación y

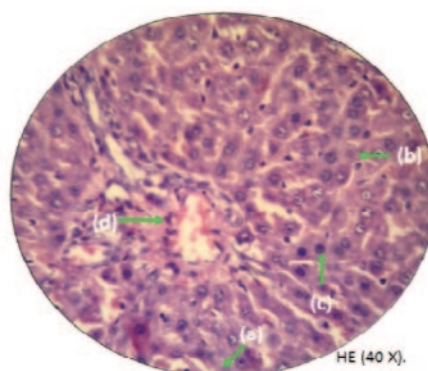
otros microvacuolación. También se presentaron hepatocitos fusionados y otros desligados. El 3% presentaron apoptosis. Los núcleos presentaron más del 20 al 30% de cariorrexis. La mitad de la muestra presentó discreta cantidad de macrófago (10 x campo) (microfotografía N° 4). Necrosis hepática moderada, con presencia de esteatosis macro y microvesicular, hepatitis crónica activa incipiente y fibrosis hepática leve.

El **grupo V**: las muestras presentaron alteración leve en la estructura de las columnas de los hepatocitos. Las células de Kupffer fueron de 10 al 20, solo en una muestra fue de 150. Una muestra presentó vena con congestión, la mitad de las muestras presentaron edema de los conductos biliares. Desorganización de los hepatocitos con células gigantes. En algunas muestras presentaron hipertrofia y apoptosis, edema. Escasas células con cariorrexis. (microfotografía N° 5). Necrosis hepática incipiente y reacción granulomatosa hepática.

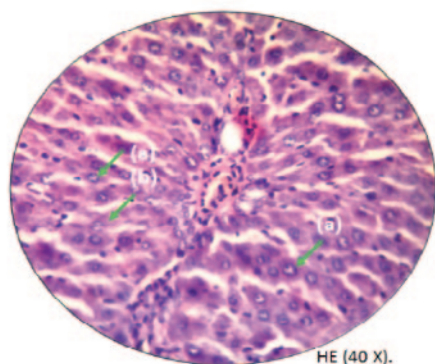
El **grupo VI**: la mitad de las muestras presentaron la leve alteración de las columnas de los hepatocitos. En el espacio de Kiev se observó más de 60 células de Kupffer, una muestra presentó solo 10 células de Kupffer. En una muestra hubo desaparición de canalículos por edema de hepatocitos, con infiltración de células de Kupffer. Se observa núcleos picnóticos en un 20%. En una muestra se observó un 40% de cariorre-



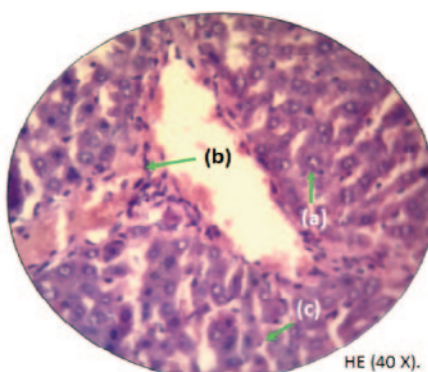
Microfotografía N° 1: Grupo I: Conservación de columna de hepatocito. Los conductos biliares, vena y arteria conservada. Algunos núcleos picnoticos. Buena proporción N/C.



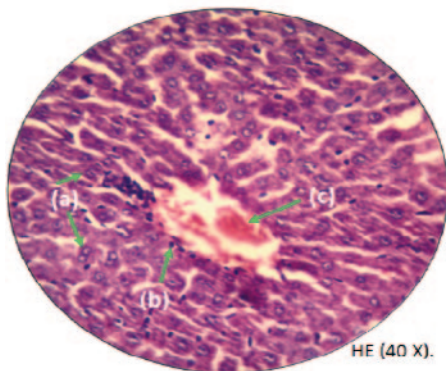
Microfotografía N° 2: Grupo II: (a) necrosis. (b) núcleo picnotico. (c) homogenización de la cromatina. (d) células de Kupffer. Congestión de conductos biliares y edema.



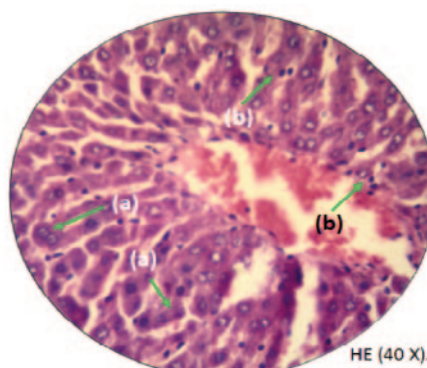
Microfotografía N° 3: Grupo III: (a) hepatocito binucleado. (b) hepatocito normal. Conservación de columna de hepatocito.



Microfotografía N° 4: Grupo IV: (a) hepatocito binucleado. (b) células Kupffer. (c) hepatocito buena proporción N/C. Leve alteración de las columnas de hepatocitos. Cariorrexis (30%).



Microfotografía N° 5: Grupo V: (a) hepatocito binucleado. (b) células de Kupffer 10 – 20. (c) vaso congestión. Leve alteración de columna de hepatocitos. Escasas células con cariorexis.



Microfotografía N° 6: Grupo VI: (a) hepatocito binucleado. (b) células Kupffer. Leve alteración de las columnas de hepatocitos.

Figura 3. Microfotografías representativas del tejido hepático de ratas de los diferentes grupos experimentales

xis. También se observa un aumento de macrófago y cierta reacción granulomatosa (microfotografía N° 6). Necrosis hepática incipiente y reacción granulomatosa hepática.

DISCUSIÓN

El empleo de plantas medicinales es una práctica que el hombre ha utilizado desde tiempo ancestral, sin embargo, con el transcurrir de los años y en nuestra situación particular al no tener un apoyo en un lenguaje gráfico (escritura), este conocimiento ha ido perdiendo con el transcurrir de los tiempos.

Cuando existe una sobredosis de paracetamol, el exceso de NAPQI no puede ser eliminado por conjugación, por lo tanto, reacciona con la bicapa lipídica del hepatocito y/o proteínas, aromatizándola e induciendo al cuadro de la lipoperoxidación, causando necrosis centrolobulillar¹³⁻¹⁶, produciendo liberación del contenido a la circulación general, lo cual explicaría el incremento de lipoperoxidación (incremento de malonaldehído) tanto en tejido como en suero. El cuadro de intoxicación hepática causa un incremento de la concentración de bilirrubina directa y total; también, se incrementa los niveles séricos de las transaminasas, en especial el ALT¹⁶⁻¹⁸, los niveles séricos de ALT provienen principalmente de la región tres del acino hepático, el cual está relacionada a una necrosis, esto guarda relación con un menor nivel del GSH, que disminuye por el incremento de NAPQI. Estos eventos se relacionan con los niveles de lipoperoxidación, GSH y las actividades séricas de las transaminasas, en especial con el incremento de ALT y la relación AST/ALT, encontrada en el grupo II.

El sanky es una fruta que crece en los andes peruanos, y su consumo se da en regiones al interior. En un estudio se cuantificó los compuestos fenólicos en varias muestras de sanky procedente de la Región de Ayacucho⁵, mientras que en otro trabajo se reportó la presencia de vitamina C de dos ecotipos, uno procedente de la región de Moquegua (ecotipo pequeño) y otro procedente del Centro Comercial MINKA (Lima) (ecotipo grande), sin lugar fijo de procedencia¹⁹. Mientras que Nolasco, 2009, también reporta la presencia de vitamina C, antocianinas y mucilagos, sin embargo, reporta ausencia de alcaloides, taninos y flavonoides²⁰.

Dentro de los compuestos polifenólicos, las chalconas presentan propiedades antioxidantes, antitumorales, entre otras²¹⁻²², en un estudio se demostró que la administración de trans-chalcone redujo el efecto tóxico del paracetamol (dosis única de 2 g/kg), este efecto se expresó en una menor actividad del ALT, AST, FA y una menor concentración sérica de bilirrubina directa y total. También han reportado una menor lipoperoxidación y mayor nivel de GSH, en tejido hepático, a dosis de 20 mg/kg, siendo incluso más eficaz que la silimarina, en su capacidad antifibrótico e antiinflamatorio, reflejado por el factor de crecimiento transfor-

mante beta (TGF- β 1) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), respectivamente²³. Esto podría explicar la ausencia de la reacción fibrótica en los grupos que recibieron el sanky, en comparación al grupo II y otros aspectos bioquímicos también encontrados a nivel sérico y en tejido hepático. Otra familia de compuesto identificado por Huamán 2019⁶ son los flavonoides catequicos, estos presentan varias propiedades, entre ellos el antitrombótico, hipocolesterolémico, antiinflamatorio y antioxidante²⁴.

Por el contenido de vitamina C el sanky puede ser considerada una fuente de este nutriente^{19,20,25}, dicho metabolito ha sido evaluado como hepatoprotector frente a la etionina, sustancia que induce a un cuadro de hígado graso, demostrado disminuir los triglicéridos (grasa) y los niveles de lipoperoxidación en el tejido hepático. Han demostrado que a nivel histológico la vitamina C también favoreció la conservación de los parámetros normales del tejido hepático²⁶. Siendo la vitamina un antioxidante hidrosoluble, estaría neutralizando los radicales libres que se generarían durante el metabolismo del paracetamol, lo cual guarda relación con un menor nivel de lipoperoxidación encontrados con los grupos tratados con sanky.

En un estudio se evaluó el efecto protector de la vitamina C en ratas que presentaron deficiencia en la actividad del aldehído reductasa, enzima indispensable para la formación del ácido ascórbico, y se observó que causó la muerte prematura, tres días, frente a una dosis 300 mg/kg de paracetamol, mostrando niveles de ALT excesivamente alto, niveles de GSH muy bajos en tejido hepático y una gran área dañada a nivel histológico. Sin embargo, la suplementación con vitamina C en agua (1,5 mg/mL) mostraron valores normales en el ALT, el cual guardó relación con la conservación a nivel histológico. En este mismo estudio se evaluó el efecto protector de la vitamina en una especie dependiente de este nutriente, cobayo, y se observó que la administración previa causó protección frente al paracetamol. En cultivos de hepatocitos deficiente del aldehído reductasa con vitamina C (300 mmol/L) más N-acetil cisteína y frente al paracetamol (10-15 mmol/L) permitió la viabilidad del cultivo²⁷.

Una de las limitaciones del estudio es la escasa información de los compuestos bioactivos (fitonutrientes) presente en el sanky.

CONCLUSIÓN

La administración del zumo de sanky disminuyó los niveles de la ATL, AST, γ -glutamyl transferasa, bilirrubina directa y albumina, aumentando los niveles de GSH. Sin embargo, aumentó los niveles de fosfatasa alcalina y la lipoperoxidación en tejido hepático y sérico también se observó que la administración del zumo de sanky reduce el daño a nivel histológico y el índice hepático. Por lo tanto, el zumo del fruto del

sanky presenta efecto hepatoprotector en ratas con intoxicación hepática por paracetamol.

FINANCIAMIENTO

El presente estudio fue financiado por el vicerrectorado de investigación y posgrado – UNMSM.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rebolledo-Del Toro M y Rincón-Sánchez R. Enfermedad hepática congestiva, las repercusiones hepáticas de un corazón enfermo. *Hepatología*. 2022; 3(1). 29-39. <https://revistahepatologia.org/index.php/hepa/article/download/47/40/41>
2. Blachier M, Leleu H, Peck-Radosavljevic M, Valla D-C, Roudot-Thoraval F. The burden of liver disease in Europe: A review of available epidemiological data. *Journal of Hepatology*. 2013; 58(3). 593–608. DOI: 10.1016/j.jhep.2012.12.005
3. Moscoso M, Bonilla A, Rivera D y Veloz M. Estrés oxidativo en el envejecimiento y las enfermedades crónicas no transmisibles. *Revista Información Científica*. 2024. 103. E4807. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13829804>
4. Ortiz-Lopez N, Ponce-Arancibia S, Aleman L, Roblero JP, Urzua A, Cattaneo M, y Poniachik J. Una aproximación general al diagnóstico y manejo del daño hepático crónico en la atención primaria de salud. *Rev Med Chile* 2024; 152(10): 1067-1080. <https://www.revistamedicadechile.cl/index.php/rmedica/article/download/10867/38054/137929>
5. Matos A, Paredes J, Gonzales L. Determinación de la capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos del sancayo (*Corryocactus brevistylus*). *Rev. Investig. Cienc. tecnol Aliment*. 2010, 1(1):66-71. https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/ri_alimentos/article/view/821
6. Huamán O. Evaluación de la capacidad antioxidante y efecto hepatoprotector del zumo del fruto *Corryocactus brevistylus*, en ratas con intoxicación por paracetamol. [Tesis Doctoral] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú. 2019. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/browse/author/detail?value=Huam%C3%A1n%20Guti%C3%A9rrez,%20Oscar%20Gustavo>
7. Arostegui L y Huamán O. Capacidad antioxidante in vitro del *Corryocactus brevistylus* (sanky) y su efecto en la morfología del páncreas de ratas diabéticas inducidas con aloxano. *Rev Peru Med Exp Salud Publica*. 2023;40(3):317-24. DOI: <https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2023.403.12481>
8. Pardo O. Etnobotánica de algunas cactáceas y suculentas del Perú. *Chloris Chilensis*. 2002;5(1). <http://www.chlorischile.cl>
9. Gibson J, Pumford N, Samokyszyn V & Hinson J. (1966). Mechanism of Acetaminophen-Induced Hepatotoxicity: Covalent Binding versus Oxidative Stress. *Chem. Res. Toxicol.*1996. 9 (3), pp 580–585. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/tx950153d>
10. Buege J, Aust S. Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymology*. 1978;52:302-6. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/672633/>
11. Santa Cruz-Vega K y Huamán-Gutiérrez O. Harina de camu camu sobre el daño hepático inducido por acetaminofén en ratones. *An. Fac. med.* [online]. 2021, vol.82, n.2, pp.140-145. <http://dx.doi.org/10.15381/anales.v82i2.18411>.
12. Sedlak J. Lindsay R. Estimation of Total, Protein-Bound, and Nonprotein Sulfhydryl Group in Tissue e with Ellman's Reagent. *Analytical Biochemistry*.1968; 25, 192-205. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(68\)90092-4](https://doi.org/10.1016/0003-2697(68)90092-4)
13. Mancipe L, Fernández D, y Fernández D. Intoxicación por Acetaminofén. *Rev. Fac. Med.* 2010; 18(2). <http://www.scielo.org.co/pdf/med/v18n2/v18n2a08.pdf>
14. Fernández C. y Benito M. intoxicación por paracetamol. *Protoc diagn ter pediatri*. 2021;1:803-10. https://www.aeped.es/sites/default/files/documentos/56_intoxicacion_paracetamol.pdf
15. Roldán T, López A. Intoxicación por acetaminofén en pediatría aproximación y manejo. Pontificia Universidad Javeriana.2012; 53(1),56-67. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/vnime dica/article/download/16122/12892/56783>
16. Yoon E, Babar A, Choudhary M, Kutner M and Pyrsopoulos N. Acetaminophen-Induced Hepatotoxicity: A Comprehensive Update. *Journal of Clinical and Translational Hepatology*. 2016; 4(2), 131–142. DOI: <https://doi.org/10.14218/JCTH.2015.00052>
17. Rotundo L. y Pyrsopoulos N. Lesión hepática inducida por paracetamol y desafíos asociados con su uso intencional y no intencional. *Revista Mundial de Hepatol*. 2020;12(4):125-136. DOI: <https://doi.org/10.4254/wjh.v12.i4.125>
18. Vargas M. (2016). Intoxicación por acetaminofén en adulto. *Medicina Legal de Costa Rica*, 33(1). 103-109. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/mlcr/v33n1/2215-5287-mlcr-33-01-00103.pdf>
19. Palomino M, Najarro J, Palomino C, Oriondo R, Pacheco A, Calderón S. et al. Estudio comparativo de las propiedades antioxidantes de dos ecotipos de *Corryocactus brevistylus* (Sanky). *An Fac med*.2011; 72(1).
20. Nolasco D. y Guevara A. Estudio de las principales características fisicoquímicas y comportamiento del Sanqui (*Corryocactus brevistylus* subsp. puquiensis (Rauh & Backeberg) Ostolaza) en almacenamiento. *Anales científicos UNALM*. 2009; 70(4), 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v70i4.535>
21. Ramírez M., Barajas L., Pérez C., Sáenz A., Silva S. Síntesis y actividad biológica de chalconas. *Rev Mex Cienc Farm*.2012,43(4). <https://www.redalyc.org/pdf/579/57928311002.pdf>
22. Insuasty-Obando B. Las chalconas y su uso como precursores en la síntesis de compuestos heterocíclicos nitrogenados. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat*. 2016; 40(155):234-243. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082016000200005
23. Singh H, Sidhu Sh, Chopra K, Khan M. Hepatoprotective effect of trans-Chalcone on experimentally-induced hepatic injury in rats: Inhibition of hepatic inflammation and fibrosis. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*. 2016; 94(8), 879-887. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjpp-2016-0071>

24. Peñarrieta J, Tejeda L, Mollinedo P, Vila J, Bravo J. (2014). Phenolic compounds in food. Rev. Bol. Quim. 2014; 31(2) http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602014000200006
25. Contreras-Lopez E. Muñoz A. Fernandez Y. Anaya-Melendez F. Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y evaluación sensorial de formulaciones para infusión a base de cáscara de Sanky (*Corryocactus brevistylus*) y canela (*Cinnamomum verum*). Rev. Soc. Quim. 2022; 88(1). <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i1.372>
26. Mendoza C, El Abed Y, Márquez Y, Meléndez C, López de Ortega A y Matheus N. (2015). La Vitamina C y su Efecto Protector Hepático. Revista del colegio de médicos Veterinarios del estado Lara Barquisimeto-Venezuela. 2015; 10(5). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7792061>
27. Kurahashi T, Lee J, Nabeshima A, Homma T, Sil Kang E, Saito Y, Fujii J. (2016). Ascorbic acid prevents acetaminophen-induced hepatotoxicity in mice by ameliorating glutathione recovery and autophagy. Archives of Biochemistry and Biophysics. 2016; 604, 36-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.abb.2016.06.004>

Diseño y propiedades psicométricas de la escala de consumo de alimentos ultraprocesados en universitarios

Design and psychometric properties of the ultra-processed food consumption scale in university students

Laura Fernanda BARRERA HERNÁNDEZ¹, Adriana Alejandra MÁRQUEZ IBARRA¹, Edith VALBUENA GREGORIO¹, Mirsha Alicia SOTELO CASTILLO², Cecilia Ivonne BOJÓRQUEZ DÍAZ²

1 Departamento de Ciencias de la Salud, Facultad Interdisciplinaria de Ciencias Biológicas y de Salud, Universidad de Sonora. Blvd. Bordo Nuevo S/N, Ejido Providencia, 85199 Ciudad Obregón, Sonora, México.

2 Departamento de Psicología, DES de Ciencias Sociales y Humanidades, Instituto Tecnológico de Sonora. 5 de Febrero 818 sur Col. Centro, 85000 Ciudad Obregón, Sonora, México.

Recibido: 21/agosto/2025. Aceptado: 1/diciembre/2025.

RESUMEN

Introducción. El aumento desmedido en la ingesta de productos alimenticios ultraprocesados tiene implicaciones importantes en la salud de las personas, por lo que es preciso contar con herramientas que posean propiedades psicométricas de validez y confiabilidad para su medición.

Objetivo. El presente estudio tuvo como objetivo analizar las evidencias de validez y fiabilidad de la escala de consumo de alimentos ultraprocesados en universitarios.

Método. Participaron 203 estudiantes universitarios del noroeste de México de los cuales 77.3% mujeres, 21.7% hombres y 1% que no especificó, con edades entre 18 y 56 años ($M=20.82$, $DE=4.24$). Se realizaron análisis factorial exploratorio (AFE) y confirmatorio (AFC), identificando ítems que no contribuían significativamente a la estructura factorial.

Resultados. Tras el AFE y AFC, se eliminaron 8 de los 18 ítems originales, quedando una versión final de 10 ítems que presentaron niveles adecuados de ajuste del modelo unidimensional propuesto.

Conclusiones. Se concluye que la escala cuenta con evidencia de validez interna y confiabilidad para la medición del consumo de alimentos ultraprocesados en universitarios.

PALABRAS CLAVE

Psicometría, análisis factorial, consumo alimentario, estudiantes mexicanos.

ABSTRACT

Introduction. The excessive increase in the consumption of ultra-processed foods has important implications for people's health, so it is necessary to have tools with psychometric properties of validity and reliability for their measurement.

Objective. The present study aimed to analyze the evidence of validity and reliability of the ultra-processed food consumption scale in university students.

Method. A total of 203 university students from northwestern Mexico participated. 77.3% were women, 21.7% men, and 1% did not specify, with ages between 18 and 56 years ($M = 20.82$, $SD = 4.24$). Exploratory factor analyses (EFA) and confirmatory factor analyses (CFA) were performed, identifying items that did not contribute significantly to the factor structure.

Results. After the EFA and CFA, 8 of the original 18 items were eliminated, leaving a final version of 10 items that presented adequate levels of fit to the proposed unidimensional model.

Correspondencia:

Adriana Alejandra Márquez Ibarra
adriana.marquez@unison.mx

Conclusions. It is concluded that the scale has evidence of internal validity and reliability for measuring ultra-processed food consumption in university students.

KEYWORDS

Psychometrics, factor analysis, food consumption, Mexican students.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la clasificación NOVA, los Alimentos Ultraprocesados (AUP) son fabricados a partir de procedimientos industriales complejos, es decir, son productos alimenticios diseñados basados en la composición de diferentes tipos de ingredientes, con un gran número de aditivos, edulcorantes, saborizantes y texturizantes¹. Esta clasificación surge de la importancia de conocer el nivel de procesamiento de los alimentos, ya que saber solamente su contenido nutricional podría ser engañoso, debido a que el procesamiento de un alimento también puede tener consecuencias en la salud².

El ultraprocesamiento se utiliza para elaborar productos empleando combinaciones de ingredientes extraídos de alimentos integrales, generalmente con poca o ninguna cantidad de fibra, donde se emplean una serie de procesos, tanto en la creación de los ingredientes como en la de los productos, que suelen contener algunos o muchos conservantes y aditivos cosméticos. Están formulados para ser hiperpalatables, de larga duración y suelen envasarse listos para consumir. Son muy rentables y se comercializan agresivamente. Son el producto final de una cadena de procesos, como a menudo se evidencia en sus listas de ingredientes. La combinación del creciente consumo de ultraprocesados, los malos hábitos alimenticios y la insuficiente actividad física constituye un factor determinante en el deterioro del estado nutricional³. Existe una clara correlación entre el aumento en la producción y el consumo de alimentos ultraprocesados y el incremento de la obesidad, como lo señalan Monteiro y Cannon⁴. Este patrón, cada vez más evidente en países de ingresos medios y bajos, constituye una amenaza significativa para la salud pública, ya que se ha asociado con una mayor prevalencia de sobrepeso, obesidad y formas de malnutrición⁵.

Se ha observado principalmente en los adolescentes que al ingresar a la universidad aumenta el consumo de alimentos ultraprocesados, debido a la independencia que van adquiriendo, el tiempo limitado y demandas académicas, lo que los lleva a consumir comidas rápidas y alimentos de bajo costo². Además, su consumo elevado se ha asociado con dislipidemia, síndrome metabólico y obesidad⁶.

Según el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF)⁷, México ocupa el primer lugar en consumo de alimentos ultraprocesados en América Latina y el cuarto en el

mundo, lo que es desalentador para el panorama nutricional de salud, dado que estos productos presentan múltiples problemáticas nutricionales y metabólicas, además de generar repercusiones sociales, culturales, económicas y ambientales, especialmente cuando representan una proporción significativa y creciente del suministro alimentario.

En cuanto a la medición del consumo de alimentos ultraprocesados, existen escalas que evalúan la aceptación⁸ o actitudes hacia su consumo⁹, otros instrumentos encontrados corresponden a cuestionarios acerca del consumo de alimentos ultraprocesados en niños y adolescentes¹⁰ y adultos mayores¹¹.

A partir de lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo analizar las evidencias de validez y fiabilidad de la escala de consumo de alimentos ultraprocesados en estudiantes universitarios.

MÉTODO

La presente investigación es de carácter instrumental¹². La validez de contenido se determinó a través del juicio de expertos, mientras que la validez de constructo de las escalas se evaluó mediante análisis factorial exploratorio y confirmatorio. La consistencia interna se evaluó por α de Cronbach y ω de McDonald.

Participantes

Para la selección de la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Participaron 203 estudiantes universitarios pertenecientes a dos universidades públicas del noroeste de México, de los cuales 77.3% mujeres, 21.7% hombres y 1% que no especificó, con edades que oscilaron entre los 18 y 56 años ($M = 20.82$, $DE = 4.24$). En cuanto a su estado civil el 97% es soltero y 3% casado. Los universitarios cursaban los programas educativos de psicología (56.2%), nutrición (33%) y otros (10.8%). Los estudiantes se encontraban cursando distintos semestres: 25.6% segundo semestre, 21.2% cuarto semestre, 27.1% sexto semestre y 26.1% octavo semestre. Los criterios de inclusión al estudio fueron ser estudiante universitario de nivel licenciatura inscrito en una universidad pública al noroeste del país y poseer disposición para participar en la investigación. Se excluyeron del análisis los participantes con cuestionarios incompletos, aquellos que no otorgaron o retiraron su consentimiento informado, quienes presentaron respuestas inconsistentes o atípicas en los instrumentos.

Instrumento

Se diseñó una escala para medir el consumo de alimentos ultraprocesados, a partir de la clasificación NOVA¹ y se tomó como referencia las categorías propuestas por Romo-Avilés y Ortiz-Hernández¹³, así como las descritas en el estudio de Gaona-Pineda et al.¹⁴. Se realizaron adaptaciones en las ca-

tegorías con el fin de adecuar el instrumento a la región geográfica del estudio. Esto incluyó la incorporación de la tortilla de harina como una categoría específica, debido a que en su preparación se utiliza grasa vegetal (fuente de ácidos grasos trans) y su consumo es ampliamente extendido en la región. La versión original de la escala quedó conformada por 18 ítems en formato Likert, con cinco opciones de respuesta que iban de 0 = nunca a 4 = siempre. Los ítems evalúan la frecuencia de consumo de bebidas azucaradas, comida rápida, carnes procesadas, *snacks* empaquetados, cereales industriales, entre otros.

Se identificaron los indicadores a partir de los cuales se redactaron las afirmaciones por parte de especialistas en nutrición y psicología. Para la evaluación de los reactivos se llevó a cabo un análisis de validez de contenido mediante el jueceo o juicio de expertos, donde se contó con la participación de dos especialistas del área de nutrición y dos expertos en psicometría, quienes revisaron la tabla de especificaciones y sugirieron modificaciones mínimas en la redacción de los ítems, además de proponer la incorporación de dos ítems, quedando la escala en su versión inicial compuesta por 18 ítems.

La calificación del instrumento se realiza sumando las respuestas de cada uno de los ítems de la escala, donde a mayor puntaje obtenido, mayor frecuencia de consumo de alimentos ultraprocesados.

Procedimiento

La presente investigación se realizó en estricto apego a las normas éticas para la investigación con seres humanos de la Declaración de Helsinki y contó con la aprobación del Comité de Ética del Instituto Tecnológico de Sonora (dictamen 459).

La recolección de datos tuvo lugar en el aula de clases, previa autorización de profesores y jefes de departamento. Posteriormente, se invitó a los estudiantes a participar en la investigación respondiendo al instrumento, se informó el objetivo de la investigación, que la participación era totalmente voluntaria y de la confidencialidad de los datos. Consecutivamente, se presentó a los estudiantes la liga de acceso a un formulario de *Google Forms*, el cual constaba de tres apartados: en el primero se encontraba el consentimiento informado, seguido de un apartado donde se preguntaban datos sociodemográficos de los participantes, y finalmente se presentaba el instrumento que contenía la escala de consumo de alimentos ultraprocesados. Tras la recogida de los datos, se procedió a descargarlos y exportarlos al paquete SPSS versión 23.0 y AMOS para el análisis estadístico.

Análisis de datos

En primer lugar, se calculó la confiabilidad de la escala por medio del coeficiente α de Cronbach y ω de McDonald.

Para la obtención de la validez de contenido se realizó mediante juicio de expertos, y para la validez de constructo se efectuó un análisis factorial exploratorio (AFE) y confirmatorio (AFC).

En el cálculo de confiabilidad se consideraron adecuados valores ≥ 0.70 , mismos que se calcularon a través del α de Cronbach y ω de McDonald, debido a que existe evidencia de que el alfa de Cronbach puede subestimar el valor de tal medida¹⁵, mientras que el omega de McDonald representa un indicador más adecuado para las escalas Likert¹⁶.

Se realizó un análisis factorial confirmatorio con un modelo de máxima verosimilitud. Los criterios considerados para confirmar la bondad de ajuste del modelo fueron: índices de ajuste absoluto, la prueba de chi cuadrada (χ^2) y la chi cuadrada sobre sus grados de libertad (χ^2/gl); ajustes de carácter parsimonioso, como residuo cuadrático medio de aproximación (RMSEA) con su intervalo de confianza (IC), índices de ajuste incremental, como el índice de Tucker-Lewis (TLI) y el índice de bondad de ajuste comparativo (CFI). Fueron considerados como valores de ajuste aceptable: $\chi^2/gl \leq 5$, RMSEA ≤ 0.08 , TLI ≥ 0.90 , CFI ≥ 0.90 ; y de ajuste excelente: $\chi^2/gl \leq 2$, RMSEA ≤ 0.05 , TLI ≥ 0.95 , CFI ≥ 0.95 ¹⁷.

En caso de no encontrar ajuste adecuado, se llevaron a cabo y evaluaron re-especificaciones del modelo. Para cada re-especificación, se consideraron criterios estadísticos (índices de modificación y carga factorial de cada reactivo) y teóricos (coherencia conceptual reactivo-factor) a fin de mantener el valor conceptual del instrumento¹⁸.

RESULTADOS

La confiabilidad inicial de la escala se analizó a través del alfa de Cronbach con 18 ítems, obteniendo una confiabilidad inicial de $\alpha = 0.831$ y $\omega = .849$; en este análisis no se eliminó ningún reactivo. La validez de contenido se llevó a cabo mediante el juicio de expertos, los cuales orientaron hacia la versión final de la escala.

Análisis factorial exploratorio

Se realizó una matriz de correlaciones mediante el método de KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), el cual se utiliza como medida de adecuación muestral, obteniendo un resultado de 0.839, lo cual significa una alta correlación y, por lo tanto, manifiesta conveniencia de realizar un análisis factorial¹⁹. La prueba de esfericidad de Bartlett arrojó un valor p de 0.000.

El AFE se llevó a cabo mediante el método de máxima verosimilitud con rotación varimax, considerando como criterio de asignación de ítems a los factores aquellos con cargas factoriales mayores a 0.40. Tras el AFE se encontró una estructura de 3 factores conformada por 16 ítems que explica el 35.77% de la varianza total. En este análisis se eliminaron 2 ítems (2 y 18) por obtener una carga factorial inferior a

Tabla 1. Matriz de componentes rotados

	Factor		
	1	2	3
3. Consumo cereal industrial (pan de molde).	.784		
14. Consumo tortillas de harina.	.714		
5. Consumo cereales de caja en el desayuno, cena o entre horas.	.512		
15. Consumo pastel, galletas, o bollería empaquetados.	.494		
16. Consumo snacks empaquetados elaborados en fábricas (dulces, chocolates, papas fritas, golosinas, barras de granola o energéticas).	.477		
7. Consumo comida rápida (papas a la francesa, hamburguesas, pizzas, pollo frito, nuggets).	.447		
9. Consumo productos lácteos azucarados (yogur con sabor, nieve, leche evaporada, leche condensada, media crema, sustituto de crema para café).	.422		
2. Tomo bebidas deportivas o energéticas.			
12. Consumo mayonesa o aderezos envasados, manteca vegetal o margarinas.		.625	
11. Consumo imitaciones de queso (queso líquido, aderezo para nachos, queso tipo americano, queso crema procesado).		.520	
8. Consumo carnes procesadas (salchichas, jamón, embutidos, chorizo o chilorio empaquetados).		.486	
17. Consumo cátsup o mermeladas empaquetadas.		.479	
10. Consumo salsas embotelladas o enlatadas (puré de tomate, salsa de soya, salsa inglesa, salsa marisquera).		.473	
18. Consumo productos light (refrescos, quesos, yogurt, cremas, entre otros).			
4. Consumo comida o sopas enlatadas, deshidratadas, empaquetadas o instantáneas.			.720
1. Tomo bebidas azucaradas (refrescos, jugos, té endulzados, aguas saborizadas, frappuccinos, leches saborizadas, malteadas).	.439		.477
13. Utilizo sazonadores preparados en polvo o cubos o latas.			.465
6. Consumo comida congelada empaquetada precocida o lista para calentar, que compre en el supermercado (comidas congeladas, sopas instantáneas).			.423

0.40. En general, esta estructura arrojó una confiabilidad α = de 0.856 y ω = .865, indicando una consistencia aceptable del instrumento.

Análisis factorial confirmatorio

Como resultado del análisis factorial confirmatorio (AFC), la escala de Consumo de Alimentos Ultraprocesados quedó conformada por 10 ítems con cargas factoriales estandarizadas significativas ($p < .001$) de los ítems que se retuvieron, con valores que oscilaron entre 0.47 y 0.70, con indicadores de bondad de ajuste $X^2 = 47.78$, $gl = 34$, $p = 0.059$; SRMR = 0.05;

AGFI = 0.93; TLI = 0.96; CFI = 0.97; RMSEA = 0.04, IC 90 (.00, .07) que muestran que el modelo se ajusta de manera aceptable a los datos (ver Figura 1) y una confiabilidad final de α = de 0.807 y ω = .811. Durante la re-especificación del modelo, considerando criterios estadísticos y teóricos, se eliminaron los ítems 3, 4, 5, 6, 14 y 15 de la escala.

Los resultados descriptivos de la Escala de Consumo de alimentos ultraprocesados, mostraron que las medias de los ítems se ubican mayormente en una frecuencia de consumo moderados, lo que indica que los estudiantes universitarios frecuentemente consumen este tipo de alimentos.

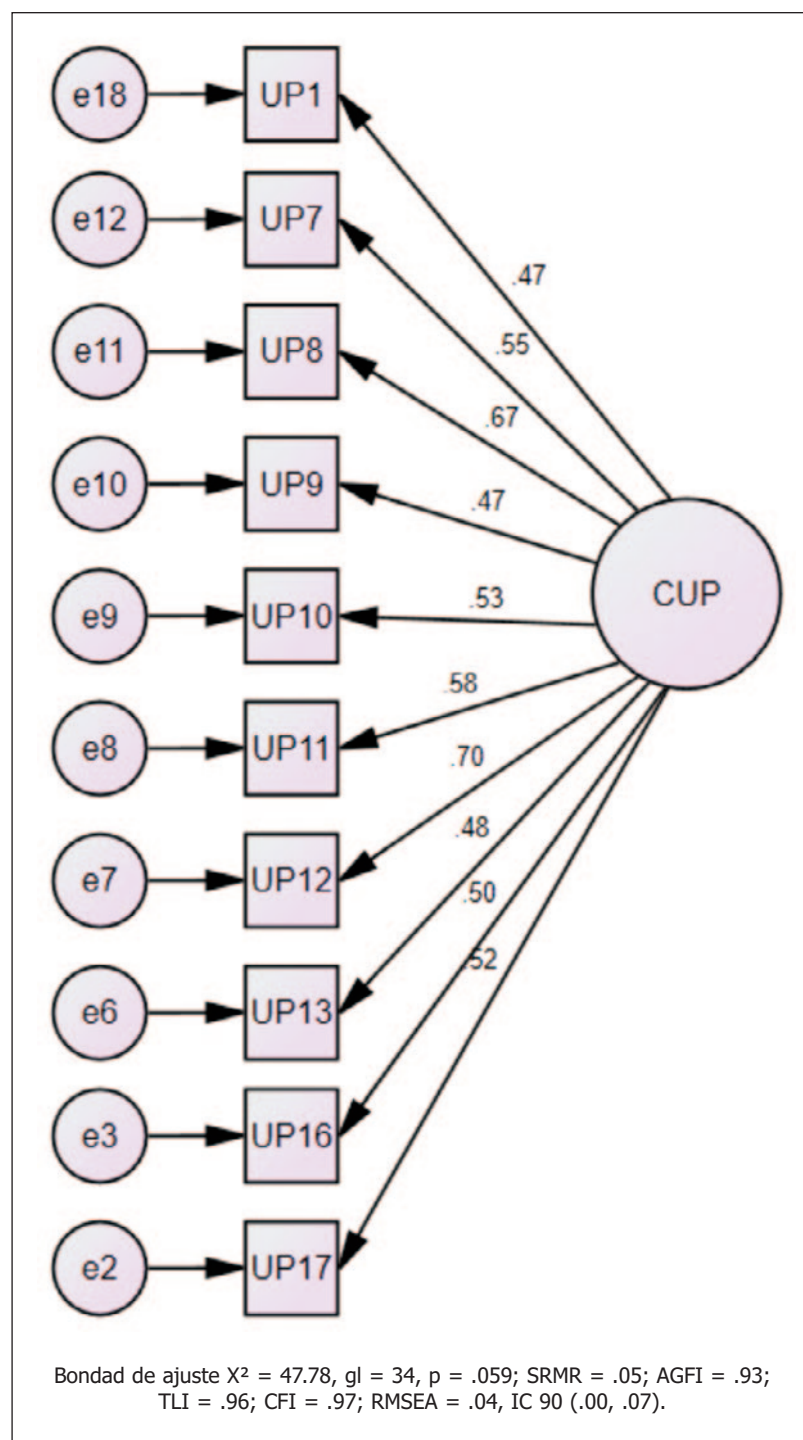


Figura 1. Análisis factorial confirmatorio de la Escala de Consumo de Alimentos Ultraprocesados

DISCUSIÓN

El propósito del presente estudio fue analizar las evidencias de validez y fiabilidad de la escala de consumo de AUP en universitarios. En general la escala reunió las propiedades de medición de confiabilidad y mostró evidencias de validez. Los

resultados del Análisis Factorial Exploratorio (AFE) y Confirmatorio (AFC) sugieren un buen ajuste global a los datos del modelo de medición.

Comparativamente, otros instrumentos como la escala de actitudes hacia el consumo de alimentos ultraprocesados propuesta por Calvo-Porrall et al. (2024)²⁰ evalúan múltiples dimensiones relacionadas con motivaciones, percepciones y actitudes hacia estos alimentos, lo que implica un cuestionario más amplio y detallado. En contraste, nuestra escala se centra exclusivamente en la frecuencia de consumo, ofreciendo una medición unidimensional más breve y directa, lo que facilita su aplicación en contextos clínicos, educativos y de investigación. Asimismo, cuestionarios más extensos como el *Food Frequency Questionnaire* (FFQ) desarrollado para adultos en Semarang, Indonesia muestran variabilidad en su reproducibilidad y validez (correlaciones entre 0.50 y 0.81) y requieren la aplicación de múltiples recordatorios dietéticos y un tiempo considerable para su llenado. Esto limita su practicidad en poblaciones jóvenes o en evaluaciones rápidas. En este sentido, la escala que se presenta en nuestro estudio proporciona una estimación más consistente y eficiente del consumo de AUP²¹.

La brevedad de la escala validada representa una ventaja importante para su uso en contextos clínicos y de investigación, ya que permite obtener información útil en poco tiempo, complementando la historia dietética o facilitando un cribado rápido del consumo de alimentos ultraprocesados. Asimismo, proporciona información específica identificando grupos de alimentos de mayor consumo por la población o paciente, lo que permitiría realizar estrategias de prevención y cambios de hábitos reduciendo el consumo de grupos de alimentos no saludables. Este tipo de evaluación es relevante considerando la creciente evidencia sobre los efectos negativos de estos productos en la salud.

Fue considerada la población de estudiantes universitarios debido a que presentan cambios al ingresar a la universidad, como pueden ser cambio de residencia, falta de tiempo, carga académica excesiva, inadecuado manejo del tiempo. Estos factores inducen a que la selección de sus alimentos sea inadecuada y prefieran alimentos ultraprocesados por ser económicos, de rápida preparación y con mayor accesibilidad. Por lo que es una población

Tabla 2. Medidas de tendencia central, dispersión y distribución de los ítems de la escala final de consumo de Alimentos Ultra-procesados (AUP)

	Min	Max	M	DE
1. Tomo bebidas azucaradas (refrescos, jugos, té endulzados, aguas saborizadas, frappuccinos, leches saborizadas, malteadas).	0	4	2.21	1.099
7. Consumo comida rápida (papas a la francesa, hamburguesas, pizzas, pollo frito, nuggets).	0	4	2.03	.808
8. Consumo carnes procesadas (salchichas, jamón, embutidos, chorizo o chilorio empaquetados).	0	4	2.42	1.098
9. Consumo productos lácteos azucarados (yogur con sabor, nieve, leche evaporada, leche condensada, media crema, sustituto de crema para café).	0	4	1.84	1.027
10. Consumo salsas embotelladas o enlatadas (puré de tomate, salsa de soya, salsa inglesa, salsa marisquera).	0	4	2.31	1.018
11. Consumo imitaciones de queso (queso líquido, aderezo para nachos, queso tipo americano, queso crema procesado).	0	4	1.73	1.025
12. Consumo mayonesa o aderezos envasados, manteca vegetal o margarinas.	0	4	1.79	1.120
13. Utilizo sazonadores preparados en polvo o cubos o latas.	0	4	2.01	1.239
16. Consumo snacks empaquetados elaborados en fábricas (dulces, chocolates, papas fritas, golosinas, barras de granola o energéticas).	0	4	2.29	1.024
17. Consumo cátsup o mermeladas empaquetadas.	0	4	1.35	1.081

en riesgo de desarrollar tempranamente enfermedades cardiovasculares y es importante que se monitoree y brinde atención primaria.

Si bien, actualmente, se han comenzado a desarrollar escalas acerca del consumo de alimentos ultraprocesados, no todas cuentan con adecuadas propiedades psicométricas, o se avocan a la frecuencia del comportamiento del consumo de este tipo de alimentos. La aportación de este estudio radica en la validación de la escala del consumo de alimentos ultraprocesados en universitarios mexicanos, lo cual es fundamental para la medición y apoya en la evaluación de la eficacia, eficiencia y efectividad de programas encaminados a la reducción del consumo de alimentos ultraprocesados.

Entre las limitantes del estudio se encuentran el tipo de muestreo el cual fue no probabilístico, y la ausencia de comprobación de otros tipos de validez, no obstante, pese a estas limitaciones se considera que el estudio es relevante en cuanto a la pertinencia y actualidad del tema, y por la necesidad de contar con herramientas válidas y confiables para medición del consumo de alimentos ultraprocesados en esta población.

CONCLUSIONES

Debido a sus características psicométricas, la escala de consumo de alimentos ultraprocesados presenta propiedades psicométricas adecuadas y es un instrumento de medición

conveniente para evaluar este constructo en estudiantes universitarios mexicanos.

La medición de este constructo representa un aporte al estado de conocimiento respecto a la salud y comportamiento de los estudiantes universitarios, que puede servir de base para efectuar las acciones encaminadas a la disminución del consumo de AUP y desarrollar investigaciones respecto a su posible relación con estados emocionales y otras variables psicológicas.

REFERENCIAS

1. Monteiro CA, Cannon G, Levy RB, Moubarac JC, Jaime P, Martins AP, et al. NOVA. The star shines bright. *World Nutr.* 2016;7 (1-3):28-38.
2. Sekyi E, Agyapong NAF, Eshun G. Consumption of foods according to the NOVA classification, metabolic outcomes, and barriers to healthy eating among university students. *Food Sci Nutr.* 2024;12:1983-94. doi: 10.1002/fsn3.3894
3. Huerta-Alvarez RA, Villalobos-Vivanco SR, Vidal-Huamán FG, Palomino-Quispe LP, Gómez-Rutti YY. Estado nutricional y consumo de alimentos ultraprocesados en adultos de Lima-Perú. *Nutr Clin Diet Hosp.* 2024;44(2):137-44. doi:10.12873/442vidal
4. Monteiro CA, Cannon G. What are ultra-processed products. *World Nutr.* 2012;3(6):257-68.
5. Popkin BM. The impact of ultra-processed foods on health. In: 2030 - Food, agriculture and rural development in Latin America and the Caribbean. Santiago: FAO; 2020.

6. Organización Panamericana de la Salud. Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: tendencias, efecto sobre la obesidad e implicaciones para las políticas públicas. Washington, DC: OPS; 2015.
7. UNICEF. La mala alimentación está perjudicando la salud de la infancia mundialmente [Internet]. 2019 [citado 2 oct 2025]. Disponible en: <https://www.unicef.org/mexico/comunicados-prensa/la-mala-alimentación-está-perjudicando-la-salud-de-la-infancia-mundialmente>
8. Calvo-Porrall C, Rivaroli S, Orosa-González J. Proposal and validation of a measurement scale of the acceptance of ultra-processed food products. *Foods*. 2024;13(10):1481. doi: 10.3390/foods13101481
9. Hoil Sosa CG, Suárez Lara GA, Velázquez Melken LE, et al. Diseño y validación de la escala de actitudes hacia el consumo de alimentos ultraprocesados en estudiantes de Ciencias de la Salud. *Acta Universitaria*. 2024;34:1-17. doi: 10.15174/au.2024.4126
10. Aguilar-Zavala H, Tovar-Vega AR, Briseño-Rodríguez II. Construcción y validación del cuestionario de consumo de alimentos ultraprocesados (CAUP) para población mexicana. *Arch Latinoam Nutr*. 2023;73(S1):68.
11. Martínez-Pérez C, Daimiel L, Climent-Mainar C, et al. Desarrollo integrador de un cuestionario corto de cribado de consumo de alimentos altamente procesados (sQ-HPF). *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2022;19:6. doi: 10.1186/s12966-021-01240-6
12. Montero I, León OG. A guide for naming research studies in psychology. *Int J Clin Health Psychol*. 2007;7(3):847-62.
13. Romo-Avilés M, Ortiz-Hernández L. Contribution of NOVA food groups to energy and nutrient supply in Mexican households. *Salud Publica Mex*. 2019;61(2):155-65. doi: 10.21149/8923
14. Gaona-Pineda EB, Martínez-Tapia B, Arango-Angarita A, Valenzuela-Bravo D, Gómez-Acosta LM, Shamah-Levy T, et al. Consumo de grupos de alimentos y factores sociodemográficos en población mexicana. *Salud Publica Mex*. 2018;60(3):272-82. doi: 10.21149/8803
15. Elosua Oliden P, Zumbo BD. Coeficientes de fiabilidad para escalas de respuesta categórica ordenada. *Psicothema*. 2008;20(4):896-901.
16. Ventura-León JL, Caycho-Rodríguez T. El coeficiente Omega: un método alternativo para la estimación de la confiabilidad. *Rev Latinoam Cienc Soc Niñez Juv*. 2017;15(1):625-7.
17. Steppan M, Piontek D, Kraus L. The effect of sample selection on the distinction between alcohol abuse and dependence. *Int J Alcohol Drug Res*. 2014;3(2):159-68. doi: 10.7895/ijadrv3i2.100
18. Pérez E, Medrano LA, Sánchez Rosas J. El Path Analysis: conceptos básicos y ejemplos de aplicación. *Rev Argent Cienc Comport*. 2013;5(1):52-66.
19. Santoyo VC, Mendoza SL, Espinosa M. Análisis factorial exploratorio: fundamentos y aplicación. *Rev Psicol*. 2017;12(2):45-60.
20. Calvo-Porrall C, Rivaroli S, Orosa-González J. Proposal and validation of a measurement scale of the acceptance of ultra-processed food products. *Foods*. 2024;13(10):1481. doi:10.3390/foods13101481
21. Syaury A, Afifah DN, Purwanti R, Nissa C, Fitranti DY, Chao JC-J. Reproducibility and validity of a food frequency questionnaire (FFQ) developed for middle-aged and older adults in Semarang, Indonesia. *Nutrients*. 2021;13(11):4163. doi:10.3390/nu13114163

APÉNDICE 1

Ítems de la Escala Inicial de Consumo de Alimentos Ultraprocesados

1. Tomo bebidas azucaradas (refrescos, jugos, té endulzados, aguas saborizadas, frappuccinos, leches saborizadas, malteadas).
2. Tomo bebidas deportivas o energéticas.
3. Consumo cereal industrial (pan de molde).
4. Consumo comida o sopas enlatadas, deshidratadas, empaquetadas o instantáneas.
5. Consumo cereales de caja en el desayuno, cena o entre horas.
6. Consumo comida congelada empaquetada precocida o lista para calentar, que compre en el supermercado (comidas congeladas, sopas instantáneas).
7. Consumo comida rápida (papas a la francesa, hamburguesas, pizzas, pollo frito, nuggets).
8. Consumo carnes procesadas (salchichas, jamón, embutidos, chorizo o chilorio empaquetados).
9. Consumo productos lácteos azucarados (yogur con sabor, nieve, leche evaporada, leche condensada, media crema, sustituto de crema para café).
10. Consumo salsas embotelladas o enlatadas (puré de tomate, salsa de soya, salsa inglesa, salsa marisquera).
11. Consumo imitaciones de queso (queso líquido, aderezo para nachos, queso tipo americano, queso crema procesado).
12. Consumo mayonesa o aderezos envasados, manteca vegetal o margarinas.
13. Utilizo sazónadores preparados en polvo o cubos o latas.
14. Consumo tortillas de harina.
15. Consumo pastel, galletas, o bollería empaquetados.
16. Consumo snacks empaquetados elaborados en fábricas (dulces, chocolates, papas fritas, golosinas, barras de granola o energéticas).
17. Consumo cátsup o mermeladas empaquetadas.
18. Consumo productos light (refrescos, quesos, yogurt, cremas, entre otros).

The effect of food processing on the allergenic potential of common vegetables

Maria Zofia LISIECKA

Department of Allergology. National Medical Institute of the Ministry of the Interior and Administration 02-507, Warsaw, Poland.

Recibido: 22/septiembre/2025. Aceptado: 1/diciembre/2025.

ABSTRACT

Introduction: Food allergies to common vegetables have become an increasingly relevant issue in clinical nutrition and public health.

Aim: The aim of this study was to determine the impact of various food processing methods on the allergenic potential of common vegetables and to develop recommendations for reducing the risk of allergic reactions.

Materials and Methods: The study is a comparative systematic review that included a critical evaluation of clinical and empirical data on the allergenic potential of vegetables like carrots, celery, tomatoes, and potatoes. Literature published between 2018 and 2025 was queried from PubMed, Scopus, and Web of Science, focusing on in vitro and in vivo studies.

Results: The results showed that thermal processing (boiling, baking) led to the denaturation of allergenic proteins, particularly thermolabile profilins, but did not ensure the complete destruction of thermostable pathogen-related proteins. It was found that fermentation in acidic environments promoted the breakdown of proteins into shorter peptides with reduced immunogenicity, while non-thermal methods (ultrasound, high pressure, cold plasma) altered protein configurations without heating. The study revealed a phenomenon of cross-reactivity, whereby structural similarities between proteins of different vegetables triggered simultaneous allergic responses to related plant species. The most effective ap-

proach proved to be the combination of technologies (boiling with fermentation, pH alteration with heating), which enabled multilevel degradation of antigenic epitopes. A correlation was established between the individual sensitisation profile of a patient, the state of gastric secretion (with increased pH levels from the physiological range of 1-2), and the effectiveness of the processing methods.

Conclusion: The findings demonstrated the need for a personalised approach to selecting vegetable processing methods for individuals with food allergies and highlighted the importance of multidisciplinary collaboration between allergologists, gastroenterologists, and food technologists. The study's outcomes allowed for the development of practical recommendations on selecting optimal processing methods for vegetables in allergic individuals, contributing to dietary expansion and improved quality of life.

KEYWORDS

Molecular allergology, food matrix interactions, thermolabile profilins, pathogen-related proteins, cross-reactivity, protein denaturation, gastrointestinal digestion.

ABBREVIATIONS

IgE: immunoglobulin E.

IL8: Interleukin 8.

PFAS: Pollen-Food Allergy Syndrome.

pH: Potential of Hydrogen.

PR: Pathogenesis-Related.

rApi: Recombinant *Apium Graveolens*.

rBet: Recombinant *Betula Verrucose*.

Correspondencia:

Maria Zofia Lisiecka
mariazofialisiecka@gmail.com

INTRODUCTION

Food allergy is becoming an increasingly significant issue in today's world, as the number of individuals experiencing allergic reactions to food continues to rise. Vegetables, in particular – despite being an integral part of a healthy diet – can provoke undesirable immune responses in sensitive individuals. In the context of modern diets, where processed foods comprise a substantial portion of daily intake, it is essential to understand how various processing methods influence the allergenic potential of vegetables. This knowledge is critical for the development of safer food products, particularly for vulnerable groups such as children and individuals with multiple allergies. Furthermore, understanding the mechanisms underlying changes in allergenicity will enable the creation of more effective product labelling strategies and improved consumer information, both of which are key components in safeguarding public health.

The impact of food processing on allergenicity has attracted considerable scientific interest. López-Pedrouso et al.¹ focused on the role of Omics technologies – comprising high-throughput molecular analysis methods such as genomics, proteomics, metabolomics, and transcriptomics – in detecting and quantifying food allergens. The authors emphasised that the diversity of isoforms, post-translational modifications, and other structural alterations occurring during processing can either enhance or reduce a food's allergenic properties. They concluded that proteomic analysis using mass spectrometry offers powerful tools for detecting and quantifying allergenic proteins, but that standardised methodologies and reliable assessment techniques are necessary for accurate and rapid detection at the industrial level.

A significant contribution to understanding the effects of novel processing methods on food allergenicity was made by Dong et al.², who compared conventional thermal treatments (boiling, steaming) with emerging non-thermal technologies such as high-pressure processing, ultrasound, pulsed light, cold plasma, fermentation, and pulsed electric fields. Their research demonstrated that these innovative approaches generally preserved original food characteristics better and enhanced the efficiency of allergen removal. The authors stressed that a deeper understanding of allergen modification mechanisms could help design strategies for reducing the immunoreactivity of foods in the food industry.

Gonzalez et al.³ addressed clinical aspects of how industrial and domestic processing methods affect food allergenicity. They reviewed studies evaluating the allergenicity of processed products using clinically accessible tools such as oral food challenges, skin prick tests, and measurements of specific immunoglobulin E (IgE) levels. Their findings showed that different processing methods (baking, boiling, canning, fermentation, pasteurisation, peeling, powdering, and frying) had varied effects on the likelihood of reactions in patients al-

lergic to eggs, milk, peanuts and other legumes, nuts, fruits, and seafood. The authors underlined that recognising food allergy as a spectrum of hypersensitivity – rather than a binary phenomenon – has led to the development of dietary expansion approaches involving processed, less allergenic foods, and their application in food allergy immunotherapy.

A noteworthy study on the influence of cultivation methods on the allergenic properties of fruit was conducted by Aninowski et al.⁴, who examined the effects of organic, integrated, and conventional farming on the allergenic potential and flavonoid content of strawberries. Their findings indicated that organically grown strawberries were the safest, containing the lowest levels of Bet v 1 and profilin allergens compared to those grown under integrated and conventional systems. The researchers concluded that organic strawberries are safer and offer greater health benefits due to their reduced allergenicity.

Liu et al.⁵ conducted a comprehensive analysis of how components of the food matrix affect allergenicity. They investigated the modifying effects of water, non-allergenic proteins, carbohydrates, and lipids, as well as the impact of wet and dry processing on the interaction of matrix components with allergenic potential. A three-component mechanism of matrix influence was identified: modulation of biological processes of sensitisation and allergic response induction; modification of structural-functional properties of allergenic proteins and their extractability from the matrix; and interference with analytical detection of residual allergens. Meanwhile, Włodarczyk et al.⁶ studied tomatoes as a food with high allergenic potential. They found correlations between tomato sensitisation and reactivity to grass pollen and latex allergens. Despite numerous studies, the scientific basis for characterising tomato allergens was found to be insufficient. The authors identified limitations in immunological detection methods due to cross-reactivity, which may result in false-positive outcomes.

A significant contribution to the understanding of the role of fermentation in reducing the allergenicity of food products was made by El Mecherf et al.⁷. They examined the impact of lactic acid bacteria, used as starter cultures in dairy products, on the fermentation of plant proteins. The authors concluded that, in addition to their nutritional value, fermented foods offer additional health benefits. However, they emphasised the need for further research to draw scientifically substantiated conclusions regarding the actual influence of fermentation on food allergenicity. The researchers also highlighted the importance of studying the molecular structures of allergens and their fate during fermentation to better understand the effects of this process.

Albuquerque et al.⁸ investigated the nutritional and safety aspects of technologically modified alimentary products within the public health system. They postulated the necessity of an in-depth analysis of consumption patterns in order

to predict population-level effects. Conceptualising public health as a set of preventive measures aimed at optimising biopsychosocial well-being, the authors justified the priority of studying processed foods. The systematisation of scientific data enabled the identification of the impact of various processing methods on the modification of allergenic potential, with a particular focus on thermal, non-thermal, enzymatic technologies and agrotechnological factors. At the same time, the molecular mechanisms underlying changes in the structure of specific vegetable allergens during different types of processing remain underexplored, and there is a lack of standardised methodologies for assessing the allergenicity of processed products under industrial conditions.

The aim of the study was to determine and characterise the effects of various food processing methods on the allergenic potential of common vegetables, in order to develop recommendations for reducing the risk of allergic reactions. The research objectives were as follows:

- to examine changes in the structure and bioavailability of allergenic proteins in common vegetables (potatoes, carrots, celery, tomatoes) under the influence of thermal processing, fermentation, and mechanical treatment;
- to identify the molecular mechanisms through which different food processing methods affect vegetable allergenicity, with a focus on protein denaturation, glycosylation, and the formation of new epitopes;
- to evaluate the clinical significance of changes in the allergenic potential of processed vegetables using in vitro and in vivo testing, and to develop recommendations on optimal processing methods that minimise allergenicity while preserving nutritional value.

MATERIALS AND METHODS

The study was designed as a comparative systematic review incorporating critical analysis of empirical and clinical findings. Research on the allergenic properties of common vegetables and methods of reducing their allergenic potential was conducted within a comprehensive systemic approach, utilising a range of general scientific and specialised methods. The work was based on the molecular allergology concept, which considers food allergenicity through the lens of the structural properties of protein components and their interactions with the human immune system. The theoretical foundation of the study included the concepts of protein cross-reactivity and the thermostability of allergenic epitopes, which explain the phenomenon of preserved immunogenic properties in certain proteins even after thermal processing.

The review was conducted as a comparative systematic synthesis of literature published between 2018 and 2025, using the databases PubMed, Scopus, and Web of Science. This method enabled the identification of key molecular factors of

allergenicity in various vegetable species based on the analysis of peer-reviewed publications. The search strategy combined relevant keywords and MeSH terms, including "vegetable allergenicity," "profilins," "PR proteins," "food processing," "thermal processing," "fermentation," "non-thermal technologies," "IgE reactivity," and "protein denaturation."

Inclusion criteria consisted of peer-reviewed studies published in English between 2018 and 2025 that focused on food allergenicity in human populations or used in vitro methods relevant to allergenic protein characterisation. Experimental research, clinical trials, systematic reviews, and technological assessments of food processing techniques that affect the possibility for allergies were among the papers that qualified. Studies based only on animal models without direct relevance to human allergenicity, conference abstracts without complete methodological details, non-English publications, non-scientific sources, and studies not concentrating on vegetable allergens or processing-induced protein modifications were all excluded. These standards made ensuring that evidence that was directly related to the objectives of the current analysis and supported by science was included.

Initially, 214 publications were found in the chosen databases (Figure 1); after duplicates were eliminated, 168 items were left. After screening by title and abstract, 79 studies were found to match the initial relevance requirements. 34 studies were kept for in-depth analysis after full-text appraisal and the application of inclusion and exclusion criteria. A sufficiently strong and varied body of data was provided for the review's thematic and methodological goals by these, which included 14 experimental research, 8 clinical investigations, 8 technological or biochemical evaluations, and 4 systematic reviews. Three additional sources were authoritative clinical and informational resources, not peer-reviewed research articles. They were used solely to provide background context, definitions, and clinically verified descriptions of allergy-related conditions and allergens.

A comparative method was used to assess the effectiveness of thermal processing (boiling, baking, frying), enzymatic processing (lactic acid fermentation, enzymatic hydrolysis), and non-thermal methods (ultrasound treatment, high pressure, cold plasma) in terms of changes in protein immunogenicity, degree of denaturation, and preservation of nutritional value. This analysis was based on technological studies. A method of systematisation and classification of experimental and clinical research allowed the organisation of findings into structured tables that reflect the biological and immunological factors of allergenicity in carrots, celery, tomatoes, and potatoes, as well as technological methods for reducing their allergenic potential. A total of 34 studies were included, with 8 focusing on carrots, 7 on celery, 9 on tomatoes, and 10 on potatoes. The data extraction process was conducted independently by two reviewers to minimise selection bias, and any discrepancies were resolved through discussion to ensure consistency.

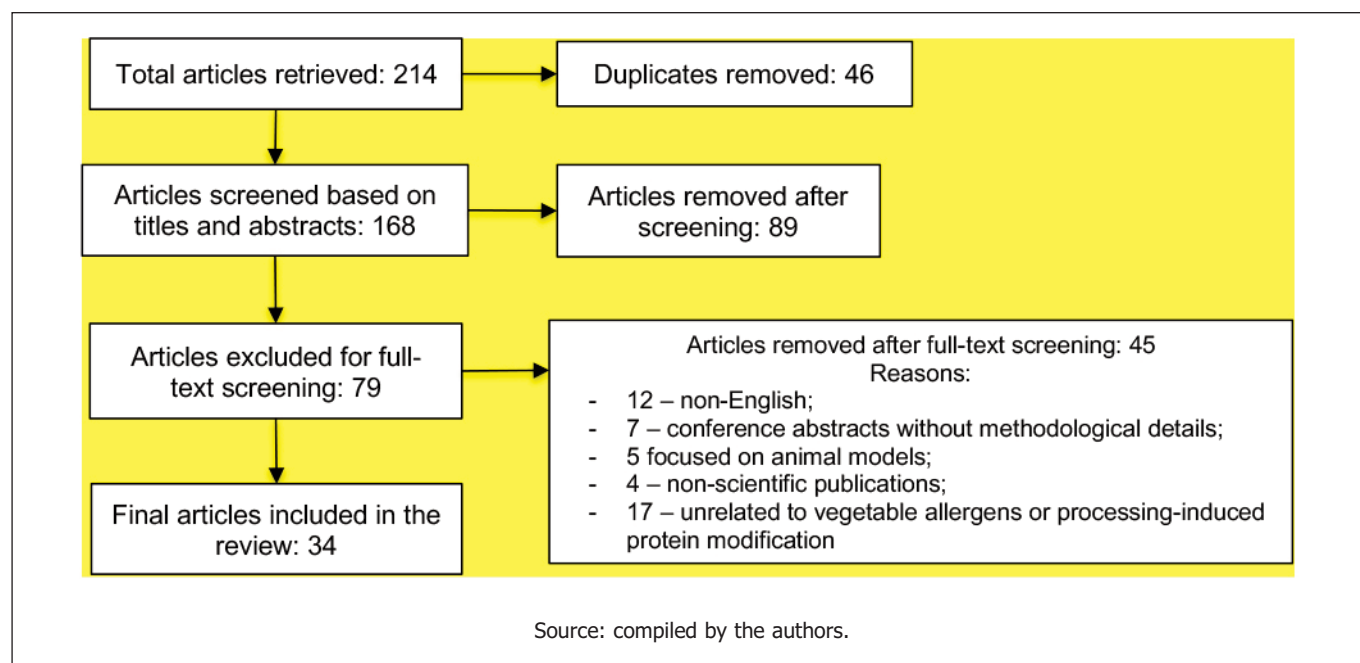


Figure 1. Flowchart of literature search and selection process

and accuracy. To reinforce reliability, this review adhered to the PRISMA guidelines for systematic reviews, ensuring a transparent and rigorous approach to data extraction and analysis.

The method of critical analysis was applied to assess the reliability and clinical relevance of results obtained by different research groups. This enabled the identification of the most substantiated data on the effectiveness of various processing methods, based on such criteria as reduction in IgE reactivity, degree of antigen epitope degradation, consumer safety, and technological feasibility. To describe the clinical manifestations of allergic reactions and evaluate the effectiveness of different vegetable processing methods, clinical studies were analysed. The impact of gastric secretory status on the formation of allergic reactions was assessed using biomedical research data. To develop criteria for assessing the allergenicity of food products, regulatory documents of the European Food Safety Authority were used⁹. Recommendations on current approaches to the diagnosis and treatment of food allergies were drawn from informational resources of professional medical organisations¹⁰⁻¹².

RESULTS

Review and theoretical justification of the allergenic properties of common vegetables

A total of 34 studies were analysed, including 8 clinical investigations, 14 in vitro experimental studies, and 8 technological or biochemical evaluations. Allergic reactions to vegetables are based on complex mechanisms of interaction

between the protein components of these foods and the human immune system, which has already been sensitised to similar antigenic structures. In the case of commonly consumed vegetables such as carrots, celery, tomatoes, peppers, or root vegetables (beetroot, parsley), specific types of proteins – particularly profilins and so-called pathogenesis-related (PR) proteins – play a central role in the onset of allergic responses. These protein molecules are part of the natural defence mechanisms of plants against stress factors, infections or mechanical damage. At the same time, they possess antigenic determinants capable of triggering an immune response in the human body. When allergenic proteins enter the mucosal surfaces of the gastrointestinal tract in sensitised individuals, they provoke the production of IgE antibodies. These antibodies bind to the surface of mast cells and basophils, which subsequently release histamine, leukotrienes, and cytokines. These inflammatory mediators give rise to the characteristic clinical manifestations of food allergy – ranging from localised symptoms such as oral itching or mucosal swelling to systemic complications such as anaphylactic shock, requiring urgent medical intervention. It has been established that even a minute amount of plant protein may elicit an active immune response if sensitisation has already occurred¹⁰.

An important factor in determining the allergenic potential of vegetables lies in the structural characteristics and thermal stability of their proteins. Certain allergens, including some profilins, are altered or degraded during heating, which reduces the likelihood of acute allergic reactions after consuming boiled or stewed vegetables. However, heat-stable proteins

– common among PR proteins – retain their antigenic properties even after thermal processing. Therefore, individuals with heightened sensitivity to raw carrots or celery may still experience symptoms after consuming soups or sauces prepared with these vegetables. In addition, there is the phenomenon of cross-reactivity, whereby proteins from different vegetable species share similar amino acid sequences or spatial configurations with pollen allergens or other plant-derived proteins. As a result, in sensitised individuals, the immune system may recognise these familiar determinants and initiate an immune cascade, clinically manifesting as an allergy to several related plant sources simultaneously^{1,3} (in vitro findings).

Celery holds a particular place among vegetables with a high risk of allergenicity, with allergic reactions most frequently observed in individuals with cross-sensitivity to birch and mugwort pollen. In clinical studies, 30–40% of individuals with pollen allergies report sensitivity to celery¹². Carrots are also commonly cited in clinical practice as a trigger of oral allergy syndrome, which includes symptoms such as swelling of the lips, tongue, palate, and throat itching. Tomatoes and peppers often exhibit sensitising potential due to the preservation of protein structures even after cooking and the presence of additional compounds that may irritate the mucosal lining. Research indicates that approximately 15% of individuals allergic to pollen also experience sensitivities to tomatoes or peppers^{13,14} (experimental and in vivo findings). Although most epidemiological assessments indicate that the overall prevalence of vegetable allergy is lower compared to other food allergens (such as nuts or milk), the true incidence is likely underestimated. This is largely due to the fact that mild to moderate reactions are frequently misdiagnosed or at-

tributed to other gastrointestinal conditions. Such cases typically do not appear in official statistics and are not subjected to proper differential diagnosis with other allergic or non-specific food reactions (experimental findings). The key biological and immunological factors influencing the allergenicity of vegetables are summarised in Table 1.

Table 1 summarises the multifactorial model of the pathogenesis of allergic reactions to vegetable allergens, demonstrating the interplay between the molecular-biological characteristics of plant proteins and the physiological features of the patient's gastrointestinal tract.

This systematisation of factors is essential for a differentiated approach to the diagnosis and dietary management of patients with food allergies, as it enables the prediction of clinical responses to various culinary processing methods of vegetables. Taking these pathogenetic characteristics into account in clinical practice enhances the effectiveness of therapeutic and preventive measures by allowing for personalised selection of thermal processing schemes, fermentation, or other methods of plant material modification according to the individual sensitisation profile of the patient. This becomes particularly important in the presence of cross-reactivity between food and inhalant allergens (experimental findings).

To reduce risks associated with the consumption of potentially allergenic vegetables, many countries have introduced labelling standards for food products containing the most common allergens. Such labelling helps improve consumer awareness, especially for individuals with confirmed allergies to specific dietary components. However, since certain vegetable proteins are not yet included in the list of major aller-

Table 1. Biological and immunological factors affecting the allergenicity of vegetables

Factor	Specific example/condition	Mechanism of action	Clinical significance
Type of vegetable protein	Profilins, PR proteins	Determine thermal stability and immunogenic potential	Necessitates personalised selection of food processing methods
Cross-sensitisation	Birch or mugwort pollen, peanuts	Similarity in amino acid sequences	Induces allergic reactions to multiple related sources simultaneously
Gastric secretion status	Hypoacidity (pH>4)	Impaired protein hydrolysis→preservation of antigenic structures	Increases risk of allergy even to proteins with low inherent allergenicity
Form of the vegetable	Raw/processed/fermented	Varies in the degree of preservation of active epitopes	Patients may exhibit reactions only to specific forms (e.g., raw vegetables)
Individual IgE profile	Sensitisation to specific proteins (e.g., rApi g 1.01, rBet v 2)	Targets thermolabile or thermostable proteins	Enables prediction of post-processing protein tolerability

Source: created by the author on the basis of^{14,15} (in vivo findings).

gens, food manufacturers are not always required to indicate them on product labels. This creates specific challenges for individuals with confirmed or potential sensitivities, as well as for healthcare professionals striving to develop safe dietary plans³ (in vitro findings).

It should be noted that the development of a robust national policy in the field of food allergy prevention must be based on reliable scientific evidence, including studies assessing the impact of different vegetable processing methods on reducing allergenic potential¹⁶ (technological/industrial findings).

Specialised clinical observations and in-depth studies conducted in allergy centres have shown that reactions to common vegetables can occur in various age groups, from preschool children to the elderly¹⁷ (in vivo findings). Some evidence points to increased sensitivity to raw root vegetables (notably carrots, celery, or beetroot), manifesting as oral itching, lip or tongue swelling, or even clinically pronounced oral allergy syndrome. In such cases, it is believed that the vegetable's protein components may remain active in saliva and are not broken down during the initial stages of digestion. Up to 30% of individuals with oral allergy syndrome showed persistent IgE binding to proteins in raw vegetables after saliva incubation¹⁸ (in vivo findings). In patients prone to pollinosis (allergies to tree or grass pollen), these symptoms may be exacerbated due to the presence of cross-reactivity, where the immune system "confuses" structurally similar proteins^{18,19} (in vivo findings). The pollen-food allergy syndrome (PFAS) arises from an IgE-mediated immune response to specific proteins found in inhaled allergens (pollen) that cross-react with plant-derived food proteins present in some raw fruits, vegetables, and nuts²⁰ (in vivo findings). At the same time, cases of allergic reactions to thermally processed vegetables have also been reported, where a formally reduced level of thermolabile allergens does not guarantee complete elimination of immunological risk due to heat-resistant molecular fragments. While cooking alters many food proteins, exceptions exist – including heat-stable proteins found in celery, soybeans, and peanuts – that retain their allergenicity even after heat treatment. Studies have shown that up to 40% of patients with celery allergies continue to react to cooked celery¹⁸ (in vivo findings).

Research shows that the functional activity of gastric secretion plays a critical role in the proper breakdown of dietary proteins. When gastric acidity is reduced (i.e., when pH rises from the natural level of 1-2 to higher values), the activation of pepsinogen into pepsin is significantly impaired, which is necessary for the effective hydrolysis of protein molecules. In clinical tests, a pH increase above 4 in the stomach significantly impairs protein digestion in 60-70% of patients^{19,1} (in vivo and in vitro findings). Specific vegetable proteins may retain their structural integrity in the absence of sufficient acid hydrolysis, allowing them to bypass the stomach barrier and reach the small intestine virtually intact. Clinical observations confirm that patients with hypochlorhydria are more likely to

exhibit IgE-mediated immune reactions to dietary proteins²¹ (in vivo findings). Gastroenterological examinations have revealed a correlation between reduced gastric secretion and the incidence of allergic reactions, as undigested vegetable proteins retain their antigenic properties and can directly interact with immune cells of the intestinal mucosa¹⁹ (in vivo findings). Considering these factors, practitioners and patients suspected of vegetable allergies are advised to employ extended diagnostic protocols (including skin prick testing and specific IgE assays) and to carefully monitor dietary habits, particularly in terms of preparation methods. In the long term, such detailed evaluation may substantially improve the current medical care system for patients with food allergies and help develop more accurate recommendations for the safe consumption of commonly eaten vegetables.

Main methods of vegetable processing and their impact on allergenic activity

The method of vegetable preparation and processing can significantly influence their allergenic potential. This primarily includes thermal processing (boiling, stewing, frying, baking), blanching, fermentation, as well as specific industrial techniques such as drying, ultrasonic treatment, or altering the pH environment. A common feature of all these methods is their ability to modify the spatial structure of proteins, making them either less active immunologically or, conversely, preserving allergenic determinants in a stable form^{16,22} (experimental and technological/industrial findings). In controlled experiments, thermal treatment at 100°C for 20 minutes resulted in a 50% reduction in IgE binding in carrot proteins, while in tomatoes, the reduction was approximately 30%²³. Table 2 systematises the main technological methods for reducing the allergenic potential of vegetables, taking into account their effectiveness and practical applicability.

The systematisation of technological approaches presented in Table 2 demonstrates a gradation of methods according to their impact on protein allergenic structures, safety coefficient, and feasibility of practical application in clinical settings and the food industry. Boiling vegetables for 15-20 minutes typically results in a 20-40% decrease in allergenicity, while more intensive methods like high-pressure treatment can reduce allergenicity by up to 70%²³. A differentiated approach to selecting a processing method should consider the patient's individual sensitisation profile, the type of allergenic determinants, and the availability of technological equipment. Particular attention should be given to the parametrisation of processing conditions that ensure an optimal balance between the preservation of nutritional value and the disruption of immunogenic epitopes. The integration of these methods into clinical practice allows for the development of personalised dietary recommendations that account for the specific pathogenesis of allergic reactions in individual patients. Recent trials indicate that personalised dietary adjustments

Table 2. Technological methods of reducing the allergenic potential of vegetables

Processing method	Technological conditions	Expected effect on proteins	Practical application
Thermal processing (boiling, baking)	Temperature > 100°C, duration ≥ 20 min	Denaturation, partial degradation of thermolabile proteins	Effective for unstable proteins; does not ensure complete safety
Fermentation	Acidic environment, involvement of microorganisms	Hydrolysis into shorter peptides → reduced immunogenicity	Promising approach, though further clinical validation is required
Non-thermal methods	Ultrasound, high pressure, cold plasma	Alteration of protein conformation without heating	High cost and lack of standardisation limit current application
Combined technologies	Boiling + fermentation, pH adjustment + heating	Multilevel degradation of antigenic epitopes	Most promising for the development of hypoallergenic food products
Mechanical fragmentation	Chopping or grinding prior to cooking	Increased surface area → more effective denaturation	Recommended as an auxiliary method in household food preparation

Source: created by the author on the basis of ^{3,23,24} (technological/industrial findings).

based on processing methods result in 30-40% improved tolerability among patients with food allergies^{2,3}. A crucial aspect of implementing such technologies is a multidisciplinary approach that brings together the expertise of allergologists, gastroenterologists, food technologists, and molecular biologists to achieve optimal therapeutic outcomes.

Boiling and blanching for 15-20 minutes are considered basic methods commonly employed in domestic settings, public catering, and the food industry. When vegetables are immersed in hot water, protein structures may undergo denaturation (unfolding of protein chains) and aggregation (clumping), often leading to a loss of their original antigenic configuration. This may reduce the risk of acute reactions, particularly when consuming thermally processed carrots or celery²⁵ (in vitro findings). However, heat-stable allergens found in certain root vegetables, solanaceous and umbelliferous species may partially retain their structure even after prolonged boiling. For instance, studies have shown that heat-stable allergens in tomatoes and celery retain 30-40% of their allergenic properties after boiling for 30 minutes⁶. Consequently, some individuals with heightened sensitivity may still experience allergic symptoms after consuming soups or sauces. This phenomenon may be attributed to the fact that thermal processing does not always affect the critical IgE-binding sites of protein complexes (experimental findings). This underlines that the reduction in allergenic potential through heating is not universal and depends on the type of vegetable and its specific protein components.

Frying and baking at high temperatures may promote more intensive protein denaturation. However, in dense vegetable tissues, zones may form where heat penetration is slower, allowing the primary structure of certain allergens to remain intact. Additionally, Maillard reactions (interactions between amino acids and sugars under elevated temperatures) may produce

novel chemical compounds that can aggravate irritation of the oral and gastrointestinal mucosa. Studies have shown that Maillard reactions increase irritation by up to 40% in patients consuming thermally processed peppers²⁶ (in vitro findings). Therefore, thermal processing of varying intensity can exert a dual effect: on the one hand, protein denaturation may reduce their availability for immunoglobulin binding; on the other, side thermal reactions or uneven heat distribution may preserve or even enhance specific allergenic molecular fragments.

Fermentation involves the action of microorganisms (bacteria, fungi) or endogenous plant enzymes in transforming the chemical composition of a product. Examples include sauerkraut, pickling, and other prolonged vegetable preparations in acidic environments. Fermentation has been shown to reduce allergenicity by 20-30% in vegetables like carrots and cabbage, as pH changes and enzymatic activity play key roles in altering protein structure: certain fragments may break down into shorter peptides that are less detectable by the immune system²⁶ (in vitro findings). In clinical trials, fermented carrots exhibited 25-40% less IgE binding compared to raw carrots²⁵ (in vitro findings). Some observations have shown that fermented vegetables may elicit milder allergic reactions; however, these findings require further confirmation across different crop types²⁴ (technological/industrial findings). In some cases, fermentation serves as an additional means of decontamination from microorganisms and toxins. Fermented vegetables may reduce microbial load by 50-60%, but the persistence of certain allergenic determinants in fermented products remains a potential risk factor for hypersensitive individuals²⁷ (technological/industrial findings).

Non-thermal processing methods, such as mechanical grinding, vacuum packaging, or ultraviolet radiation, may variably alter allergenic activity. For instance, grinding and processing

carrots at 60-80°C for 15 minutes increases the surface area of vegetable proteins exposed to digestive enzymes, potentially facilitating their breakdown and potentially reducing their allergenicity by 20-30% in comparison to raw vegetables² (experimental findings). However, under certain conditions, small protein fragments may more readily reach deeper segments of the gastrointestinal tract and sensitise the immune system, especially if pH levels and enzymatic activity do not ensure adequate allergen degradation⁵ (technological/industrial findings). In industrial settings, where controlled lighting, drying, or the use of chemical stabilisers is applied, the preservation of allergenic proteins depends on a combination of factors: temperature, duration of processing, humidity levels, and the structure of the vegetable cells themselves (experimental findings).

Clinical observations suggest that in some patients with allergies, the allergenicity of celery and carrots significantly decreases after prolonged thermal processing. This can be attributed to high temperatures (about 150°C) degrading proteins responsible for allergic reactions¹³ (in vivo findings). For patients with specific types of protein sensitivity (particularly to components rApi g 1.01 and rBet v 2), thermally processed celery is often tolerated without symptoms. These specific proteins are sensitive to both high temperature and digestive processes, allowing certain individuals with celery allergy to safely consume the cooked form. It is important to note, however, that the tolerance of thermally processed celery depends on the individual's sensitisation profile to particular allergenic proteins¹². In contrast, those with cross-sensitisation to heat-stable structures (associated with homologous proteins in tree or weed pollen) may still exhibit allergic responses even after boiling²² (technological/industrial findings). These findings reinforce the notion that no universal processing method currently exists that guarantees the elimination of allergic risk. Nonetheless, an optimal combination of heating duration and intensity, pH alteration, and enzymatic treatment may significantly reduce the allergenicity of many vegetables.

Contemporary technologies such as high-pressure processing, ultrasound, and cold plasma treatment are currently in the experimental research stage. Studies indicate that cold atmospheric plasma can generate various reactive oxygen species capable of modifying protein structures and influencing their immunogenicity (experimental findings). Experimental data using IL8 and insulin models demonstrate that plasma-treated proteins markedly increase the expression of surface markers and alter cytokine secretion profiles in antigen-presenting cells²⁸. Notably, these effects cannot be replicated by simple hydrogen peroxide treatment, indicating the unique influence of short-lived reactive compounds on protein structures. Despite their promise, such methods have yet to gain widespread use in clinical practice due to their economic impracticality for mass consumption and the lack of large-scale clinical trials confirming their safety and efficacy²⁹ (experimental and in vitro findings).

Different vegetable processing methods not only influence taste and nutritional properties but can also significantly alter the allergenic profile of the product. Accordingly, healthcare providers and dietitians working with allergy-prone patients must take into account the relationship between the type of processing and the nature of the protein components involved.

Comparative analysis of results and prospects for practical application in the medical field

The most effective measures for reducing the allergenic potential of vegetable raw materials are those that directly influence the structural organisation of proteins and, accordingly, their ability to elicit IgE-mediated immune responses. In this context, the combination of hydrothermal processing (such as boiling, stewing, or blanching) with additional technological techniques (fermentation, pH modification, ultrasonic or high-pressure treatment) plays a pivotal role. Leading allergological studies confirm that thermolabile proteins lose their antigenic activity at sufficiently high temperatures and with adequate heating duration¹⁶ (technological/industrial findings). At the same time, in cases where thermostable allergens (mainly from the PR protein group) predominate, even prolonged boiling or frying may not guarantee complete elimination of clinically significant reactivity³⁰ (in vitro findings). Therefore, patients with confirmed sensitisation to thermostable proteins in carrots, celery, or tomatoes are advised to carefully select both the method and intensity of heat treatment, and in the presence of clinical manifestations, to consider alternative methods or completely avoid the consumption of certain vegetables in any form (experimental findings).

It is important to note that fermentation – particularly under conditions that promote active protein chain degradation (acidic environment, involvement of lactic acid bacteria) – has demonstrated promising results in reducing the allergenicity of various legumes, root vegetables, and cruciferous plants³¹ (in vitro findings). Through enzymatic transformations, proteins undergo hydrolysis into lower molecular weight fragments, which hampers the formation of immunologically relevant epitopes. However, existing data remain limited to a series of individual experimental studies, and thus the widespread use of fermentation processing for safe consumption by allergic individuals requires further randomised trials (experimental findings). In contrast, non-thermal technologies, such as ultrasound or high-pressure treatment, can alter the spatial conformation of certain proteins without intense heating, thereby preserving vitamins and micronutrients. Despite the observed reduction in IgE-binding capacity of plant proteins³² (technological/industrial findings), these methods are still rarely applied in industrial practice due to high investment costs for equipment and the lack of large-scale clinical trials validating their efficacy and safety.

A comparative analysis shows that, in medical practice, it is particularly important to differentiate patients according to

the types of proteins to which they are sensitised. This is achieved through extended panels of specific IgE testing, as well as skin prick testing with various forms of vegetables (e.g., raw and heat-treated). Such diagnostics allow for a precise determination of whether additional processing of a product is meaningful or whether a given patient must completely avoid it²² (technological/industrial findings). Patients who primarily react to thermolabile proteins can usually tolerate boiled or stewed vegetables relatively well¹⁹ (in vivo findings). In cases of cross-sensitisation to stable antigens of plant or pollen origin, even intensive thermal processing may not ensure safety. Selective consumption of fermented products may be viable if clinical observations confirm a significant reduction in IgE reactivity as a result of fermentation processes.

The practical application of these findings encompasses two strategic directions. Firstly, in clinical practice, allergologists and dietitians should provide in-depth counselling to patients on how to process vegetables appropriately, depending on their individual sensitisation profile. Recommendations include either complete exclusion of raw vegetables from the diet (for individuals with severe allergies) or, alternatively, prolonged boiling combined with mechanical fragmentation of the product, which increases the protein's exposure to thermal factors and enhances its denaturation³³ (in vivo findings). Secondly, food manufacturers targeting allergy-prone consumers should develop technological schemes combining thorough heating with fermentative or acidic treatment. Multi-stage methods appear especially promising, in which rapid initial heating (blanching) is followed by fermentation in a controlled environment, further degrading any residual allergenic determinants. Such developments require thorough laboratory control and a multidisciplinary approach, encompassing both technical aspects (optimisation of temperature and pH parameters) and medical safety criteria (monitoring the persistence of thermostable epitopes)¹⁶ (experimental and technological/industrial findings).

Overall, the data confirm that the greatest reduction in allergenicity is achieved when the processing method appropriately corresponds to the specific protein structure triggering the patient's immune response. Since no fully universal method exists, clinical practice must be based on individual approaches with careful evaluation of sensitisation and accompanying factors (e.g., gastric pH). Given the large body of findings from various research groups, the need arises for standardising protocols for assessing the allergenicity of vegetable proteins to determine which specific processing parameters (temperature, duration, pH, microbial composition in the case of fermentation) most effectively eliminate clinically significant reactions⁹. Food producers prioritising the development of allergy-safe products may benefit from advances in high-tech non-thermal methods (e.g., cold plasma), although the scalability of these technologies and their medical approval are still at the stage of scientific substantiation.

DISCUSSION

The conducted study comprehensively addresses the issue of how various processing methods influence the allergenic potential of common vegetables – an issue of considerable relevance for clinical practice, the food industry, and public health at large. The results obtained illustrate the complexity of allergic response mechanisms and confirm the necessity of a differentiated approach to vegetable processing depending on the type of protein allergens and the individual sensitisation profiles of patients.

The observed correlation between the molecular-biological characteristics of plant proteins and the specifics of the immune response aligns with the findings of Jacob et al.²⁵, who established that different carrot isoallergens (Dau c 1) retain allergenic activity even after thermal treatment. The study supports observations regarding the thermostability of specific proteins and the presence of sequential epitopes that are not destroyed even under heating in low-pH environments. Notably, according to these researchers, even the presence of a food matrix that may reduce the thermostability of carrot allergens does not guarantee the complete elimination of allergenic activity, thus reinforcing the conclusion that IgE-mediated reactions may persist after thermal processing of vegetables.

The developed systematisation of technological methods for reducing the allergenic potential of vegetables is consistent with the findings of Cuadrado et al.³⁰, who reviewed the effects of different processing methods on the immunoreactivity of allergenic nut proteins. Although the current study focuses on vegetables, there are observable parallels regarding how specific processing techniques affect the structural properties of allergenic proteins. In particular, the authors emphasise that molecular stability – associated with resistance to heating and proteolysis – is a key factor in the allergenicity of plant proteins, thus supporting the conclusion that protein thermostability must be taken into account when selecting the appropriate processing method.

The potential of fermentation for reducing the allergenic potential of vegetables is supported by the study conducted by Tan et al.²⁶, who analysed changes in nutritional components during vegetable fermentation and their impact on human health. According to the authors, fermentation leads to the degradation of soluble proteins into free amino acids, which is consistent with findings on the breakdown of proteins into shorter peptides that are less detectable by the immune system. However, as noted in both studies, fermented vegetables may contain potentially hazardous components, such as biogenic amines and nitrites, necessitating further research and the development of new technologies to ensure the safety of fermented products.

Systematised information on the biological and immunological factors influencing the allergenicity of vegetables is further

supported by the findings of Lokya et al.³⁴, who examined the prevalence of allergies associated with various food products, including peanuts, tree nuts, wheat, and soy. The authors highlight a recent increase in cases of food allergies and emphasise the need for the development of improved methods for the detection, diagnosis, and treatment of allergic reactions. These findings align with the identified need for enhanced diagnostic approaches for patients with vegetable allergies.

The analysis of the effectiveness of different vegetable processing methods to reduce allergenic potential is consistent with the findings of Williams¹⁶, who evaluated food processing technologies in the United States for their ability to reduce allergen content. According to the author, although thermal methods are traditionally used, emerging non-thermal technologies such as high-pressure processing and cold atmospheric plasma show promise in producing hypoallergenic foods. These methods modify allergenic proteins without applying heat, thus preserving product quality while reducing allergenic reactivity. This supports the notion that non-thermal processing methods are promising in reducing the allergenicity of vegetables.

The study demonstrates that integrated technological approaches combining various processing methods show the greatest potential for the development of hypoallergenic food products. These findings are consistent with the research of Sabaghi and Maleki³⁵, who examined strategies for reducing food allergenicity through the application of biopolymers, biologically active components, and food-derived enzymes. The study highlights that different enzyme, including proteolytic enzymes (such as pepsin, papain, and bromelain) and enzymes from the transferase group (e.g., transglutaminase), are capable of modifying protein structures in foods through processes such as degradation, cross-linking, and oligomerisation, which can alter the allergenic properties of dietary proteins.

The potential of fermentation as a method for reducing the allergenic potential of vegetables identified in this study is further confirmed by Siddiqui et al.²⁷, who report that fermentation facilitates the breakdown of compounds into more digestible forms and reduces the presence of toxins and pathogens in food. In addition, the authors note that fermented products contain probiotics that support digestion and nutrient absorption, which may offer added benefits for individuals with vegetable allergies.

The findings also highlight the necessity of a personalised approach to patient sensitisation profiles when selecting thermal processing methods for vegetables. This correlates with data presented by Gunal-Köroğlu et al.²¹ concerning the allergenic potential of unconventional proteins. Key determinants of allergenicity were identified, including the conformational structure of proteins, immunological cross-reactivity, food modification technologies, and the state of the intestinal microbiome. It was established that dysbiotic changes in gut microbiota increase the risk of hypersensitivity reactions, sup-

ported by evidence on the role of gastrointestinal secretory enzymes in the proteolytic transformation of dietary proteins.

The study found that thermal processing is not always effective in reducing the allergenic potential of vegetables, as certain proteins retain their structure even after heating. This is consistent with findings by Pak³⁶, who observed that although thermal and chemical processing can reduce the allergenicity of some foods, they do not render them entirely non-allergenic. The author underscores that combining food processing with other treatment approaches opens new pathways for safer, more convenient, and effective management of food allergies.

Findings regarding tomato allergy and processing methods are corroborated by the study of Włodarczyk et al.⁶, who identified tomatoes as one of the most common allergenic vegetables. The authors note that tomato allergy is also associated with other allergies, such as grass pollen and latex allergies, aligning with findings on cross-reactivity between food and inhalant allergens. The researchers emphasise that despite numerous efforts to identify and characterise tomato allergens, existing data remain insufficient, highlighting the need for further research in this area.

The study underlines the importance of understanding the mechanisms underlying allergic reactions and developing effective allergen detection methods. This is in agreement with the conclusions of López-Pedrouso et al.³⁷, who note that ensuring food safety is one of the greatest challenges in bringing new products to market. The authors stress the need for the development of novel high-throughput screening methods to identify potential allergens, particularly using protein databases and other online tools. They also suggest that targeted proteomics will become a powerful technology for quantifying hazardous proteins, which corresponds with current recommendations for expanded diagnostics, including skin prick tests and specific IgE analysis.

Research into the allergenic properties of commonly consumed vegetables and methods to reduce their allergenic potential is of considerable importance for clinical practice and the food industry. The analysis confirms that the effectiveness of various vegetable processing methods (thermal, enzymatic, and non-thermal) depends on the type and thermostability of allergenic proteins. The observed relationship between the molecular-biological characteristics of plant proteins and the immune response is consistent with the conclusions of leading researchers in the field, particularly the assertion that complete elimination of allergenicity is not achievable even after intensive processing.

However, several limitations of the study should be considered. The results' generalisability may be impacted by methodological variability among the examined research, which includes variations in experimental designs, processing settings, and sample sizes. Furthermore, a lot of research was

done in vitro, especially on heat processing and reducing allergenicity, which made clinical extrapolation difficult because there was no real-world validation. Furthermore, the non-thermal processing techniques included, such high-pressure therapy and ultrasound, are still in the experimental stage and do not yet have controlled clinical trials to prove their safety and effectiveness for general use. Finally, potential publication bias may also be a worry, as research with good outcomes are more likely to be published, while negative or inconclusive findings can be underreported. These elements emphasise the need for more investigation, especially carefully monitored clinical studies, to fully comprehend how food processing affects the likelihood of allergies.

CONCLUSIONS

The conducted study comprehensively addressed the impact of various processing methods on the allergenic potential of commonly consumed vegetables, specifically potatoes, carrots, celery, and tomatoes. The research provided an in-depth characterisation of the molecular mechanisms that modify the structure and bioavailability of allergenic proteins under the influence of diverse technological processes, establishing their clinical relevance for patients with food allergies. A thorough analysis of the biological and immunological factors influencing vegetable allergenicity demonstrated the pivotal role of profilins and PR-proteins in eliciting immune responses. These protein molecules, which form part of plants' natural defence systems, are characterised by thermal stability, immunogenicity, and the ability to trigger IgE-mediated reactions. The study confirmed the presence of cross-reactivity, whereby structural similarities between proteins from different plant species or pollen led to allergic reactions to multiple related sources. This phenomenon is of critical importance for differential diagnosis and dietary management.

The research also examined the impact of different food processing techniques on vegetable allergenicity in detail. Thermal processing (boiling, baking, frying) induces denaturation and partial degradation of thermolabile proteins, though it does not ensure the complete elimination of thermostable allergens. Fermentation in acidic environments involving microorganisms leads to the breakdown of proteins into shorter peptides, reducing their immunogenicity. Non-thermal methods (ultrasound, high pressure, cold plasma) alter the spatial configuration of protein molecules without heating; however, their clinical relevance requires further verification. A systematic analysis revealed that the greatest reduction in allergenic potential can be achieved through the combination of different techniques – for example, integrating hydrothermal processing with fermentation or pH modification. This multi-level destruction of antigenic epitopes significantly reduces the IgE-binding capacity of plant proteins. A key finding of the study was the identification of a correlation between an individual's sensitisation profile and the ef-

fectiveness of specific vegetable processing methods, thereby underscoring the need for a personalised approach to dietary recommendations. The systematisation of technological approaches for reducing vegetable allergenicity – considering their efficacy and practical applicability – provides a robust foundation for implementing personalised dietary recommendations tailored to the pathogenetic features of allergic responses in individual patients. The integration of these methods into clinical practice requires a multidisciplinary approach involving allergists, gastroenterologists, food technology specialists, and molecular biologists.

The limitations of this study included the limited number of large-scale clinical trials investigating novel processing methods and the lack of standardised protocols for evaluating the allergenicity of vegetable proteins. Future research should focus on the development of such protocols and the exploration of genetic factors influencing individual sensitivity to vegetable allergens.

REFERENCES

1. López-Pedrouso M, Lorenzo JM, Gagaoua M, Franco D. Current trends in proteomic advances for food allergen analysis. *Biology*. 2020;9(9):247. <https://doi.org/10.3390/biology9090247>
2. Dong X, Wang J, Raghavan V. Critical reviews and recent advances of novel non-thermal processing techniques on the modification of food allergens. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2020;61(2):196–210. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1722942>
3. Gonzalez PM, Cassin AM, Durban R, Upton JEM. Effects of food processing on allergenicity. *Curr Allergy Asthma Rep*. 2025;25:9. <https://doi.org/10.1007/s11882-024-01191-5>
4. Aninowski M, Kazimierzczak R, Hallmann E, Rachtan-Janicka J, Fijoł-Adach E, Feledyn-Szewczyk B, et al. Evaluation of the potential allergenicity of strawberries in response to different farming practices. *Metabolites*. 2020;10(3):102. <https://doi.org/10.3390/metabo10030102>
5. Liu Q, Lin S, Sun N. How does food matrix components affect food allergies, food allergens and the detection of food allergens? A systematic review. *Trends Food Sci Technol*. 2022;127:289–90. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.07.009>
6. Włodarczyk K, Smolińska B, Majak I. Tomato allergy: The characterization of the selected allergens and antioxidants of tomato (*Solanum lycopersicum*) – A review. *Antioxidants*. 2022;11(4):644. <https://doi.org/10.3390/antiox11040644>
7. El Mecherfi K, Todorov S, Albuquerque Cavalcanti de Albuquerque M, Denery-Papini S. Allergenicity of fermented foods: Emphasis on seeds protein-based products. *Foods*. 2020;9(6):792. <https://doi.org/10.3390/foods9060792>
8. Albuquerque TG, Bragotto APA, Costa HS. Processed food: Nutrition, safety, and public health. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(24):16410. <https://doi.org/10.3390/ijerph192416410>
9. EFSA GMO Panel, Mullins E, Bresson J-L, Dalmay T, Dewhurst IC, Epstein MM, et al. Scientific opinion on development needs for

- the allergenicity and protein safety assessment of food and feed products derived from biotechnology. *EFSA J.* 2022;20(1):7044. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7044>
10. Food Allergy Research & Education. Food allergy facts and statistics for the U.S. [Internet]. 2024. Available from: https://www.foodallergy.org/sites/default/files/2024-07/FARE%20Food%20Allergy%20Facts%20and%20Statistics_April2024.pdf
 11. Cleveland Clinic. Oral allergy syndrome (OAS): Symptoms & treatment. [Internet]. 2022. Available from: <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/23996-oral-allergy-syndrome>
 12. AllergyInsider. Celery allergen fact sheet. [Internet]. 2022. Available from: <https://www.thermofisher.com/allergy/us/en/allergen-fact-sheets/celery.html>
 13. Ballmer-Weber BK, Vieths S, Lüttkopf D, Heuschmann P, Wüthrich B. Celery allergy confirmed by double-blind, placebo-controlled food challenge: A clinical study in 32 subjects with a history of adverse reactions to celery root. *J Allergy Clin Immunol.* 2000;106(2):373–8. <https://doi.org/10.1067/mai.2000.107196>
 14. Sharma Y, Patil P. Biological and chemical factors influencing food allergies: A comprehensive review. *J Sci Res Rep.* 2024;30(6):787–94. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i62095>
 15. Lee MW, Lee HJ, Moon S, Shin KH. Usefulness of component-resolved diagnosis of pollen-food allergy syndrome. *Ann Lab Med.* 2024;44(4):378–80. <https://doi.org/10.3343/alm.2023.0466>
 16. Williams E. Assessment of food processing technologies on allergen reduction in United States. *Int J Food Sci.* 2024;7(2):1–10. <https://doi.org/10.47604/ijf.2540>
 17. Li S-K, Liu Z, Huang C-K, Wu T-C, Huang C-F. Prevalence, clinical presentation, and associated atopic diseases of pediatric fruit and vegetable allergy: A population-based study. *Pediatr Neonatol.* 2022;63(5):520–6. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2022.03.019>
 18. Carlson G, Coop C. Pollen food allergy syndrome (PFAS): A review of current available literature. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2019;123(4):359–65. <https://doi.org/10.1016/j.anai.2019.07.022>
 19. Pali-Schöll I, Untersmayr E, Klems M, Jensen-Jarolim E. The effect of digestion and digestibility on allergenicity of food. *Nutrients.* 2018;10(9):1129. <https://doi.org/10.3390/nu10091129>
 20. Kato Y, Morikawa T, Fujieda S. Comprehensive review of pollen-food allergy syndrome: Pathogenesis, epidemiology, and treatment approaches. *Allergol Int.* 2025;74(1):42–50. <https://doi.org/10.1016/j.alit.2024.08.007>
 21. Gunal-Köroğlu D, Karabulut G, Ozkan G, Yilmaz H, Gültekin-Subasi B, Capanoglu E. Allergenicity of alternative proteins: Reduction mechanisms and processing strategies. *J Agric Food Chem.* 2025;73(13):7522–46. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5c00948>
 22. Vanga SK, Jain M, Raghavan V. Significance of fruit and vegetable allergens: Possibilities of its reduction through processing. *Food Rev Int.* 2018;34(2):103–25. <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1239208>
 23. Dong G, Hinds LM, Soro AB, Hu Z, Sun D-W, Tiwari BK. Non-thermal processing technologies for allergen control in alternative protein sources for food industry applications. *Food Eng Rev.* 2024;16:595–617. <https://doi.org/10.1007/s12393-024-09378-2>
 24. Pi X, Yang Y, Sun Y, Cui Q. Recent advances in alleviating food allergenicity through fermentation. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2021;62(1):1–14. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1913093>
 25. Jacob T, Vogel L, Reuter A, Wangorsch A, Kring C, Mahler V, et al. Food processing does not abolish the allergenicity of the carrot allergen Dau c 1: Influence of pH, temperature, and the food matrix. *Mol Nutr Food Res.* 2020;64(18):e2000334. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202000334>
 26. Tan X, Cui F, Wang D, Lv X, Li X, Li J. Fermented vegetables: Health benefits, defects, and current technological solutions. *Foods.* 2024;13(1):38. <https://doi.org/10.3390/foods13010038>
 27. Siddiqui SA, Erol Z, Rugjii J, Taşçi F, Kahraman HA, Toppi V, et al. An overview of fermentation in the food industry – looking back from a new perspective. *Bioresour Bioprocess.* 2023;10:85. <https://doi.org/10.1186/s40643-023-00702-y>
 28. Pontes Silva T, Lacerda Cervantes de Carvalho AC, Liberato De Souza A, Caetano Chagas S, Paraíso Brandão De Miranda L, Ferreira Araújo Do Nascimento G, et al. Clinical and nutritional characteristics of children with food allergy attended on an ambulatory basis. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2024;44(2):266–74. <https://doi.org/10.12873/442pontes>
 29. Clemen R, Arlt K, von Woedtke T, Bekeschus S. Gas plasma protein oxidation increases immunogenicity and human antigen-presenting cell maturation and activation. *Vaccines.* 2022;10(11):1814. <https://doi.org/10.3390/vaccines10111814>
 30. Cuadrado C, Sanchiz A, Linacero R. Nut allergenicity: Effect of food processing. *Allergies.* 2021;1(3):150–62. <https://doi.org/10.3390/allergies1030014>
 31. Verma AK, Kumar S, Das M, Dwivedi PD. Impact of thermal processing on legume allergens. *Plant Foods Hum Nutr.* 2012;67(4):430–41. <https://doi.org/10.1007/s11130-012-0328-7>
 32. Braspaiboon S, Laokuldilok T. High hydrostatic pressure: Influences on allergenicity, bioactivities, and structural and functional properties of proteins from diverse food sources. *Foods.* 2024;13(6):922. <https://doi.org/10.3390/foods13060922>
 33. Fabbri ADT, Crosby GA. A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. *Int J Gastronomy Food Sci.* 2016;3:2–11. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2015.11.001>
 34. Lokya V, Parmar S, Pandey AK, Sudini HK, Huai D, Ozias-Akins P, et al. Prospects for developing allergen-depleted food crops. *Plant Genome.* 2023;16(3):e20375. <https://doi.org/10.1002/tpg2.20375>
 35. Sabaghi M, Maleki SJ. Mitigating food protein allergenicity with biopolymers, bioactive compounds, and enzymes. *Allergies.* 2024;4(4):234–53. <https://doi.org/10.3390/allergies4040016>
 36. Pak E. Food processing and its effects on allergenicity of food allergens. *Am J Stud Res.* 2024;2(4):23–8. <http://dx.doi.org/10.70251/HYJR2348.242328>
 37. López-Pedrouso M, Lorenzo JM, Alché JD, Moreira R, Franco D. Advanced proteomic and bioinformatic tools for predictive analysis of allergens in novel foods. *Biology.* 2023;12(5):714. <https://doi.org/10.3390/biology12050714>

Asociación entre el consumo de carne y productos cárnicos con los niveles fecales de *Fusobacterium nucleatum* en una población de adultos mayores

Association between meat and meat products consumption and fecal levels of *Fusobacterium nucleatum* in an older adult population

Josselyn PORTILLO-ALVAREZ¹, Flavia ESPINOZA-GARCIA¹, Edgardo J. PALMA-GUTIERREZ¹, Víctor MAMANI-URRUTIA², Fanny REQUENA^{1,2}, Joaquim RUIZ³, Fernando TUME¹

¹ Research Group in Metabolism and Molecular Nutrition, Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

² Grupo de Investigación: Nutrición y Alimentación Humana (GINAH), Universidad Científica del Sur, Lima, Perú.

³ Grupo de Investigación en Dinámicas y Epidemiología de la Resistencia a Antimicrobianos-"One Health", Universidad Científica de Sur, Lima, Perú.

Recibido: 13/octubre/2025. Aceptado: 5/diciembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El consumo frecuente de carnes rojas y procesadas se asocia con alteraciones del microbioma gastrointestinal. Entre las bacterias implicadas, *Fusobacterium nucleatum* (FN) destaca por su relación con inflamación y cáncer colorrectal, lo que la convierte en un microorganismo clave para estudiar el impacto de la dieta occidental en la salud intestinal de adultos mayores.

Objetivo: Determinar la asociación entre el consumo de carne y productos cárnicos con los niveles fecales de FN en una población específica de adultos mayores de Lima-Perú.

Material y métodos: En este estudio transversal-analítico se reclutaron a 111 adultos mayores (≥ 60 años) que asistían a un centro de atención al adulto mayor en Lima, Perú. La investigación se realizó entre agosto y noviembre de 2024. Se aplicó un cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (FCA) centrado en carnes, vísceras, menudencias y productos cárnicos industrializados. Además, se cuantificaron los niveles fecales de FN por el método de qPCR.

Resultados: Se detectaron niveles fecales de FN en el 20% de los participantes, con valores entre 4,4 y 6,5 $\log_{10}$ copias por gramo de heces ($5,23 \pm 0,61 \log_{10}$ copias/g). En lo que respecta a la FCA, se identificó un alto consumo de pollo y baja ingesta de otras carnes. La patita de pollo fue la menudencia con consumo a la semana más frecuente (75,7%) y fue el único alimento que se asoció con una mayor abundancia de FN ($p=0,027$). No hubo asociación estadísticamente significativa entre los niveles de la bacteria con las otras variables evaluadas.

Conclusión: Este es el primer estudio en Perú que evalúa la prevalencia de FN en adultos mayores. Solo un alimento cárnico mostró asociación con sus niveles. Se requieren estudios futuros para esclarecer la relación entre la dieta y los niveles de FN en distintos grupos poblacionales.

PALABRAS CLAVE

Microbiota intestinal, PCR en tiempo real, Dieta occidental, Bacterias proinflamatorias, Ingesta de carnes, Salud intestinal en adultos mayores.

ABSTRACT

Introduction: Frequent consumption of red and processed meat is associated with alterations in the gastrointestinal microbiome. Among the bacteria involved, *Fusobacterium nucleatum* (FN) stands out due to its link with

Correspondencia:
Fernando Tume
ltume@cientifica.edu.pe

inflammation and colorectal cancer, making it a key microorganism for studying the impact of Western diets on the intestinal health of older adults.

Objective: To determine the association between the consumption of meat and meat products and fecal FN levels in a specific population of older adults in Lima, Peru.

Materials and Methods: In this cross-sectional analytical study, 111 older adults (≥ 60 years) attending a senior care center in Lima, Peru, were recruited. The study was conducted between August and November 2024. A food frequency questionnaire (FFQ) focused on the consumption of meats, organ meats, offal, and industrialized meat products was administered. Additionally, fecal FN levels were quantified using qPCR. Results: Fecal levels of FN were detected in 20% of participants, with values ranging from 4.4 to 6.5 $\log_{10}$ copies per gram of feces ($5.23 \pm 0.61 \log_{10}$ copies/g). Regarding the FFQ, high consumption of chicken and low intake of other meats were identified. Chicken feet were the most frequently consumed offal weekly (75.7%) and were the only food significantly associated with higher FN abundance ($p=0.027$). No statistically significant association was found between FN levels and the other evaluated variables.

Conclusion: This is the first study in Peru to assess the prevalence of FN in older adults. Only one meat-derived food item was associated with its levels. Further studies are needed to clarify the relationship between diet and FN levels across different population groups.

KEYWORDS

Gut microbiota, Real-time PCR, Western diet, Pro-inflammatory bacteria, Meat intake, Gut health in older adults.

INTRODUCCIÓN

Estudios recientes indican que un alto consumo de carnes rojas y carnes procesadas se asocia con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades crónicas no transmisibles, incluido el cáncer colorrectal (CCR). Este incremento en el riesgo se atribuye a la formación de compuestos potencialmente nocivos durante el procesamiento, la cocción o la digestión de estos productos, los cuales pueden comprometer la integridad celular a lo largo del tracto gastrointestinal¹. Si bien estas alteraciones no se limitan a un grupo etario específico, adquieren especial relevancia en poblaciones vulnerables como los adultos mayores. En este grupo, la mayor prevalencia de enfermedades crónicas y los cambios fisiológicos asociados al envejecimiento se relacionan con un estado proinflamatorio y una disbiosis intestinal caracterizada por la disminución de bacterias beneficiosas y el incremento de taxones con potencial proinflamatorio².

Dentro de la compleja relación entre envejecimiento, enfermedades crónicas y dieta, investigaciones recientes resal-

tan la presencia de bacterias con un papel potencialmente mediador en esta interrelación³. Esto ha impulsado el interés por comprender cómo la dieta influye en la composición de la microbiota intestinal y, en consecuencia, cómo puede alterar la homeostasis en el intestino y otros tejidos. En este contexto, Van Soest et al.⁴ analizaron muestras fecales de adultos mayores europeos (65–79 años) y observaron que las dietas con mayor proporción de alimentos de origen animal se asociaron con cambios en la composición microbiana, destacando un incremento de bacterias con características proinflamatorias. De manera complementaria, otros estudios han reportado asociaciones entre determinados alimentos, como los lácteos, y un aumento en la abundancia de este tipo de bacterias⁵.

Entre los microorganismos considerados proinflamatorios destaca *Fusobacterium nucleatum* (FN), una bacteria anaerobia gramnegativa catalogada como patógeno oportunista y recientemente vinculada al desarrollo de CRC⁶. Un estudio prospectivo que incluyó a 124 433 participantes demostró que los patrones dietéticos proinflamatorios se asociaron con un mayor riesgo de carcinomas colorrectales que contenían FN⁷. En esta misma línea, Mima et al.⁸ reportaron que una mayor abundancia de FN en tejido tumoral se asocia con un peor pronóstico. A nivel mecanístico, se ha demostrado que FN puede promover directamente la progresión y metástasis del CRC⁹. Con base en estos hallazgos, surge la interrogante de si dietas consideradas proinflamatorias, como aquellas caracterizadas por un consumo frecuente de carne roja y procesada, podrían estar relacionadas con un aumento en los niveles de FN y, en consecuencia, con un mayor riesgo de CRC.

En Perú no se han realizado estudios que evalúen la relación entre la dieta y los niveles absolutos de bacterias asociadas con procesos inflamatorios, como FN. Esta línea de investigación adquiere especial relevancia en adultos mayores debido a su mayor vulnerabilidad y riesgo de desarrollar enfermedades crónicas, incluido el CRC, cuyo vínculo con la dieta y la microbiota intestinal continúa siendo explorado por diversos grupos de investigación. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue determinar la relación entre el consumo de carne y productos cárnicos y los niveles fecales de FN en adultos mayores que asisten al Centro de Cuidado Integral del Adulto Mayor (CIAM) en Los Olivos, Perú.

MÉTODOS

Diseño del estudio

Estudio observacional, transversal y analítico.

Participantes

Se reclutaron 111 adultos mayores de más de 60 años que se encontraban registrados en el Centro Integral del Adulto Mayor (CIAM) del distrito de Los Olivos, Lima-Perú en el año 2024. La recolección de datos se llevó a cabo entre agosto y

noviembre de 2024. El reclutamiento se realizó en el mismo centro, mediante afiches y difusión verbal en sus salones de clase. Para ser considerados en el estudio, los participantes debían tener una evaluación psicológica conforme y ser capaces de autogestionarse. Los participantes admitidos, firmaron el consentimiento informado y recibieron instrucciones sobre cómo recolectar, manipular y transportar sus muestras de heces. Se excluyeron a aquellos adultos mayores que presentaron diarreas en los 30 días previos a la evaluación y/o se sometieron a cirugías mayores del tracto gastrointestinal en los 3 meses anteriores. No se excluyó a participantes que estuvieran bajo tratamiento farmacológico, dado que el uso de medicamentos es habitual en adultos mayores. El número muestral se calculó con el programa OpenEpi en donde se consideró una potencia estadística del 80% y un intervalo de confianza del 95%. Los participantes fueron informados verbalmente y por escrito mediante el consentimiento informado.

Frecuencia de consumo de carnes y productos cárnicos

La frecuencia de consumo de alimentos (FCA) es un instrumento semicuantitativo que permite recolectar datos de ingesta de alimentos de los últimos 30 días previos a la evaluación. El instrumento fue revisado y adaptado por los investigadores, en base a un cuestionario diseñado para población colombiana (hasta los 60 años)¹⁰, y un cuestionario validado que evaluó la frecuencia de consumo autoadministrada en adultos hasta los 74 años en Argentina, Chile y Uruguay (ICC 0,49–0,74)¹¹. El instrumento incluyó una lista de alimentos clasificados como carnes, vísceras, menudencias y productos cárnicos industrializados. Aquella lista se elaboró a partir de reportes sobre alimentos frecuentemente consumidos por los peruanos, estos incluyen un reporte del Instituto Nacional de Salud¹², recetarios^{13,14} y la tabla peruana de composición de alimentos¹⁵. Al ser un instrumento cualitativo, no se tomaron datos de porciones, considerando que la estimación de porciones en adultos mayores presenta baja precisión, se priorizó el registro de frecuencia de consumo, estrategia recomendada en estudios epidemiológicos donde se evalúan exposiciones dietéticas relativas¹⁶. Se evaluó la frecuencia de consumo mensual (de 1 a 3 veces al mes), semanal (de 1 a 6 veces a la semana), diario (de 1 a 3 veces) o no consumo. Para los análisis estadísticos esta variable también se categorizó en consumo (al menos una vez al mes) o no consumo. La aplicación de este instrumento requirió aproximadamente 10 minutos y se realizó de manera presencial por nutricionistas capacitados siguiendo procedimientos estandarizados, lo cual incrementa la consistencia y reduce errores de memoria.

Recolección de muestras fecales

El día que se realizó la encuesta de FCA, cada participante trajo consigo una muestra fecal en donde previamente se le

había indicado que esta debía ser recolectada a partir de la primera evacuación del día. Tras la recepción de las muestras, los frascos coprológicos fueron rotulados y almacenados en un recipiente hermético con geles refrigerantes para garantizar la conservación de la cadena de frío durante su traslado al laboratorio de Microbiología Molecular y Genómica de la Universidad Científica del Sur. A su llegada, se almacenaron a -80 °C hasta su análisis correspondiente.

Extracción del ADN bacterial

Para realizar la extracción del ADN bacterial de las muestras de heces se empleó el kit QIAamp PowerFecal Pro DNA Kit (QIAGEN, Hilden, Germany). Todas las muestras fecales se homogenizaron previo al proceso de extracción y la cantidad de materia fecal utilizada para la extracción fue en promedio de 188 mg. La concentración de ADN obtenido (ng/μL) y la calidad (relación A260/A280 y A260/A230) fueron determinados con el espectrofotómetro BioTek Epoch (Agilent, California, United States).

Cuantificación de niveles fecales de *Fusobacterium nucleatum*

Para la cuantificación absoluta de FN, se realizó la metodología de PCR en tiempo real (qPCR) usando el equipo BIOER modelo FQD-48A (Hangzhou Bioer Technology Co., Ltd., Hangzhou, China) y considerando el kit SYBR Green (ABclonal Technology, Woburn, MA, USA). La preparación de la mezcla de reacción se realizó conforme a las instrucciones del proveedor. Las condiciones de ciclaje y temperatura del termociclador se aplicaron de acuerdo con el protocolo descrito por Tunsjø et al.¹⁷. Como parte del procedimiento para la cuantificación absoluta, se preparó una curva estándar utilizando material genómico de FN cepa VPI 4355 (25586D-5), obtenido de la ATCC (Manassas, VA). La curva consistió en 6 puntos con concentraciones de 10⁶, 10⁵, 10⁴, 10³, 10², 10¹ copias/μL. Durante la estandarización, la curva estándar presentó una eficiencia de amplificación promedio del 90% y un coeficiente de determinación (R²) de 0,992. Todos los experimentos se realizaron por duplicado y para considerar una muestra positiva, esta debió seguir los siguientes criterios: 1) el umbral de ciclo debió ser menor que el obtenido para la dilución menor de la curva estándar y 2) la temperatura de melting (Tm) debió ser la esperada para el producto de PCR. Para la expresión de los niveles de FN en heces, los valores se transformaron a Log₁₀ copias/g de heces.

Análisis estadístico

Los análisis se realizaron con el programa JASP versión 0.19.3. En donde se realizó estadística descriptiva como porcentajes, promedios y desviación estándar (DE). Los análisis descriptivos se realizaron con el total de la muestra, sin embargo, los análisis de asociación se limitaron a los 20 partici-

pantes que presentaron niveles detectables de FN. Esta restricción se aplicó para asegurar la validez analítica y minimizar el sesgo en participantes que presentaron niveles de la bacteria muy por debajo del valor mínimo en la curva estándar. Para comparar los niveles de FN entre las variables dicotómicas (Frecuencia de consumo de alimentos y sexo), se empleó la prueba de t de Student, ya que los datos de niveles de FN presentaron distribución normal (confirmada por la prueba Shapiro-Wilk). El tamaño de efecto fue expresado mediante la D de Cohen en los grupos que mostraron diferencias significativas. La submuestra con niveles detectables de FN (n=20) no permite modelos multivariados estables, dado que el número mínimo recomendado para regresión múltiple es de 10–15 eventos por predictor, por lo cual no se presentó dicho análisis.

Consideraciones éticas

Esta investigación contó con la aprobación del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Científica del Sur (CIEI-CIENTÍFICA), certificada mediante la constancia N.º 876-CIEI-CIENTÍFICA-2025.

RESULTADOS

Características de los participantes

Se evaluó a 111 adultos mayores, de los cuales el 82,0% fueron mujeres. La edad promedio de los participantes fue de $72,5 \pm 7,0$ años, y solo el 37,8% reportó haber nacido en Lima o Callao.

Tabla 1. Características de los adultos mayores, Lima-Perú. 2024

Variables	Media (DE)	n (%)
Edad (años)	72,6(7,0)	
Tiempo de residencia en Lima (años)	53,2 (19,6)	
Sexo		
Femenino		91 (82,0)
Masculino		20 (18,0)
Lugar de nacimiento en Lima o Callao		
Sí		69 (62,1)
No		42 (37,8)

Frecuencia de consumo de carnes y productos cárnicos

El 100% de los encuestados declaró haber consumido pollo durante el último mes, en donde el 91,0% de los participantes reportó consumirlo de manera semanal. Además, se evidenció un consumo reducido (al menos una vez al mes) de cárnicos como el pavo (10,8%), carne de carnero (25,2%) y cuy (25,2%). La menudencia de mayor consumo fue la patita de pollo, en donde el 88,3% de los encuestados declararon consumirla al menos 1 vez por mes. En lo que respecta a pro-

Tabla 2. Frecuencia de consumo de carnes, vísceras y productos cárnicos de los adultos mayores, Lima-Perú. 2024

Alimentos	No consumo		Consumo mensual		Consumo semanal		Consumo diario	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Carnes								
Carnero	83	74,8	19	17,1	9	8,1	0	0
Cerdo	33	29,7	51	45,9	27	24,3	0	0
Gallina	40	36,0	39	35,1	32	28,8	0	0
Pollo	0	0,0	2	1,8	101	91,0	8	7,2
Res	38	34,2	30	27,0	43	38,7	0	0
Cabrito	102	91,9	7	6,3	2	1,8	0	0
Cuy	64	57,7	42	37,8	5	4,5	0	0
Pato	83	74,8	25	22,5	3	2,7	0	0
Pavita	49	44,1	37	33,3	25	22,5	0	0
Pavo	99	89,2	9	8,1	3	2,7	0	0

Tabla 2 continuación. Frecuencia de consumo de carnes, vísceras y productos cárnicos de los adultos mayores, Lima-Perú. 2024

Alimentos	No consumo		Consumo mensual		Consumo semanal		Consumo diario	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Vísceras y menudencias								
Hígado de pollo	60	54,1	8	7,2	42	37,8	1	0,9
Sangre de pollo	74	66,7	21	18,9	16	14,4	0	0
Corazón de res	88	79,3	17	15,3	6	5,4	0	0
Hígado de res	62	55,9	32	28,8	17	15,3	0	0
Panza de res (mondongo)	45	40,5	48	43,2	18	16,2	0	0
Pulmón de res (bofe)	66	59,5	36	32,4	9	8,1	0	0
Molleja	55	49,6	22	19,8	34	30,6	0	0
Corazón de pollo	61	55,0	12	10,8	38	34,2	0	0
Patita de pollo	13	11,7	12	10,8	84	75,7	2	1,8
Productos cárnicos industrializados								
Chorizo	98	88,3	11	9,9	2	1,8	0	0
Chicharrón de prensa	99	89,2	8	7,2	4	3,6	0	0
Jamonada	95	85,6	8	7,2	8	7,2	0	0
Mortadela	101	91,0	5	4,5	5	4,5	0	0
Paté	102	91,9	5	4,5	4	3,6	0	0
Hot dog	85	76,6	16	14,4	10	9,0	0	0
Jamón del país	74	66,7	26	23,4	11	9,9	0	0
Productos cárnicos industrializados								
Relleno de chancho	94	84,7	16	14,4	1	0,9	0	0
Queso de chancho	110	99,1	0	0,0	1	0,9	0	0
Milanesa	76	68,5	23	20,7	12	10,8	0	0
Hamburguesa de carne	94	84,7	12	10,8	5	4,5	0	0
Nuggets	101	91,0	8	7,2	2	1,8	0	0
Cecina de chancho	94	84,7	16	14,4	1	0,9	0	0
Cabanossi	103	92,8	7	6,3	1	0,9	0	0
Pepperoni	105	94,6	5	4,5	1	0,9	0	0
Salame	107	96,4	4	3,6	0	0,0	0	0
Tocino	98	88,3	9	8,1	4	3,6	0	0
Salchicha huachana	96	86,5	15	13,5	0	0,0	0	0

ductos cárnicos industrializados, el más consumido, al menos una vez al mes, fue el hot dog (23,4%).

Asociación entre el consumo de carnes y productos cárnicos con niveles de FN

Se detectaron niveles fecales de FN en el 20% de los participantes, con valores entre 4,4 y 6,5 log₁₀ copias por gramo de heces (5,23 ± 0,61 log₁₀ copias/g). Al hacer el análisis en estos participantes, no se observaron diferencias significativas en la abundancia absoluta entre hombres y mujeres (Tabla 3).

El análisis mediante la prueba t de Student mostró diferencias estadísticamente significativas en la abundancia de FN según la clasificación de consumo de patitas de pollo (p = 0,027), evidenciando una mayor abundancia de esta bacteria en las personas que las consumen.

nen una baja frecuencia de consumo de carnes y productos cárnicos industrializados, a excepción del pollo que se consumió al menos una vez al mes. Situación que puede diferir en otros contextos poblacionales, por ejemplo, Grasso et al.¹⁸ reportaron que adultos mayores de Países Bajos consumen más carne de la que se recomienda para una dieta saludable (550 g/semana), priorizando el consumo de carnes rojas y procesadas sobre las carnes blancas. Tales diferencias pueden explicarse por la cultura alimentaria de ambos países. En el contexto peruano, nuestros resultados difirieron de los reportados por Bernui et al.¹⁹, en donde al analizar la ingesta alimentaria de 265 adultos mayores de 60 a 80 años en el distrito de Comas, geográficamente cercano a nuestra población de estudio, encontraron que el 86% de los participantes consumían diariamente carne, pescado o pollo, y que el 59,8% llegaba a consumir 3 alimentos de dicha categoría diariamente; sin embargo, es importante

Tabla 3. Comparación de la abundancia de *Fusobacterium nucleatum* (Log₁₀ copias/g de heces) según variables sociodemográficas de los adultos mayores, Lima-Perú, 2024

Variables		n	Media	DE	p*	D de Cohen
Sexo	Femenino	15	5,26	0,68	0,71	0,19
	Masculino	5	5,14	0,39		
Nacimiento en Lima o Callao	No	13	5,25	0,66	0,82	0,11
	Si	7	5,19	0,49		

* t de Student; p<0,05.

Tabla 4. Relación entre la frecuencia de consumo de patita de pollo y los niveles fecales de *Fusobacterium nucleatum* (Log₁₀ copias/g de heces) en adultos mayores, Lima-Perú, 2024

Variables		n	Media	DE	p*	D de Cohen
Patita de pollo	No consumo	3	4,53	0,15	0,03	1,50
	Consumo	17	5,35	0,58		

* t de Student; p<0,05. La prueba no paramétrica U Mann–Whitney también es significativa (p=0,02).

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio muestran que la frecuencia de consumo de carnes y productos cárnicos industrializados no se asoció con presencia en los niveles fecales de FN en una población de adultos mayores. Sin embargo, el consumo de patita de pollo que encuentra dentro de la categoría “vísceras, menudencias y despojos” mostró asociación con la abundancia de FN en heces.

Los hallazgos de este estudio muestran que los adultos mayores del CIAM ubicado en un distrito de la capital del Perú, tie-

señalar que el consumo de alimentos fuente de proteína fue evaluado mediante el Mini Nutritional Assessment (MNA), cuyo objetivo principal es identificar el riesgo de desnutrición. A diferencia de la FCA, el MNA no proporciona una evaluación detallada de la frecuencia de consumo, ya que agrupa alimentos por categorías generales y se limita a registrar si estos se consumen o no diariamente, lo cual no permite una estimación precisa de la frecuencia de ingesta²⁰.

En el presente estudio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la abundancia de FN según el

sexo ($p = 0,714$); sin embargo, las mujeres mostraron una media ligeramente mayor que los varones, con un tamaño del efecto pequeño (d de Cohen = $0,19$). Estos resultados sugieren que el sexo, por sí solo, no constituye un factor determinante en la abundancia fecal de FN en adultos mayores. Del mismo modo, la ausencia de diferencias significativas según el lugar de residencia refuerza la idea de que múltiples factores actúan de manera conjunta para regular la presencia de bacterias específicas en el intestino.

En nuestro estudio se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la abundancia de FN y el consumo de patita de pollo, que además fue el alimento más consumido por la población evaluada dentro de la categoría de “vísceras, y menudencias”. Este patrón alimentario podría estar influenciado por factores económicos, culturales y nutricionales. Específicamente, el precio por kilogramo en mercados mayoristas se encuentra en un rango de USD 1,84 a USD 2,28²¹, lo que la convierte en una opción accesible para poblaciones con ingresos limitados. Esta accesibilidad económica podría haber influido en la elevada frecuencia de consumo semanal observada en los adultos mayores. Este alimento suele formar parte de preparaciones tipo “sopa”, en las cuales es sometido a altas temperaturas que podrían afectar la biodisponibilidad de proteínas como el colágeno. Tal argumento resulta coherente con lo señalado por Wu et al.²² en su revisión sistemática, donde se indica que las proteínas de origen animal, especialmente aquellas sometidas a procesamiento térmico, pueden favorecer la abundancia de bacterias proteolíticas como FN, debido a la generación de metabolitos derivados de la fermentación proteica en el colon. Además, Claesson et al.²³ encontraron que dietas ricas en proteínas animales y pobres en fibras se asocian con una menor diversidad microbiana y un perfil proinflamatorio en adultos mayores lo cual podría facilitar la colonización por bacterias oportunistas como FN. Por otro lado, Narii et al.⁵ reportaron una asociación inversa entre el consumo de productos lácteos y la presencia de FN en adultos sanos, sugiriendo que ciertos componentes dietéticos pueden modular su abundancia y potencialmente tener influir en la carcinogénesis colorrectal. Con relación a nuestros hallazgos, la asociación entre los niveles de FN y consumo de patita de pollo se podría explicar en que este alimento es una fuente rica en colágeno y proteínas estructurales, sustratos que podrían favorecer la fermentación proteica y la proliferación de FN²⁴.

Si bien se observó una diferencia estadísticamente significativa en los niveles de FN entre quienes reportaron consumo de patita de pollo y quienes no, este resultado debe interpretarse con cautela debido al tamaño reducido del grupo (no consumo=3), lo cual puede generar estimaciones inestables. Aunque la d de Cohen indicó un tamaño de efecto grande ($1,50$), este valor podría estar sobreestimado por la baja variabilidad del grupo menor. Sin embargo, a pesar del análisis amplio en otros tipos de carnes y productos cárnicos evaluados, no se encontró asociación en ninguno de ellos.

Limitaciones

Este estudio representa uno de los primeros esfuerzos por evaluar la relación entre el consumo de carnes y productos cárnicos con los niveles fecales de FN en adultos mayores peruanos, aportando evidencia inicial sobre el vínculo entre dieta y microbiota intestinal en esta población. Sin embargo, se reconocen ciertas limitaciones, por ejemplo, el tamaño muestral pudo haber limitado la potencia estadística del análisis, en especial cuando se hizo el análisis de asociación en el pequeño grupo de participantes con niveles detectables de FN, no obstante, el uso de la prueba t de Student se sustentó en la normalidad confirmada ($p > 0,05$), además, incorporamos un análisis no paramétrico complementario (U Mann–Whitney), cuyo resultado fue consistente con el obtenido mediante la prueba t , lo cual aumenta la confianza en los hallazgos.

Se puede reconocer como limitación, el hecho que los adultos mayores evaluados presentaron un bajo consumo de varios alimentos incluidos en el listado, lo cual pudo influir en la ausencia de asociaciones significativas. Además, el cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (FCA) utilizado fue validado en adultos mayores latinoamericanos, pero no específicamente en población adulta mayor peruana, lo que podría introducir sesgos de medición en los patrones dietéticos reportados. Otra limitación fue la falta de estudios previos que evalúen la ingesta de patita de pollo en relación con la microbiota intestinal, lo que limita la posibilidad de comparar nuestros hallazgos con evidencia existente.

Recomendaciones

Se recomienda que futuras investigaciones incorporen un listado más amplio de alimentos y utilicen FFQ de tipo cuantitativo, que permitan estimar no solo la frecuencia sino también la cantidad ingerida y los métodos de preparación, con el fin de caracterizar patrones dietéticos más precisos. Finalmente, se sugiere incluir variables adicionales como el nivel de actividad física, la calidad del sueño, los antecedentes familiares y el consumo de fármacos, que podrían estar asociados con la abundancia de bacterias intestinales como FN y contribuir a un análisis más integral del estado de salud en adultos mayores.

CONCLUSIÓN

Este estudio evidenció variabilidad en los niveles fecales de FN en una población específica de adultos mayores del distrito de Los Olivos, Lima, Perú. No se encontró una asociación significativa entre el sexo o el lugar de nacimiento con los niveles fecales de FN. Entre los productos cárnicos evaluados, solo el consumo de patita de pollo mostró una relación con la abundancia de esta bacteria. Se requieren estudios adicionales en diferentes poblaciones para confirmar estos hallazgos y evaluar el impacto de dietas ricas en car-

nes y productos cárnicos industrializados sobre miembros clave de la microbiota intestinal.

FINANCIAMIENTO

Esta investigación fue financiada por la Universidad Científica del Sur a través de sus fondos internos (Resolución Directoral N.º 005-DGIDI-CIENTIFICA-2024).

AGRADECIMIENTOS

A Hilda Mezarina y a Raúl Núñez del CIAM-Los Olivos por su apoyo constante en el reclutamiento de los participantes. Además, agradecemos a Angie Castillo por su guía en los experimentos de qPCR.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ungvari Z, Fekete M, Varga P, Lehoczki A, Munkácsy G, Fekete JT, et al. Association between red and processed meat consumption and colorectal cancer risk: a comprehensive meta-analysis of prospective studies. *Geroscience*. 2025;47(3):5123-5140.
2. Wang Y, Qu Z, Chu J, Han S. Aging Gut Microbiome in Healthy and Unhealthy Aging. *Aging Dis*. 2024;16(2):980-1002.
3. Gyriki D, Nikolaidis CG, Bezirtzoglou E, Voidarou C, Stavropoulou E, Tsigalou C. The gut microbiota and aging: interactions, implications, and interventions. *Front Aging*. 2025;6:1452917.
4. van Soest APM, Hermes GDA, Berendsen AAM, van de Rest O, Zoetendal EG, Fuentes S, et al. Associations between pro- and anti-inflammatory Gastro-intestinal Microbiota, diet, and cognitive functioning in Dutch healthy older adults: The NU-AGE study. *Nutrients*. 2020;12(11):3471.
5. Narii N, Zha L, Sobue T, Kitamura T, Shiba S, Mizutani S, et al. Association between diet and *Fusobacterium nucleatum* in the feces of healthy adults: A hospital-based cross-sectional study. *Cancer Prev Res*. 2023;16(2):119-26.
6. Brennan CA, Garrett WS. *Fusobacterium nucleatum* — symbiont, opportunist and oncobacterium. *Nat Rev Microbiol*. 2021;19(5):325-39.
7. Liu L, Tabung FK, Zhang X, Nowak JA, Qian ZR, Hamada T, et al. Diets that promote colon inflammation associate with risk of colorectal carcinomas that contain *Fusobacterium nucleatum*. *Clin Gastroenterol Hepatol*. 2018;16(10):1622-31.e3.
8. Mima K, Nishihara R, Qian ZR, Cao Y, Sukawa Y, Nowak JA, et al. *Fusobacterium nucleatum* in colorectal carcinoma tissue and patient prognosis. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2016;25(2):273-81.
9. Chen S, Zhang L, Li M, Zhang Y, Sun M, Wang L, et al. *Fusobacterium nucleatum* reduces METTL3-mediated m6A modification and contributes to colorectal cancer metastasis. *Nat Commun*. 2022;13(1):1248.
10. Álvarez J, Zapata LIG. Diseño de un cuestionario de frecuencia para evaluar la ingesta alimentaria en la Universidad de Antioquia, Colombia. *Nutr Hosp*. 2011;26(6):1333-44.
11. Elorriaga N, Irazola VE, Defagó MD, Britz M, Martínez-Oakley SP, Witriw AM, et al. Validation of a self-administered FFQ in adults in Argentina, Chile and Uruguay. *Public Health Nutr*. 2015;18(1):59-67.
12. Instituto Nacional de Salud. Almuerzos familiares saludables Lima Metropolitana y Callao 2024. Lima: INS; 2024.
13. Ministerio de Salud (MINSa). Recetario nutritivo, económico, saludable. Lima: MINSa; 2011.
14. Cánepa-Koch G, Hernández-Macedo M, Biffi-Isla V, Zuleta-García M. Cocina e identidad culinaria peruana como patrimonio cultural inmaterial. Lima: Ministerio de Cultura; 2011.
15. Instituto Nacional de Salud. Tablas peruanas de composición de alimentos. Lima: INS; 2017.
16. Shim JS, Oh K, Kim HC. Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiol Health*. 2014;36:e2014009.
17. Tunsjø HS, Gundersen G, Rangnes F, Noone JC, Endres A, Bermanian V. Detection of *Fusobacterium nucleatum* in stool and colonic tissues from Norwegian colorectal cancer patients. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*. 2019;38(7):1367-76.
18. Grasso AC, Olthof MR, van Dooren C, Broekema R, Visser M, Brouwer IA. Protein for a healthy future: How to increase protein intake in an environmentally sustainable way in older adults in the Netherlands. *J Nutr*. 2021;151(1):109-19.
19. Bernui I, Delgado-Pérez D. Factores asociados al estado y al riesgo nutricional en adultos mayores de establecimientos de atención primaria. *An Fac Med*. 2021;82(4):261-8.
20. Henríquez-Mella C, Crovetto M. Food consumption frequency based on the Mini Nutritional Assessment (MNA) and its association with probable sarcopenia as measured by handgrip strength in a group of Chilean older persons aged 65 and over. *Nutrients*. 2025;17(11):1773.
21. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Herramientas para consultar precios de alimentos - Mi Caserita. Lima: MIDAGRI; 2024.
22. Wu S, Bhat ZF, Gounder RS, Ahmed IAM, Al-Juhaimi FY, Ding Y, et al. Effect of dietary protein and processing on gut microbiota-A systematic review. *Nutrients*. 2022;14(3):678.
23. Claesson MJ, Jeffery IB, Conde S, Power SE, O'Connor EM, Cusack S, et al. Gut microbiota composition correlates with diet and health in the elderly. *Nature*. 2012;488(7410):178-84.
24. Carrasco Machado SW. Colágeno aviar como alternativa emulsificante en la elaboración de salchicha, paté y mortadela. Lima: Universidad Técnica de Bolívar; 2024.

Asociación entre dos fórmulas enterales, indicadores nutricionales y complicaciones en pacientes post operados de un hospital nacional, Perú

Association between two enteral formulas, nutritional indicators, and complications in postoperative patients at a national hospital, Peru

Isabel Margot ACEVEDO RIQUE, Ivonne Isabel BERNUI LEO

Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 10/septiembre/2025. Aceptado: 5/diciembre/2025.

RESUMEN

Introducción: La nutrición enteral tiene un impacto significativo en los indicadores nutricionales de un individuo. Proporciona nutrientes necesarios para mantener la homeostasis corporal; promueve la recuperación en un proceso quirúrgico, mitigando mayor complicación.

Objetivos: Determinar la asociación entre dos fórmulas enterales, indicadores nutricionales y complicaciones en pacientes post operados de un hospital nacional, Perú.

Métodos: Estudio analítico y de cohorte retrospectiva. Se accedió a la historia clínica del departamento de cirugía general de un hospital nacional del Perú (nov-2019 a dic-2023). La muestra fue de 96 pacientes de ambos sexos distribuidos en dos grupos de 48, programados para cirugías por cáncer gastrointestinal. Se les administró solo un tipo de fórmula enteral (estándar o inmunomoduladora) como tratamiento nutricional, con seguimiento hasta el alta. Se utilizó análisis descriptivo y bivariado por la prueba chi-cuadrado de Pearson, U de Mann-Whitney y de rangos con signo de Wilcoxon, con un $p < 0,05$.

Resultados: La edad promedio fue de $52 \pm 18,0$ años, el 51% fueron mujeres. La estadía intrahospitalaria promedio fue de $31 \pm 15,8$ días. No se observaron diferencias significa-

tivas entre grupos antes de la intervención. En la evaluación pre-post, el peso se redujo en ambos grupos ($p < 0,001$); pliegue cutáneo tricipital "PCT" ($p < 0,05$) y el conteo linfocitario ($p < 0,01$) aumentaron significativamente en ambos grupos, siendo mayor en aquellos con fórmula inmunomoduladora. Después de la intervención, solo se observó significativamente un mayor conteo linfocitario en aquellos con fórmula inmunomoduladora, siendo más centrado dentro del rango normal ($= 1607,1 \pm 319,7$; $p = 0,037$). Hubo asociación entre el tipo de fórmula enteral y la presencia de complicaciones clínicas: hiperglucemia, regurgitación, diarrea, dolor abdominal, distensión abdominal, fístula enterocutánea, dehiscencia de anastomosis, infección del sitio operatorio y neumonía ($p < 0,05$).

Conclusión: La fórmula enteral inmunomoduladora estuvo asociado a mejores indicadores nutricionales como PCT y conteo de linfocitos, presentando menores complicaciones clínicas frente a fórmula estándar.

PALABRAS CLAVES

Complicaciones postoperatorias, Inmunonutrición, Nutrición enteral, Neoplasias gastrointestinales, Adyuvantes inmunológicos.

LISTA DE ABREVIATURAS

PCT: Pliegue cutáneo tricipital.

CB: Circunferencia braquial.

CMB: Circunferencia media de brazo.

Correspondencia:
Isabel Margot Acevedo Rique
ibernuil@unmsm.edu.pe

ABSTRACT

Introduction: Enteral nutrition has a significant impact on an individual's nutritional indicators. It provides the necessary nutrients to maintain body homeostasis and promotes recovery in the postoperative period, mitigating further complications.

Objectives: To determine the association between two enteral formulas, nutritional indicators, and complications in postoperative patients at a national hospital in Peru.

Methods: This was a retrospective cohort study. Medical records from the general surgery department of a national hospital in Peru were accessed (Nov-2019 to Dec-2023). The sample consisted of 96 patients of both sexes, divided into two groups of 48, scheduled for surgery for gastrointestinal cancer. They received only one type of enteral formula (standard or immunomodulatory) as nutritional therapy and were followed until discharge. Descriptive and bivariate analyses were performed using Pearson's chi-squared test, the Mann-Whitney U test, and the Wilcoxon signed-rank test, with a p-value <0.05.

Results: The mean age was 52 ± 18.0 years, and 51% were women. The mean hospital stay was 31 ± 15.8 days. No significant differences were observed between groups pre-intervention. In the pre-post assessment, weight decreased in both groups ($p < 0.001$); triceps skinfold thickness (TSF) ($p < 0.05$) and lymphocyte count ($p < 0.01$) increased significantly in both groups, with higher values in those receiving the immunomodulatory formula. Post-intervention, only the significantly higher lymphocyte count was observed in those receiving the immunomodulatory formula, and it remained more within the normal range (mean = 1607.1 ± 319.7 ; $p = 0.037$). There was an association between the type of enteral formula and presence of clinical complications: hyperglycemia, regurgitation, diarrhea, abdominal pain, abdominal distension, enterocutaneous fistula, anastomotic dehiscence, surgical site infection, and pneumonia ($p < 0.05$).

Conclusion: The immunomodulatory enteral formula was associated with better nutritional indicators such as PCT and lymphocyte count, and presented fewer clinical complications compared to the standard formula.

KEYWORDS

Postoperative complications, Immunonutrition, Enteral Nutrition, Gastrointestinal Neoplasms, Adjuvants Immunologic.

INTRODUCCIÓN

Las necesidades nutricionales del cuerpo humano pueden volverse especialmente complejas en situaciones clínicas críticas, como el período de recuperación posquirúrgica. En estos contextos, el soporte nutricional artificial, junto con el uso de fórmulas inmunomoduladoras, desempeña un papel

fundamental en la prevención y mitigación de complicaciones posoperatorias^{1,2}.

La nutrición debe ser oportuna y eficiente a fin de minimizar los riesgos de morbi-mortalidad durante la estancia hospitalaria, especialmente cuando los pacientes enfrentan condiciones que dificultan su capacidad de obtener nutrientes adecuados a través de medios dietéticos tradicionales o estados nutricionales carenciales^{3,4}. El apoyo nutricional artificial actúa como un elemento fundamental para la supervivencia, proporcionando nutrientes esenciales directamente al cuerpo a través de diversas vías, como la administración enteral (alimentación por sonda) o parenteral (intravenosa)^{5,6}. Este método es especialmente vital en los casos en que la ingesta oral se ve comprometida debido a cirugías, enfermedades u otras complejidades médicas⁷⁻⁹.

A pesar de que la cirugía es una herramienta eficiente y necesaria para el tratamiento de enfermedades complejas, el cuerpo puede experimentar complicaciones posquirúrgicas¹⁰. Estas complicaciones pueden variar desde infecciones y problemas de cicatrización de heridas hasta desequilibrios del sistema inmunológico, lo cual puede impedir el proceso de recuperación y prolongar las estancias hospitalarias^{11,12}.

Las fórmulas inmunomoduladoras, como parte del repertorio de la nutrición artificial, son suplementos nutricionales y están elaboradas para satisfacer las necesidades nutricionales básicas de los pacientes; así también, para permitir aprovechar nutrientes específicos y compuestos bioactivos^{6,13}. Al adaptar las fórmulas nutricionales para reforzar la función del sistema inmunológico, se pretende reducir la incidencia y la gravedad de las complicaciones posquirúrgicas^{13,14}. Estas fórmulas están diseñadas para proporcionar un equilibrio óptimo de macronutrientes (proteínas, carbohidratos y grasas) y micronutrientes (vitaminas, minerales y antioxidantes) que desempeñan funciones fundamentales en el apoyo a la función inmune y la reparación de tejidos¹⁵⁻¹⁷.

Existen diversas investigaciones en las que se atribuyen beneficios posquirúrgicos por efecto de la inmunonutrición; sin embargo, falta evidencia suficiente para emitir consensos concluyentes al respecto, con mayor énfasis en pacientes con exposición a cirugías por cáncer¹⁶.

Por lo expuesto el presente trabajo tiene como objetivo determinar la asociación entre dos fórmulas enterales, indicadores nutricionales (antropométricos y exámenes laboratoriales) y complicaciones en pacientes post operados de un hospital nacional de Lima, Perú.

MATERIAL Y MÉTODOS

Es un estudio analítico y de cohorte retrospectiva. La población estuvo conformada por 126 historias clínicas de pacientes, de la cual se obtuvo una muestra de 96 registros, con pacientes de ambos sexos hospitalizados en salas del

Servicio de Cirugía General del Hospital Nacional Hipólito Unanue. Con las autorizaciones respectivas del hospital, se recopilaban los datos de la misma historia clínica de cada paciente en el Área de Archivos desde noviembre del 2019 a diciembre del 2023.

Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, constituyendo dos grupos de intervención dados los criterios de elegibilidad, como se señala en la figura 1 (Grupo con fórmula enteral estándar=48 registros; Grupo con fórmula inmunomoduladora=48 registros). Criterios de inclusión: 1. Mayor de 18 años; 2. Con diagnóstico confirmado patológicamente; 3. Con cirugía programada por cáncer gastrointestinal, con procedimientos quirúrgicos como eso-

fagectomía, gastrectomía total o subtotal, pancreatoduodenectomía y pancreatectomía, resección colorrectal, hemicolectomía izquierda o derecha, colectomía y resección rectal con o sin ileostomía; 4. En ausencia de radioterapia o quimioterapia en un mes previo a la cirugía; 5. Con datos clínicos completos. Criterios de exclusión: 1. Con historia previa de cirugía torácica o cirugía de open-close o cirugías con resección de vía gastrointestinal. 2. Gestantes o en condición de lactancia; 3. Con inmunodeficiencia o enfermedades autoinmunes conocidas; 4. Con diagnóstico de gran quemado, cirrosis, insuficiencia renal crónica terminal en hemodiálisis, falla cardíaca crónica; 5. Con cirugía de urgencia. 6. Con alergia o intolerancia a componentes de la fórmula enteral.

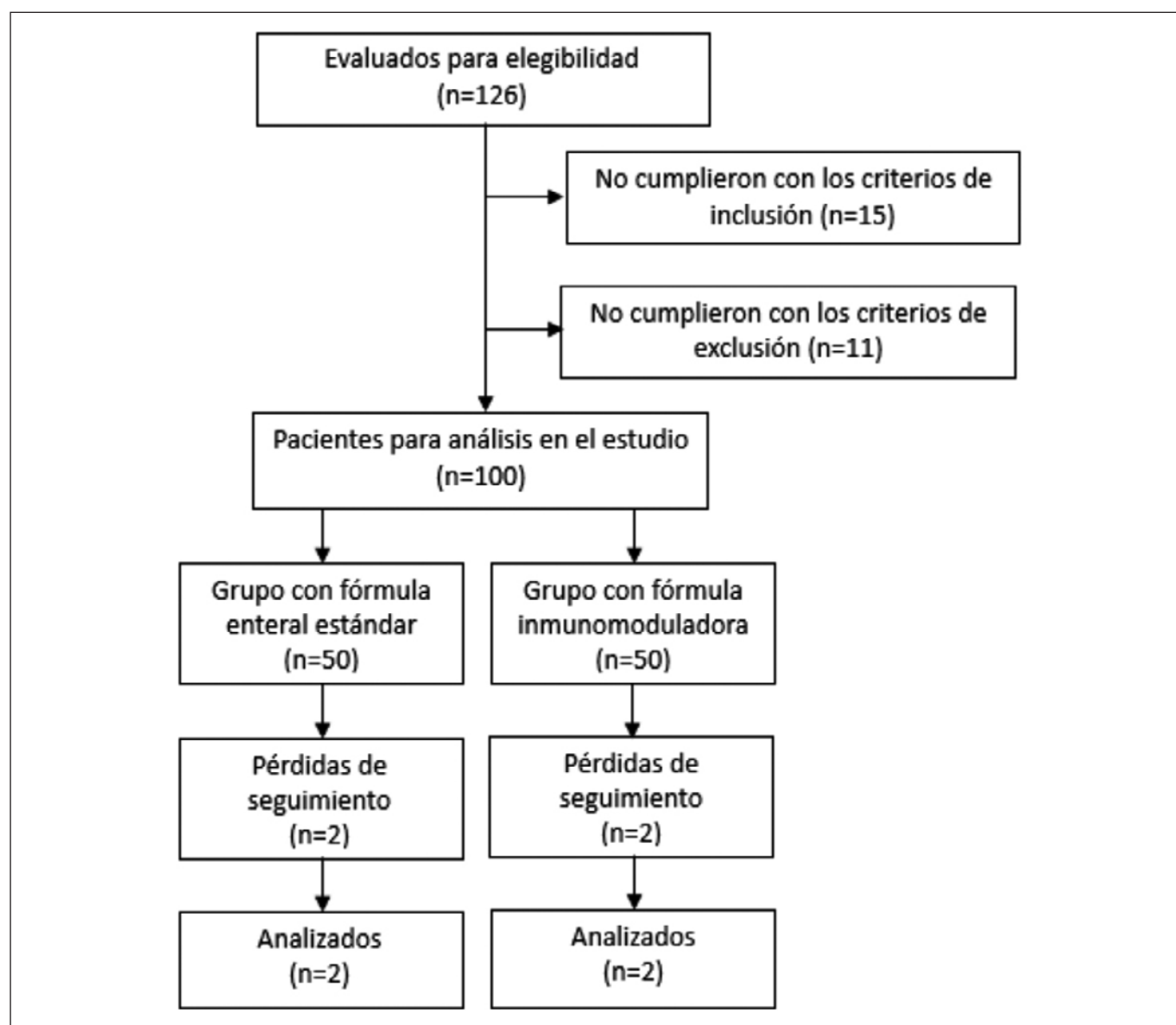


Figura 1. Diagrama de flujo del estudio

A un grupo se le suministró una fórmula inmunomoduladora (Inmunex Plus Polvo Victus, constituida en 123g por proteínas 41,2g: lactoalbúmina 18,5g, isoleucina 2,7g, leucina 3,6g, valina 3,7g, arginina 7,0g y glutamina 5,7g; carbohidratos 60g y ácidos grasos ω -3 5,5g, triglicéridos de cadena media 5,5g; además de vitaminas y minerales. Calorías Totales=500 calorías, Osmolaridad=380mOsm/L, Densidad calórica= 1kcal/ml); y al otro, una fórmula polimérica estándar (Ensure polvo Abbot constituido en 100g por proteínas 15,9g, carbohidratos 57,4g y grasas 14g; además de vitaminas y minerales. Calorías Totales=428 calorías, Osmolaridad=390mOsm/L, Densidad calórica= 1kcal/ml).

El periodo de administración del nutriente fue entre las 24-48 horas post cirugía, dada la indicación médica para inicio de soporte nutricional, con monitoreo diario y seguimiento hasta el alta, por un tiempo mínimo de más de 5 días. Los pacientes recibieron nutrición enteral a través de una sonda nasoyeyunal por bomba de infusión continua, iniciando con una velocidad de infusión de entre 10-20ml/h. La ingesta energética objetivo fue de 25-30 kcal/kg por día; y la proteica fue de 1,2-1,5 g de proteína/kg por día, con progresos según requerimiento nutricional de cada paciente a fin de cubrir su demanda en macro y micronutrientes con un margen de adecuación del 3%. No hubo cambios en el protocolo durante el desarrollo de la investigación.

Variables e Instrumentos

De la historia clínica se obtuvieron datos respecto a características sociodemográficas, indicadores antropométricos y exámenes laboratoriales, como los siguientes: edad, sexo, comorbilidades (diabetes mellitus e hipertensión), peso actual y usual (kg), PCT (cm), circunferencia media del brazo (cm) (CMB), albúmina (g/dL), hemoglobina (g/dL) y conteo linfocitario (uL). Las complicaciones posquirúrgicas se definieron como cualquier desviación del pronóstico normal de la fase de recuperación tras la cirugía siendo hiperglucemia (126mg/dl), regurgitación, diarrea, dolor abdominal, distensión abdominal, fístula enterocutánea, dehiscencia de anastomosis, infección del sitio operatorio, neumonía, absceso abdominal infección del tracto urinario, bacteriemia y vómito.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo a través de la media, desviación estándar (DE) y frecuencia absoluta. Se realizó un análisis bivariado inferencial para variables categóricas a través de la prueba chi-cuadrado de Pearson; para variables numéricas, previo a la evaluación de la normalidad de las variables, se usó la prueba de U de Mann-Whitney y la prueba de rangos con signo de Wilcoxon con significancia observable en gráficos de cajas y bigotes. Se aplicó un nivel de significancia menor a 0,05. Se procesaron los datos con el software estadístico IBM SPSS Statistics 27.

Aspectos éticos

Se obtuvo la aprobación del Comité Institucional de Ética en Investigación del Hospital Nacional Hipólito Unanue (Registro 37502). Se aplicó la declaración de Taipéi para el manejo de bases de datos en salud y las normas bioéticas establecidas por la Declaración de Helsinki¹⁸.

RESULTADOS

En la tabla 1 se evaluaron diversas características antes a la intervención según los grupos por tipo de fórmula enteral. Con respecto a las características sociodemográficas de los 96 pacientes, se observó que la edad promedio fue de $52,0 \pm 18,0$ años; 49% (n=47) fueron hombres y el 51% mujeres (n=49). Entre los grupos, no hubo diferencias significativas en las características sociodemográficas, tanto para la edad ($p=0,755$) como para el sexo ($p=0,540$); tampoco la hubo al comparar la presencia de comorbilidades: diabetes mellitus ($p=0,504$) e hipertensión ($p=0,627$). En el total de la muestra, la diabetes mellitus estuvo en un 10,4% (n=10) y la hipertensión lo estuvo en un 22,9% (n=22). Con respecto a los indicadores antropométricos, en el total de la muestra, la media del peso antes de la intervención fue de $63,7 \pm 11,1$ kg, la media del PCT antes fue $11,3 \pm 2,8$ cm y la media de CMB antes fue de $21,2 \pm 2,0$ cm; no mostrando diferencias significativas entre ambos grupos. En relación a los indicadores clínicos, para toda la muestra, el promedio de hemoglobina fue $10,4 \pm 2,1$ g/dL; el de la albúmina fue $2,8 \pm 0,8$ g/dL; el del conteo de linfocitos fue de $1035,4 \pm 539,0$ uL. No se observaron diferencias significativas de los indicadores clínicos entre los pacientes por grupo.

En la tabla 2 se analizaron las diferencias entre los indicadores de evaluación después de la intervención por grupo. La estadía intrahospitalaria promedio fue de $31 \pm 15,8$ días, con un rango entre 10 a 95 días de permanencia en el hospital; sin embargo, no tuvo diferencias significativas entre grupos ($p=0,689$). Para toda la muestra, el peso presentó una media de $54,4 \pm 9,8$ kg; para el PCT fue $11,7 \pm 2,4$ mm; para el CMB fue de $21,2 \pm 2,0$ cm y para el conteo de linfocitos fue de $1512,4 \pm 409,8$ uL. No se encontraron diferencias significativas para dichos indicadores, salvo para el conteo de linfocitos ($p=0,037$), siendo mayor y más centrado dentro del rango normal el valor promedio del grupo con fórmula inmunomoduladora ($=1607,1 \pm 319,7$); en aquellos con fórmula estándar, el promedio también estuvo dentro del rango normal ($=1417,7 \pm 467,9$).

A través de la comparación de los indicadores antes frente a los obtenidos después de la intervención nutricional con fórmulas enterales, se observaron diferencias significativas en tres indicadores. Con respecto a la mediana del peso, se observó una reducción significativa en ambos grupos de intervención, con mayores valores antes del respectivo tratamiento en cada grupo. Grupo con fórmula estándar

Tabla 1. Indicadores de evaluación en los pacientes hospitalizados antes de la intervención según tipo de fórmula nutricional de destino

Indicador	Tipo de fórmula enteral*		p-valor**
	Estándar (n=48)	Inmunomoduladora (n=48)	
Características sociodemográficas			
Edad (años)	52,6 ± 19,1	51,5 ± 17,1	0,755
Sexo			0,540
Hombre	25 (52,1)	22 (45,8)	
Mujer	23 (47,9)	26 (54,2)	
Comorbilidades			
Diabetes mellitus			0,504
Presente	6 (12,5)	4 (8,3)	
Ausente	42 (87,5)	44 (91,7)	
Hipertensión			0,627
Presente	10 (20,8)	12 (25,0)	
Ausente	38 (79,29)	36 (75,0)	
Antropometría			
Peso antes (kg)	65,3 ± 12,1	62,1 ± 9,8	0,235
Pliegue cutáneo tricipital (mm)	11,3 ± 2,9	11,3 ± 2,7	0,721
Circunferencia media del brazo (cm)	21,1 ± 2,1	21,2 ± 1,8	0,500
Exámenes laboratoriales			
Albumina sérica (g/dL)	3,3 ± 4,4	2,9 ± 0,7	0,071
Hemoglobina (g/dL)	10,5 ± 2,2	10,4 ± 2,0	0,684
Conteo de linfocitos (uL)	963,8 ± 564,5	1106,9 ± 508,1	0,149

* Los datos fueron expresados en media ± DE para variables continuas, en conteo y porcentaje para variables categóricas.

** Para variables continuas: prueba de U de Mann-Whitney. Para variables categóricas: prueba chi-cuadrado de Pearson.

dar_(Antes-Después): desde un =65,3kg (DE= 12,1kg) a un =55,2kg (DE= 9,2kg), $p<0,001$; Grupo con fórmula inmunomoduladora_(Antes-Después): desde un =62,1kg (DE= 9,8kg) a un =53,6kg (DE= 10,3kg), $p<0,001$ (Figura 2).

Tanto en el PCT como en el conteo de linfocitos, destacaron incrementos en los respectivos grupos, siendo significativamente más altos los valores después del tratamiento; incluso con una mayor diferencia en el grupo con fórmula inmunomoduladora. En el PCT, grupo con fórmula estándar_(Antes-Después): desde un =11,3mm (DE= 2,9mm) a un =11,6mm (DE= 2,6mm), $p=0,017$; grupo con fórmula inmu-

nomoduladora_(Antes-Después): desde un =11,3mm (DE= 2,7mm) a un =12,0mm (DE= 2,3mm), $p=0,002$ (Figura 3). En el conteo de linfocitos, grupo con fórmula estándar_(Antes-Después): desde un =963,8uL (DE= 564,5uL) a un =1417,7uL (DE= 467,9uL), $p=0,001$; grupo con fórmula inmunomoduladora_(Antes-Después): desde un =1106,9uL (DE= 508,1uL) a un =1607,1uL (DE= 319,7uL), $p=0,001$ (Figura 4).

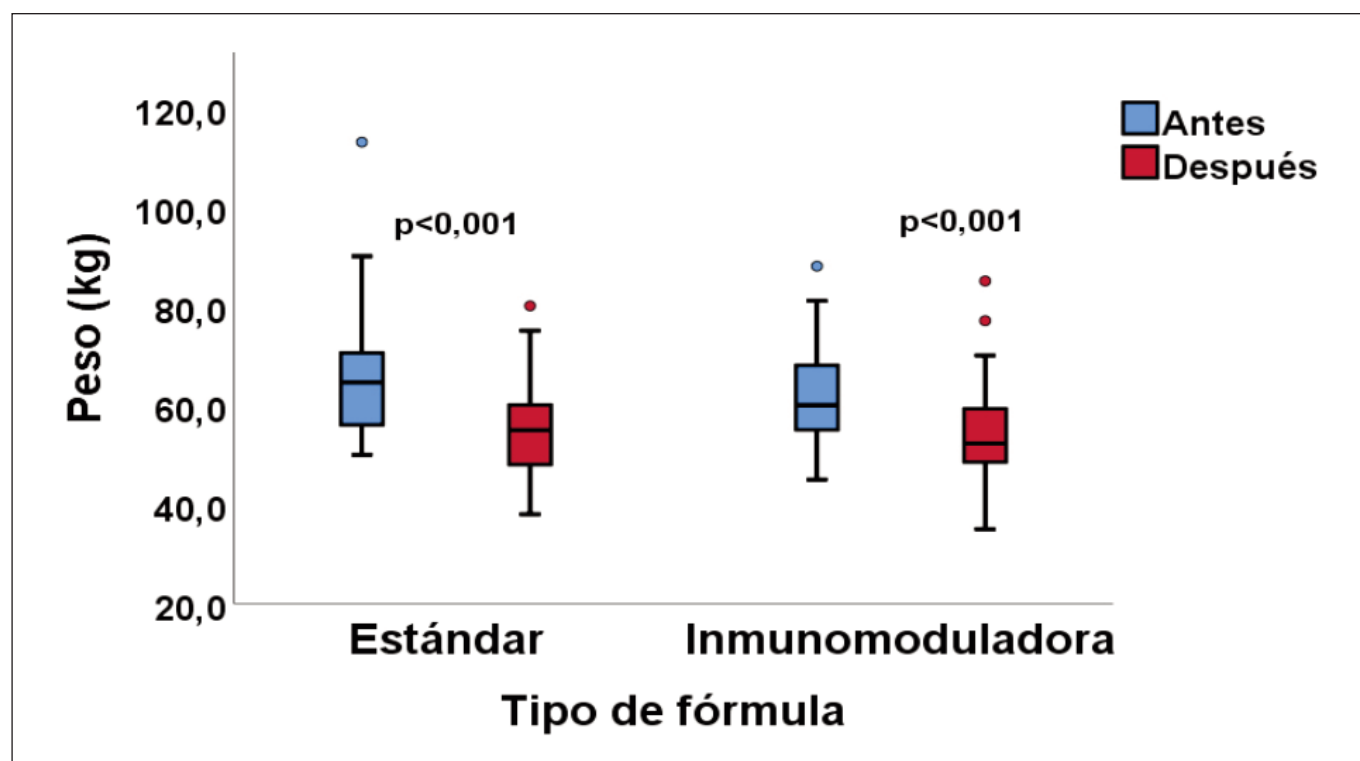
En relación con el efecto del tipo de tratamiento con fórmulas enterales sobre las complicaciones clínicas, se observó un menor número de pacientes con complicaciones, demostrado con diferencias significativas entre los grupos

Tabla 2. Indicadores de evaluación en los pacientes hospitalizados después de la intervención según tipo de fórmula enteral de destino

Indicador	Tipo de fórmula enteral*		p-valor**
	Estándar (n=48)	Inmunomoduladora (n=48)	
	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE	
Estancia hospitalaria (días)	32,4 $\pm$ 15,8	31,4 $\pm$ 15,9	0,689
Peso después (kg)	55,2 $\pm$ 9,2	53,6 $\pm$ 10,3	0,441
Pliegue cutáneo tricipital (mm)	11,6 $\pm$ 2,6	12,0 $\pm$ 2,3	0,585
Circunferencia media del brazo (cm)	21,2 $\pm$ 1,7	21,1 $\pm$ 2,3	0,470
Conteo de linfocitos (uL)	1417,7 $\pm$ 467,9	1607,1 $\pm$ 319,7	0,037

* Los datos fueron expresados en media $\pm$ DE para variables continuas.

** Para variables continuas: prueba de U de Mann-Whitney.

**Figura 2.** Efecto de las fórmulas de nutrición enteral en el peso

por tipo de fórmula enteral, incluyendo hiperglucemia, regurgitación, diarrea, dolor abdominal, distensión abdominal, fístula enterocutánea, dehiscencia de anastomosis, infección del sitio operatorio y neumonía ($p < 0,05$). Sin embargo, no se encontró relación significativa con el absceso abdominal, infección del tracto urinario, bacteriemia y vómito ($p > 0,05$) (Tabla 3).

DISCUSIÓN

El abordaje temprano a través del soporte nutricional en el periodo perioperatorio es esencial a fin de minimizar el riesgo de complicaciones posquirúrgicas^{1,2}. En el presente estudio se evaluó la asociación entre dos fórmulas enterales, indicadores nutricionales (antropométricos y exámenes laboratoriales) y

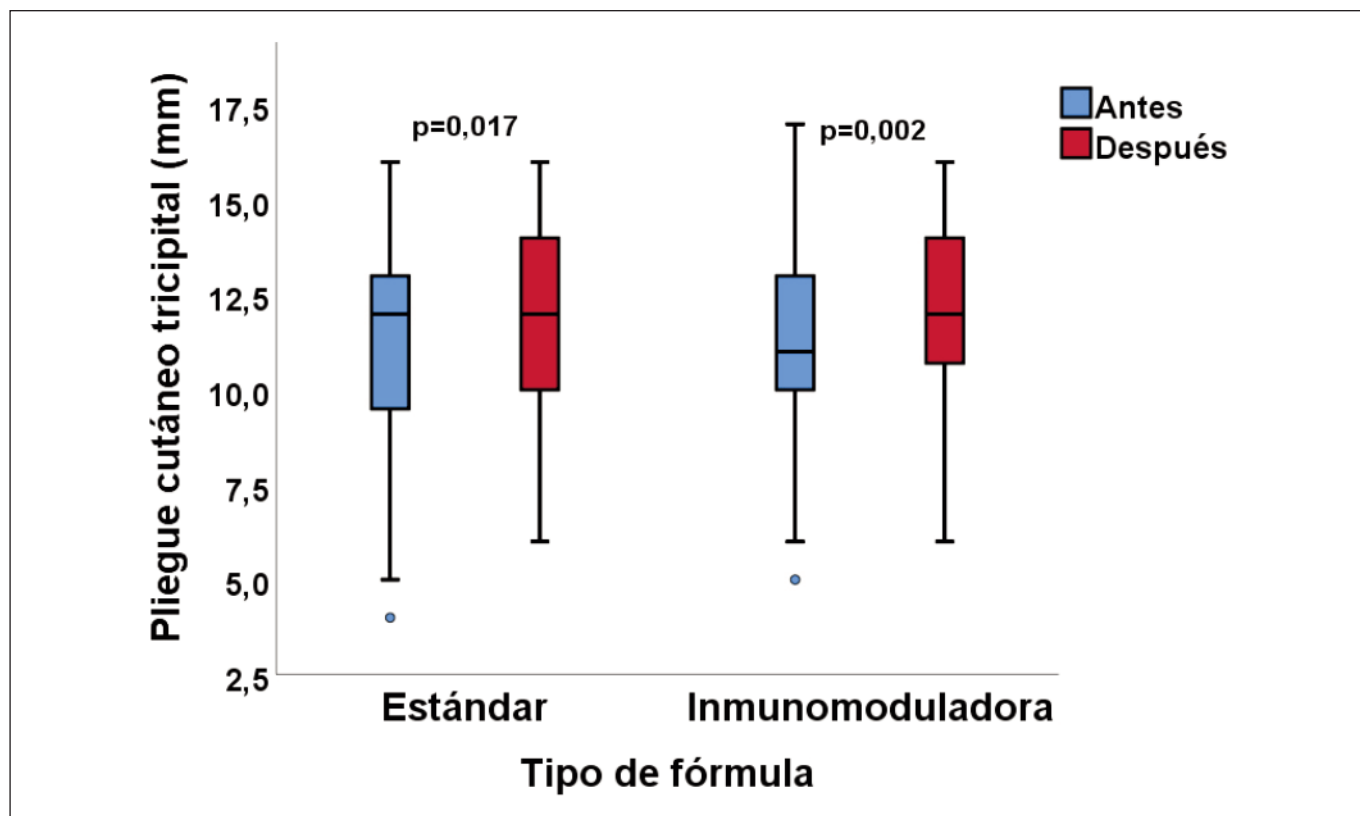


Figura 3. Efecto de las fórmulas de nutrición enteral en el pliegue cutánea tricipital

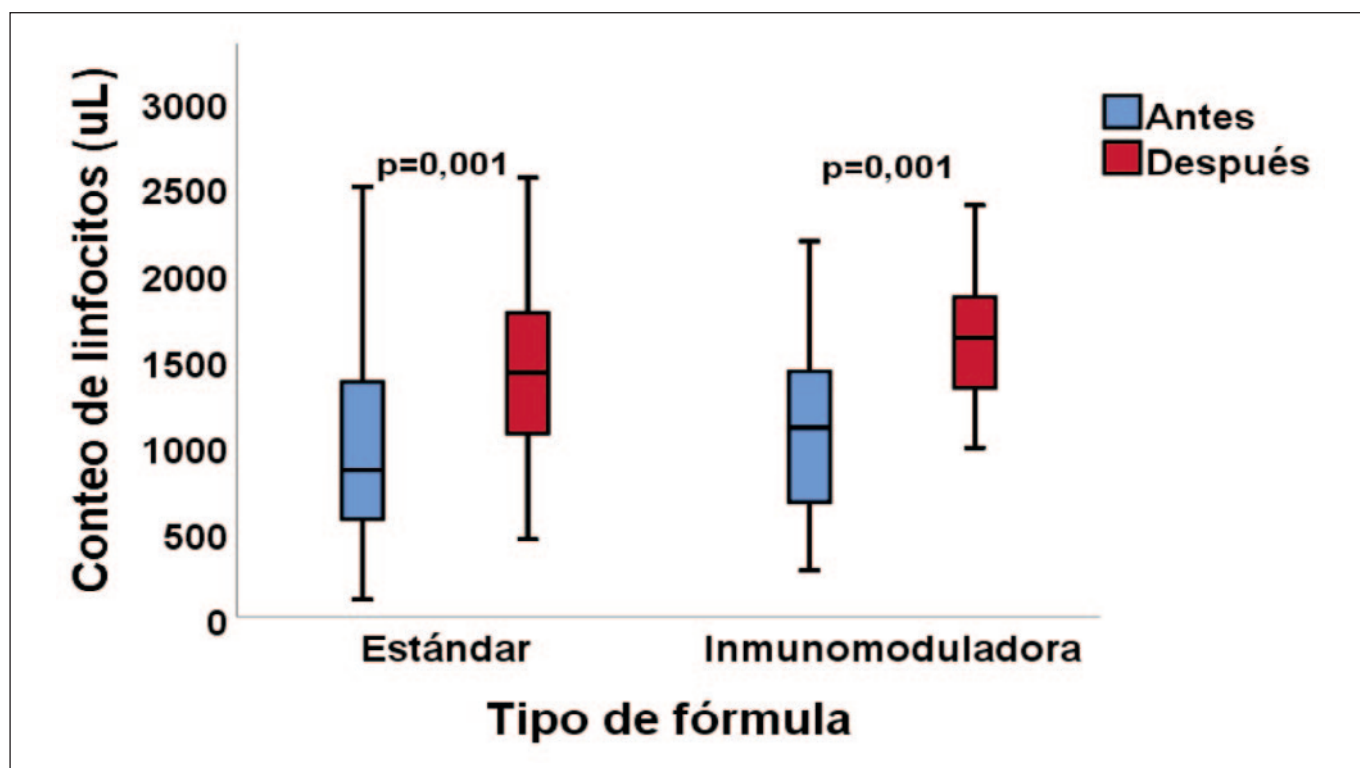


Figura 4. Efecto de las fórmulas de nutrición enteral en el conteo de linfocitos

Tabla 3. Relación entre las fórmulas nutricionales y las complicaciones de la enfermedad

Complicaciones		Tipo de fórmula nutricional		p-valor*
		Estándar (n=48)	Inmunomoduladora (n=48)	
		n (%)	n (%)	
Hiperglucemia	Presente	40 (83,3)	17 (35,4)	0,001
	Ausente	8 (16,7)	31 (64,6)	
Regurgitación	Presente	23 (47,9)	7 (14,6)	0,001
	Ausente	25 (52,1)	41 (85,4)	
Diarrea	Presente	14 (29,2)	1 (2,1)	0,001
	Ausente	34 (70,8)	47 (97,9)	
Dolor abdominal	Presente	44 (91,7)	28 (58,3)	0,001
	Ausente	4 (8,3)	20 (41,7)	
Distensión abdominal	Presente	40 (83,3)	28 (58,3)	0,006
	Ausente	8 (16,7)	20 (41,7)	
Fístula enterocutánea	Presente	16 (33,3)	5 (10,4)	0,006
	Ausente	32 (66,7)	43 (89,6)	
Dehiscencia de anastomosis	Presente	22 (45,8)	9 (18,8)	0,004
	Ausente	26 (54,2)	39 (81,3)	
Infección del sitio operatorio	Presente	28 (58,3)	15 (31,3)	0,007
	Ausente	20 (41,7)	33 (68,8)	
Neumonía	Presente	24 (50,0)	9 (18,8)	0,001
	Ausente	24 (50,0)	39 (81,3)	
Absceso abdominal	Presente	23 (47,9)	16 (33,3)	0,146
	Ausente	25 (52,1)	32 (66,7)	
Infección del tracto urinario	Presente	15 (31,3)	8 (16,7)	0,094
	Ausente	33 (68,8)	40 (83,3)	
Bacteriemia	Presente	9 (18,8)	8 (16,7)	0,789
	Ausente	39 (81,3)	40 (83,3)	
Vómito	Presente	22 (45,8)	14 (29,2)	0,092
	Ausente	26 (54,2)	34 (70,8)	

* Prueba chi-cuadrado de Pearson. Significativo para pvalor<0,05.

la presencia de complicaciones en pacientes post operados de un hospital nacional de Perú.

En tal sentido, entre los dos grupos después del tratamiento se ha demostrado diferencias significativas en el conteo de linfocitos, como único indicador nutricional de los evaluados. Después del tratamiento, a pesar de que en ambos grupos se observaron valores promedio dentro del rango normal, los pacientes con fórmula inmunomoduladora tuvieron valores más altos y centrados dentro de la normalidad. Comparando los valores iniciales y finales para los indicadores nutricionales, en el PCT y conteo de linfocitos, fueron más altos significativamente al final del tratamiento en ambos grupos (con fórmula estándar e inmunomoduladora); con una mayor diferencia en el grupo con fórmula inmunomoduladora. No obstante, para el peso se observó una pérdida al término de cada tratamiento.

Si bien no hubo diferencias relevantes en todos los indicadores nutricionales entre los grupos al final de los respectivos tratamientos, hay evidencia en la que se refiere al potencial efecto que puede tener la implementación de un soporte nutricional, siendo mejor el pronóstico con inmunonutrición. Li et al. atribuye a la inmunonutrición la mejora significativa sobre marcadores de respuesta inflamatoria y función inmune, a pesar de no encontrar complicaciones posquirúrgicas frente a un control y tampoco diferencias en algunos marcadores como albúmina o en los vinculados a hemoglobina^{19,26}. Cheng et al., a través de un metaanálisis, evaluó el impacto de la inmunonutrición por vía enteral en los desenlaces clínicos, bioquímicos e inmunarios, evidenciando una reducción significativa de la respuesta inflamatoria sistémica (SIRS) y las complicaciones postoperatorias en el grupo que recibió inmunonutrición⁸. Así mismo, en la presente investigación no hubo diferencias en el número de días de estancia hospitalaria, mientras que en otros estudios sobre neoplasias malignas gastrointestinales se observó una menor cantidad en aquellos grupos con inmunonutrición, como consecuencia de una mejor evolución y pronóstico^{15,20}. Por otra parte, en una revisión sobre cáncer de cabeza y cuello se declaró que la calidad de la evidencia sobre estancia hospitalaria es baja, debido a la heterogeneidad entre estudios²¹, por lo que el efecto concluyente de la inmunonutrición aún está sujeto a factores metodológicos.

En la investigación se evidenció que con fórmula inmunomoduladora fueron menos los pacientes con complicaciones por hiperglucemia, regurgitación, diarrea, dolor abdominal, distensión abdominal, fístula enterocutánea, dehiscencia de anastomosis, infección del sitio operatorio y neumonía, frente a aquellos con fórmula estándar. En tal sentido, nuestros hallazgos concuerdan con múltiples estudios randomizados; en algunos metaanálisis se encontraron que en pacientes con neoplasias malignas gastrointestinales con inmunonutrición hubo una menor cantidad de complicaciones no y si infecciosas frente a un grupo control^{12,15}.

El paciente quirúrgico presenta un estado de estrés orgánico que incrementa las necesidades nutricionales y la susceptibilidad de sufrir infecciones, morbilidad y mortalidad²²⁻²⁴. Además, si se trata de un cáncer, el paciente previamente no cuenta con un estado nutricional adecuado y aumenta el riesgo de desnutrición²⁵⁻²⁷. La inmunonutrición tiene como objetivos el mejorar la inmunidad celular, disminuir la cascada inflamatoria de las citoquinas, reducir la activación del factor nuclear kappa beta, activación de proteínas que regulan la diferenciación celular y evitar el catabolismo graso y proteico, lo que se vincula consecuentemente en el pronóstico favorable de los pacientes²⁸. La evidencia hasta el momento sugiere que, a pesar de las diferencias metodológicas entre los estudios, las fórmulas inmunomoduladoras pueden promover menos complicaciones postoperatorias e indicadores nutricionales favorables, entre otros beneficios más²⁹⁻³⁰.

Con respecto a las limitaciones del estudio, se realizó un diseño retrospectivo, pero sería más eficiente un diseño experimental en el que se puedan controlar más variables intervinientes. La información estuvo supeditada a lo descrito en la historia clínica, no se pudo entrevistar al paciente por la naturaleza del diseño. Se recomienda un mayor tamaño de muestra considerando un estudio longitudinal. Pese a las limitaciones, el presente estudio es relevante para consideraciones dentro del soporte nutricional; además brinda mayor alcance a la comunidad académica, sobre todo en un contexto nacional con limitada información al respecto.

CONCLUSIONES

No se observaron diferencias en los indicadores clínicos entre los grupos antes de la intervención. Al evaluar los indicadores después de la intervención, se observó que en el grupo al cual se le suministró fórmula inmunomoduladora solo hubo diferencias con relación al conteo de linfocitos, siendo mayor y más centrado dentro del rango normal frente al grupo con fórmula estándar.

En una evaluación antes y después de la intervención, se observó incrementos en los promedios de PCT y conteo de linfocitos en ambos grupos de tratamiento, pero con mayor diferencia en el grupo con fórmula inmunomoduladora. No hubo diferencias en los demás indicadores.

La inmunonutrición ha demostrado un menor número de pacientes con complicaciones postquirúrgicas infecciosas como no infecciosas, mas no hubo diferencias en los días de estancia hospitalaria. La fórmula inmunomoduladora tiene el potencial para representar un gran apoyo durante el soporte nutricional; sin embargo, se requiere mayor cantidad de estudios con calidad de evidencia para confirmar las tendencias hasta el momento.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Hospital Nacional Hipólito Unanue, por facilitar los datos para la investigación.

REFERENCIAS

- Hirsch KR, Wolfe RR, Ferrando AA. Pre- and Post-Surgical Nutrition for Preservation of Muscle Mass, Strength, and Functionality Following Orthopedic Surgery. *Nutrients*. 2021; 15; 13(5):1675. doi: 10.3390/nu13051675.
- Bisch S, Nelson G, Altman A. Impact of Nutrition on Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) in Gynecologic Oncology. *Nutrients*. 2019;16;11(5):1088. doi: 10.3390/nu11051088.
- Chen Y, Michalak M, Agellon LB. Importance of Nutrients and Nutrient Metabolism on Human Health. *Yale J Biol Med*. 2018; 28;91(2):95-103.
- Kenny E, Samavat H, Touger-Decker R, Parrott JS, Byham-Gray L, August DA. Adverse perioperative outcomes among patients undergoing gastrointestinal cancer surgery: quantifying attributable risk from malnutrition. *JPEN - J Parenter Enter Nutr* 2022;46(3): 517e25. DOI: 10.1002/jpen.2200.
- Manzanares Campillo MDC, Martín Fernández J, Amo Salas M, Casanova Rituerto D. Estudio prospectivo y randomizado sobre inmunonutrición oral preoperatoria en pacientes intervenidos por cáncer colorrectal: estancia hospitalaria y costos sanitarios. *Cir Cir*. 2017;85(5):393-400. DOI: 10.1016/j.circir.2016.10.029.
- Wong CS, Aly EH. The effects of enteral immunonutrition in upper gastrointestinal surgery: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2016;29:137-50. doi: 10.1016/j.ijssu.2016.03.043. PMID: 27020765.
- Garla P, Waitzberg DL, Tesser A. Nutritional Therapy in Gastrin-testinal Cancer. *Gastroenterol Clin North Am*. 2018;47;231-42. DOI: 10.1016/j.gtc.2017.09.009.
- Cheng Y, Zhang J, Zhang L, Wu J, Zhan Z. Enteral immunonutrition versus enteral nutrition for gastric cancer patients undergoing a total gastrectomy: a systematic review and meta-analysis. *BMC Gastroenterol*. 2018;18(1):11. doi: 10.1186/s12876-018-0741-y.
- Wischmeyer PE, Carli F, Evans DC, Guilbert S, Kozar R, Pryor A, et al. American Society for Enhanced Recovery and Perioperative Quality Initiative Joint Consensus Statement on Nutrition Screening and Therapy Within a Surgical Enhanced Recovery Pathway. *Anesth Analg* 2018;126(6):1883-95. doi: 10.1213/ANE.0000000000002743.
- Altman M, Huang TTK, Breland JY. Design Thinking in Health Care. *Prev Chronic Dis*. 2018;15:E117. doi: 10.5888/pcd15.180128.
- Aida T, Furukawa K, Suzuki D, Shimizu H, Yoshidome H, Ohtsuka M, Kato A, Yoshitomi H, Miyazaki M. Preoperative immunonutrition decreases postoperative complications by modulating prostaglandin E2 production and T-cell differentiation in patients undergoing pancreaticoduodenectomy. *Surgery*. 2014;155(1):124-33. doi: 10.1016/j.surg.2013.05.040.
- Okamoto Y, Okano K, Izuishi K, Usuki H, Wakabayashi H, Suzuki Y. Attenuation of the systemic inflammatory response and infectious complications after gastrectomy with preoperative oral arginine and omega-3 fatty acids supplemented immunonutrition. *World J Surg*. 2009;33(9):1815-21. DOI: 10.1007/s00268-009-0140-1.
- OBELCHE group, Ruiz-Tovar J, Zubiaga L, Diez M, Murcia A, Boix E, et al. Preoperative Regular Diet of 900 kcal/day vs Balanced Energy High-Protein Formula vs Immunonutrition Formula: Effect on Preoperative Weight Loss and Postoperative Pain, Complications and Analytical Acute Phase Reactants After Laparoscopic Sleeve Gastrectomy. *Obes Surg* 2016;26(6):1221-7. DOI: 10.1007/s11695-015-1880-7.
- Loan BTH, Nakahara S, Tho BA, Dang TN, Anh LN, Huy ND, et al. Nutritional status and postoperative outcomes in patients with gastrointestinal cancer in Vietnam: a retrospective cohort study. *Nutrition* 2018;48:117e21. DOI: 10.1016/j.nut.2017.11.027.
- Osland E, Hossain MB, Khan S, Memon MA. Effect of timing of pharmaconutrition (immunonutrition) administration on outcomes of elective surgery for gastrointestinal malignancies: a systematic review and meta-analysis. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2014 Jan;38(1):53-69. DOI: 10.1177/0148607112474825.
- Arends J, Baracos V, Bertz H, Bozzetti F, Calder PC, Deutz NEP, et al. ESPEN expert group recommendations for action against cancer-related malnutrition. *Clin Nutr* 2017;36(5):1187e96. DOI: 10.1016/j.clnu.2017.06.017.
- Weimann A, Braga M, Carli F, Higashiguchi T, Hübner M, Klek S, Laviano A, Ljungqvist O, Lobo DN, Martindale R, Waitzberg DL, Bischoff SC, Singer P. ESPEN guideline: Clinical nutrition in surgery. *Clin Nutr*. 2017;36(3):623-650. DOI: 10.1016/j.clnu.2017.02.013.
- Manzini JL. Declaración de Helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta bioethica*. 2000;6(2):321-34 Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/abioeth/v6n2/art10.pdf>
- Li K, Xu Y, Hu Y, Liu Y, Chen X, Zhou Y. Effect of Enteral Immunonutrition on Immune, Inflammatory Markers and Nutritional Status in Gastric Cancer Patients Undergoing Gastrectomy: A Randomized Double-Blinded Controlled Trial. *J Invest Surg Off J Acad Surg Res*. diciembre de 2020;33(10):950-9.
- Martínez-Ortega AJ, Piñar-Gutiérrez A, Serrano-Aguayo P, González-Navarro I, Remón-Ruiz PJ, Pereira-Cunill JL, et al. Perioperative Nutritional Support: A Review of Current Literature. *Nutrients*. 2022;14(8):1601.
- Howes N, Atkinson C, Thomas S, Lewis SJ. Immunonutrition for patients undergoing surgery for head and neck cancer. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;2018(8):CD010954.
- Ma M, Zheng Z, Zeng Z, Li J, Ye X, Kang W. Perioperative Enteral Immunonutrition Support for the Immune Function and Intestinal Mucosal Barrier in Gastric Cancer Patients Undergoing Gastrectomy: A Prospective Randomized Controlled Study. *Nutrients*. 2023;15(21):4566.
- Li J, Xiang QL, Zhu JX, Zhang YX, Li SQ. Comparison of enteral immunonutrition and enteral nutrition in patients undergoing gastric cancer surgery: a systematic review and meta-analysis of randomized, controlled trials. *J Int Med Res*. 2024;52(1):300060523 1220870.
- Loan BTH, Nakahara S, Tho BA, Dang TN, Anh LN, Huy ND, et al. Nutritional status and postoperative outcomes in patients with gastrointestinal cancer in Vietnam: a retrospective cohort study. *Nutrition* 2018;48:117e21. DOI: 10.1016/j.nut.2017.11.027.

25. Yu J, Yuan A, Liu Q, Wang W, Sun Y, Li Z, et al. Effect of preoperative immunonutrition on postoperative short-term clinical outcomes in patients with gastric cancer cachexia: a prospective randomized controlled trial. *World J Surg Oncol*. 2024;22(1):101.
26. Zhang Y, Zhang J, Zhu L, Hao J, He F, Xu T, et al. A Narrative Review of Nutritional Therapy for Gastrointestinal Cancer Patients Underwent Surgery. *J Investig Surg Off J Acad Surg Res*. 2023;36(1):2150337.
27. Rinninella E, Cintoni M, Raoul P, Pozzo C, Strippoli A, Bria E, et al. Effects of nutritional interventions on nutritional status in patients with gastric cancer: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Nutr ESPEN*. 2020;38:28-42.
28. Tejera Pérez C, Guillín Amarelle C, Rodríguez Novo N, Lugo Rodríguez G, Mantiñán Gil B, Palmeiro Carballeira R, et al. Immunonutrition, evidence and experiences. *Nutr Hosp*. 2023;40(1):186-99.
29. Santos SS, Costa LATJ da, Araripe TS de O, Reges BDLO, Ximenes HM de A, Moreira AC de OM. Immunomodulatory enteral nutrition in post-surgical gastrointestinal cancer: Clinical, biochemical and nutritional impacts. *Clin Nutr ESPEN*. 2025;68:254-62.
30. Niu JW, Zhou L, Liu ZZ, Pei DP, Fan WQ, Ning W. A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Perioperative Immunonutrition in Gastrointestinal Cancer Patients. *Nutr Cancer*. 2021;73(2):252-261.

Efecto del pulverizado de *Chenopodium ambrosioides* (paico) sobre los marcadores bioquímicos hepáticos frente al consumo de etanol y fructosa en ratas

Effect of *Chenopodium ambrosioides* (paico) spray on liver biochemical markers in rats versus ethanol and fructose consumption

Olenka Isabel PUELLES-SAMANIEGO^{1,2}, Oscar Gustavo HUAMÁN-GUTIERREZ¹, Paula Sofia TURRIATE AGUILAR², Paola Anghela GONZA TITO², Pold Christian VEGA SALAZAR², Jossue Humberto PAREDES CONTRERAS^{1,2}

¹ Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición – Facultad de Medicina – Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

² Escuela Profesional de Nutrición – Facultad de Medicina – Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 23/octubre/2025. Aceptado: 5/diciembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Las enfermedades hepáticas crónicas, como el hígado graso alcohólico y no alcohólico, representan un desafío significativo para la salud pública a nivel mundial. La identificación y manejo adecuados de factores de riesgo como la obesidad, la diabetes y la dislipidemia son fundamentales en la prevención y control de estas patologías.

Objetivo: Evaluar el efecto del pulverizado de *Chenopodium ambrosioides* (paico) sobre los marcadores bioquímicos hepáticos frente al consumo de etanol y fructosa en ratas.

Materiales y métodos: Diseño experimental. Se empleó 25 ratas macho. Para la inducción a la hepatotoxicidad, la cual duró 22 días, se administró una mezcla de etanol 5% /fructosa 15% en sus bebederos a los grupos II-V, mientras que el grupo I recibió solo agua. A partir de la dieta balanceada se agregó el pulverizado de paico 1% (grupo III), 3% (grupo IV) y 9% (grupo V), mientras el grupo I-II recibieron solo dieta balanceada, dicho tratamiento fue por 22 días. Terminado el tratamiento y tras 10 horas de ayuno, los animales fueron anestesiados con pentobarbital sódico, para posteriormente extraer el hígado, el cual se seccionó tres porciones, para el

análisis histológico, y dos para la preparación de homogenizado en donde se determinó los marcadores moleculares.

Resultados: El pulverizado de *Chenopodium ambrosioides* (paico) demostró un potente efecto hepatoprotector, revirtiendo la esteatosis inducida con una reducción del 33,3% en triglicéridos hepáticos, logrando también la restauración de la función sintética (Prot. α) y un mayor incremento del balance redox (GSH/GSSG).

Conclusiones: El consumo del pulverizado de *Chenopodium ambrosioides* (paico) presenta efecto hepatoprotector.

PALABRAS CLAVE

Hepatoprotección, *Chenopodium ambrosioides*, etanol, fructosa, alimento funcional (Fuente: MeSH).

ABSTRACT

Introduction: Chronic liver diseases, such as alcoholic and non-alcoholic fatty liver disease, represent a significant public health challenge worldwide. The proper identification and management of risk factors such as obesity, diabetes, and dyslipidemia are essential for the prevention and control of these diseases.

Objective: To evaluate the effect of *Chenopodium ambrosioides* (paico) spray on liver biochemical markers compared to ethanol and fructose consumption in rats.

Correspondencia:

Olenka Isabel Puelles Samaniego
nutricionistaolenkapuelles@gmail.com

Materials and methods: Experimental design. Twenty-five male rats were used. To induce hepatotoxicity, which lasted 22 days, groups II-V received a 5% ethanol/15% fructose mixture in their water bowls, while group I received only water. From the balanced diet, paico powder was added 1% (group III), 3% (group IV) and 9% (group V), while groups I-II received only a balanced diet, said treatment lasted 22 days. After treatment and after 10 hours of fasting, the animals were anesthetized with sodium pentobarbital. Subsequently, the liver was extracted, which was sectioned into three portions for histological analysis, and two for the preparation of homogenate where molecular markers were determined.

Results: *Chenopodium ambrosioides* (paico) powder demonstrated a potent hepatoprotective effect, reversing induced steatosis with a 33.3% reduction in hepatic triglycerides, also achieving the restoration of synthetic function (Prot. α) and a greater increase in redox balance (GSH/GSSG).

Conclusions: The consumption of *Chenopodium ambrosioides* (paico) powder has a hepatoprotective effect.

KEYWORDS

Hepatoprotection, *Chenopodium ambrosioides*, ethanol, fructose, functional food (Source: MeSH).

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades hepáticas crónicas, como el hígado graso alcohólico y no alcohólico, representan un desafío significativo para la salud pública a nivel mundial. El hígado graso no alcohólico (HGNA) se ha convertido en la enfermedad hepática crónica más común, afectando aproximadamente al 25-30% de la población general y hasta al 70% de las personas con diabetes tipo 2. Esta condición se caracteriza por la acumulación de grasa en los hepatocitos en ausencia de consumo significativo de alcohol y está estrechamente relacionada con el síndrome metabólico, la obesidad y la resistencia a la insulina¹.

Por otro lado, el hígado graso alcohólico resulta del consumo excesivo de alcohol y puede progresar a condiciones más graves como la hepatitis alcohólica y la cirrosis. La detección temprana y la intervención oportuna son esenciales para prevenir la progresión de estas enfermedades hepáticas crónicas. Las estrategias de prevención incluyen la adopción de hábitos de vida saludables, como una dieta equilibrada, la práctica regular de actividad física y la reducción o eliminación del consumo de alcohol. Además, la identificación y manejo adecuados de factores de riesgo como la obesidad, la diabetes y la dislipidemia son fundamentales en la prevención y control de estas patologías².

El paico (*Chenopodium ambrosioides*) es una planta medicinal reconocida por su aceite esencial, el cual contiene diversos compuestos bioactivos que le confieren múltiples

propiedades terapéuticas. Entre los componentes más destacados se encuentra el ascaridol, que constituye entre el 60% y el 80% del aceite esencial y es el principal responsable de sus efectos antiparasitarios. Además, se han identificado hidrocarburos terpénicos como el α-terpineno, el p-cimeno y el limoneno, que representan aproximadamente el 20% de su composición³.

Otros estudios han reportado la presencia de compuestos como el 1,8-cineol y el careno, que también contribuyen a las propiedades medicinales del paico⁴. La variabilidad en la concentración de estos compuestos puede depender de factores como el origen geográfico de la planta y las condiciones de cultivo⁵.

Debido a ello, la presente investigación, tuvo como objetivo Evaluar el efecto del pulverizado de *Chenopodium ambrosioides* (paico) sobre los marcadores bioquímicos hepáticos frente al consumo de etanol y fructosa en ratas.

MATERIALES Y METODOS

El diseño del estudio fue de tipo experimental puro, con un grupo control y posprueba.

Se empleó el pulverizado de hoja de *Chenopodium ambrosioides* (paico) procedente de una empresa dedicada al rubro (NUTRIMIX®), con registro sanitario N°4901723 y N° de lote 220221, dicha especie procede de la Región Lima⁶.

Para la evaluación del efecto hepatoprotector se emplearon 25 ratas Holtzman "*Ratus norvegicus*" machos, adquiridas en el Centro Nacional de Productos Biológicos del Instituto Nacional de Salud (CNPB/INS) con certificado sanitario, las cuales tuvieron un periodo de aclimatación de siete días en jaulas de 50x50 provistas de rejillas metálicas, en un ambiente controlado de temperatura a 20°C, con ciclos alternados de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, recibiendo alimentación balanceada y agua *ad libitum* (Cielo®).

Para la inducción a la hepatotoxicidad se preparó una solución acuosa de etanol (5%) y fructosa (15%) el cual fue colocado en sus bebederos para consumo *ad libitum*.

Se preparó una mezcla de la dieta balanceada con tres porcentajes (1%; 3% y 9%) del pulverizado de paico.

Los animales fueron distribuidos de forma aleatoria en cinco grupos (n=5), recibiendo las siguientes dietas, durante 22 días:

- Grupo I (control negativo): dieta balanceada y agua.
- Grupo II (control positivo): dieta balanceada y solución acuosa (etanol y fructosa).
- Grupo III (paico 1%): dieta balanceada con 1% de hoja de pulverizado de paico y solución acuosa (etanol y fructosa).

- Grupo IV (paico 3%): dieta balanceada con 3% de hoja de pulverizado de paico y solución acuosa (etanol y fructosa).
- Grupo V (paico 9%): dieta balanceada con 9% de hoja de pulverizado de paico y solución acuosa (etanol y fructosa).

Terminado el periodo de tratamiento y tras 10 horas de ayuno, los animales fueron anestesiados con pentobarbital sódico, para posteriormente extraer el hígado por laparotomía, los cuales fueron lavados en cloruro de sodio 0,9% y pesados en balanza analítica (SARTORIUS®).

Se seccionó el lóbulo mayor para la determinación de los marcadores bioquímicos. Los marcadores bioquímicos hepáticos (Lipoperoxidación -LPO-, Triglicéridos, Proteína Alfa -Prot. α -, Proteína Gamma -Prot. γ -, Glutatión Reducido -GSH-, Glutatión Total y Grupos Sulfhidrilos -Abs. S-P-) se determinaron mediante análisis colorimétricos y espectrofotométricos en los homogenizados hepáticos obtenidos tras centrifugación. La cuantificación de triglicéridos se realizó usando un kit comercial. La LPO se determinó mediante la medición de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS). El sistema Glutatión (GSH, GSSG y GSH Total) y los Grupos Sulfhidrilos Totales (Abs. S-P) se midieron utilizando reactivos y lecturas de absorbancia a longitudes de onda específicas.

Para el homogenizado que se empleó en la determinación de Lipoperoxidación se utilizó buffer fosfato pH 7,4 a 0,1 M. El homogenizado obtenido se sometió a ultrasonidos o dos ciclos de congelación y descongelación para romper aún más las membranas celulares. Después de ello, los homogenizados se centrifugaron durante 15 minutos a 5000 rpm a 5°C, para obtener el sobrenadante.

Para el homogenizado de hígado de rata, se empleó buffer fosfato pH 7,4 a 0.02 mol/L en la proporción tejido/buffer 1/10. Todo el procedimiento se llevó a cabo en hielo, a una temperatura aproximada de 4°C. El homogenizado obtenido se sometió a ultrasonidos o dos ciclos de congelación y descongelación para romper aún más las membranas celulares. Después de ello, los homogenizados se centrifugaron durante 5 minutos a 5000 x g, para obtener el sobrenadante. Los sobrenadantes se analizaron inmediatamente o se almacenará las muestras a -20 ° C o -80 ° C.

Los datos obtenidos fueron procesados mediante el programa estadístico SPSS versión 24.0. Para conocer la distribución de los datos, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk. Para los ensayos que presentaron una distribución normal se aplicó la prueba de ANOVA, para la homogeneidad de las varianzas se aplicó la prueba de Levene, con el análisis post-hoc Tukey. Para los datos que no presentaron distribución normal se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis con el análisis post-hoc U de Mann Whitney.

El presente trabajo fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de medicina de la UNMSM

(CE-0080-2022), también se consideró los criterios de las tres R, reducir, reemplazar y refinar.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos del análisis de homogenizados hepáticos en ratas se presentan a continuación, clasificando los marcadores según su función biológica: daño celular y metabolismo lipídico, función sintética y estado del balance redox.

Lipoperoxidación (LPO) y triglicéridos

La LPO, indicador de estrés oxidativo y daño de membrana, se redujo tras la ingesta del pulverizado de paico en todos los grupos de tratamiento (Grupos III al V). Los **Grupos III (Paico 1%) y IV (Paico 3%)** mostraron el mismo valor de LPO ($0,17 \pm 0,02$ nmol/g y $0,17 \pm 0,04$ nmol/g respectivamente), lo que representa una **inhibición del 10,5%** respecto al Grupo II (control positivo). El Grupo V (Paico 9%) presentó una reducción menor (5,3%).

El tratamiento fue altamente efectivo para revertir la acumulación de triglicéridos. Todas las dosis de paico (1%, 3% y 9%) lograron reducir los niveles a $0,02 \pm 0,00$ μ mol/mg, igualando los valores del Grupo I (control negativo). Esto se traduce en una inhibición del 33,3% en la esteatosis inducida en comparación con el Grupo II.

Estos hallazgos se detallan en la Tabla 1. En esta y las siguientes tablas, el porcentaje de inhibición (% inhibición) o porcentaje de incremento (% incremento) se calcula como la diferencia porcentual del marcador entre el grupo tratado (Grupos III, IV o V) y el Grupo II (control positivo inducido por etanol y fructosa), el cual representa el valor máximo de daño o acumulación. Un valor positivo en “% inhibición” indica un efecto protector del paico.

Absorción de Proteínas Alfa (Prot. α) y Gamma (Prot. γ)

El tratamiento con paico incrementó la absorción hepática de Prot. α , indicando un efecto restaurador de la función sintética del hígado. El Grupo IV (Paico 3%) registró el mayor incremento, alcanzando $0,46 \pm 0,02$ mg/g, un 21,1% de aumento respecto al Grupo II. El Grupo III (Paico 1%) mostró un incremento del 15,8%. En contraste, la dosis más alta (Grupo V) mostró un incremento mínimo del 2,6%, sugiriendo una respuesta dosis-dependiente no lineal.

Los valores de Prot. γ mostraron variaciones mínimas y no concluyentes. En la dilución 1/10, los grupos tratados mostraron una ligera inhibición (entre 6,5% y 9,7%). En la dilución 1/40, los valores se mantuvieron estables respecto al Grupo II (0,0% de inhibición en el Grupo V).

Los datos completos para estas proteínas se muestran en la Tabla 2. El “% incremento” en Prot. α es particularmente

Tabla 1. Niveles de lipoperoxidación y triglicéridos en el tejido hepático según grupos de tratamiento en ratas

Grupos: Tratamiento	Lipoperoxidación		Triglicéridos	
	(nmol/g)	% inhibición	(μmol/mg)	% inhibición
Grupo I: dieta balanceada (DB)	0,22 ± 0,08	—	0,02 + 0,00	—
Grupo II: DB + fructosa y etanol	0,19 ± 0,06	—	0,03 + 0,00	—
Grupo III: DB + paico 1% + fructosa y etanol	0,17 ± 0,02	10,5	0,02 + 0,00	33,3
Grupo IV: DB + paico 3% + fructosa y etanol	0,17 ± 0,04	10,5	0,02 + 0,00	33,3
Grupo V: DB + paico 9% + fructosa y etanol	0,18 ± 0,02	5,3	0,02 + 0,00	33,3

* Prueba Shapiro Wilk ($p>0,05$). ANOVA ($p>0,05$). Levene ($p>0,05$). Tukey.

Tabla 2. Niveles de absorción de proteína α y γ en el tejido hepático según grupos experimentales en ratas

Grupos: Tratamiento	Prot. α^1		Prot. $\gamma^2_{1/10}$		Prot. $\gamma^1_{1/40}$	
	(mg/g)*	% incremento	(mg/g)**	% inhibición	(mg/g)*	% inhibición
Grupo I: dieta balanceada (DB)	0,37 ± 0,05	—	0,25 (0,12)	—	0,12 ± 0,01	—
Grupo II: DB + fructosa y etanol	0,38 ± 0,05	—	0,31 (0,18)	—	0,10 ± 0,01	—
Grupo III: DB + paico 1% + fructosa y etanol	0,44 ± 0,06	15,8	0,29 (0,08)	6,5	0,11 ± 0,06	-10,0
Grupo IV: DB + paico 3% + fructosa y etanol	0,46 ± 0,02	21,1	0,28 (0,05)	9,7	0,11 ± 0,02	-10,0
Grupo V: DB + paico 9% + fructosa y etanol	0,39 ± 0,08	2,6	0,29 (0,06)	6,5	0,10 ± 0,08	0,0

1 Prueba Shapiro Wilk ($p>0,05$). ANOVA ($p>0,05$). Levene ($p>0,05$). Tukey.

2 Prueba shapiro wilk ($p<0,05$). Kruskal-Wallis.

* MEDIA + DE. **MEDIANA (RIQ).

relevante, ya que indica una restauración de la función sintética hepática.

Glutación Reducido (GSH), Glutación Total (GSH Total) y GSH/GSSG

Los niveles de GSH y GSH Total disminuyeron en los grupos de tratamiento de paico en comparación con el Grupo II (p. ej., GSH se redujo -55,6% en Grupo III). Sin embargo, la **relación GSH/GSSG**, el indicador funcional más relevante del estado antioxidante, mostró una mejoría significativa: El **Grupo IV (Paico 3%)** registró un **incremento del 70,2%** en la relación GSH/GSSG (8,0(5,9)) respecto al Grupo II (4,7(20,6)). El Grupo V (Paico 9%) mostró un incremento del 34,0%.

Estos resultados están condensados en la Tabla 3. Nótese que, a pesar de la disminución en GSH Total, el incremento en la relación GSH/GSSG es el marcador más relevante para evaluar el estrés oxidativo, ya que representa una mejora en el balance redox celular (estado antioxidante).

Grupos Sulfhidrilos (Abs. S-P)

La absorción de Grupos Sulfhidrilos Totales (que incluye el GSH) mostró que el Grupo III (Paico 1%) tuvo un incremento de 10,0% respecto al Grupo II, mientras que las dosis mayores (3% y 9%) mostraron una variación nula o negativa. La Tabla 4 presenta los valores de Abs. S-P y su respectivo % incremento.

Tabla 3. Niveles de GSH, GSH Total y relación GSH/GSSG en el tejido hepático según grupos experimentales en ratas

Grupos: Tratamiento	GSH		GSH/GSSG			
	mmol/g	% incremento	mmol/g	% incremento	mmol/g	% incremento
Grupo I: dieta balanceada	0,19 (0,20)	---	0,17 (0,15)	---	1,5 (8,5)	---
Grupo II: dieta balanceada + fructosa y etanol	0,36 (0,24)	---	0,30 (0,17)	---	4,7 (20,6)	---
Grupo III: dieta balanceada + paico 1% + fructosa y etanol	0,16 (0,18)	-55,6	0,30 (0,42)	0,0	4,6 (6,5)	-2,1
Grupo IV: dieta balanceada + paico 3% + fructosa y etanol	0,19 (0,14)	-47,2	0,24 (0,15)	-20,0	8,0 (5,9)	70,2
Grupo V: dieta balanceada + paico 9% + fructosa y etanol	0,19 (0,18)	-47,2	0,24 (0,28)	-20,0	6,3 (3,8)	34,0

Prueba shapiro wilk ($p < 0,05$). Kruskal-Wallis. MEDIANA (RIQ).

Tabla 4. Niveles de absorción Grupos Sulfhidrilos en el tejido hepático según grupos experimentales en ratas

Grupos: Tratamiento	Abs. S-P	
	($\mu\text{mol-SH/g}$)	% incremento
Grupo I: dieta balanceada (DB)	0,19 (0,12)	---
Grupo II: DB + fructosa y etanol	0,20 (0,15)	---
Grupo III: DB + paico 1% + fructosa y etanol	0,22 (0,17)	10,0
Grupo IV: DB + paico 3% + fructosa y etanol	0,19 (0,14)	-5,0
Grupo V: DB + paico 9% + fructosa y etanol	0,20 (0,17)	0,0

Prueba shapiro wilk ($p < 0,05$). Kruskal-Wallis. MEDIANA (RIQ).

DISCUSIÓN

En el presente estudio, se observó un incremento significativo del marcador de peroxidación lipídica (LPO) en los sujetos analizados, lo que sugiere un elevado nivel de producción de especies reactivas de oxígeno (ERO) capaces de atacar lípidos de membrana y desencadenar la cadena de reacciones oxidativas. Este hallazgo es congruente con lo reportado en la literatura, en la que condiciones metabólicas alteradas (obesidad, dislipidemia, esteatosis) se asocian con un aumento de productos de peroxidación lipídica como malondialdehído o hidroperóxidos lipídicos^{6,7}. Este daño peroxidativo en lípidos puede comprometer la fluidez y función de membranas celu-

lares, favorecer la oxidación de lipoproteínas y desencadenar respuestas inflamatorias locales.

La variable triglicéridos plasmáticos mostró correlación positiva con LPO y con otros marcadores de estrés oxidativo en la muestra. Esto tiene sentido biológico: niveles más altos de triglicéridos implican mayor disponibilidad de ácidos grasos que pueden ser oxidados, ya sea directamente o luego de su transporte en lipoproteínas. Varios estudios epidemiológicos y experimentales han demostrado asociaciones entre perfiles lipídicos alterados y marcadores oxidativos elevados, lo que subraya el papel de la carga lipídica como un impulsor de estrés oxidativo sistémico^{8,9}.

Respecto al indicador de proteínas oxidadas tipo α (Prot- α), el incremento sugiere que no solo las estructuras lipídicas, sino también las proteínas plasmáticas están siendo blanco del daño oxidativo. Es importante mencionar que las proteínas α (como la albúmina y las α -globulinas) son sintetizadas por el hígado y su concentración plasmática es un indicador clave de la función sintética hepática, a menudo disminuida en patologías crónicas graves^{10,11}.

Las proteínas y (principalmente inmunoglobulinas), por otro lado, reflejan una respuesta inflamatoria e inmunológica, que puede estar aumentada en enfermedades hepáticas crónicas. Por lo tanto, el incremento observado en la absorción de Prot. α en los grupos tratados con paico (Tabla 2) sugiere una restauración o protección de la capacidad sintética del hígado. Las proteínas carboniladas son modificaciones muy estables y utilizadas ampliamente como biomarcador de daño oxidativo proteico. Su acumulación puede afectar la función de enzimas, transporte y estructuras proteicas, contribuyendo al deterioro funcional de tejidos^{10,11}.

En relación con glutatión reducido (GSH), se detectó una disminución en los niveles, lo cual es esperable en condicio-

nes en las que los sistemas antioxidantes se encuentran saturados o agotados. El GSH actúa como uno de los principales escudos frente a radicales libres y peróxidos, y su consumo refleja la demanda oxidativa. Cuando la tasa de regeneración de GSH es inferior a su uso, se observa un desequilibrio redox. Estudios de nutrición redox han señalado que dietas con aporte adecuado de sustratos (cisteína, glicina) favorecen la recuperación del pool de GSH^{12,13}.

La relación GSH/GSSG (forma reducida frente a oxidada) también se mostró deteriorada en los resultados, evidenciando un desplazamiento del equilibrio hacia un estado más oxidado. Este índice es considerado un reflejo sensible del estado redox celular y sistémico. Por ejemplo, Dai et al. observaron que una mejor adherencia a la dieta mediterránea se asocia con incrementos del 7 % en la razón GSH/GSSG, sugiriendo que los patrones alimentarios pueden modular este equilibrio. Esta relación suele ser preferible como marcador global comparado con GSH o GSSG por separado¹⁴.

La variable S-P (interpretada como capacidad antioxidante proteica o capacidad sérica de antioxidantes dependientes de proteínas) también resultó comprometida. Los niveles bajos podrían indicar que los sistemas enzimáticos y no enzimáticos mediados por proteínas (por ejemplo, glutatión peroxidasa, glutatión reductasa, superóxido dismutasa, etc.) están siendo sobrepasados por la carga oxidativa. En estudios de intervención con nutrientes antioxidantes (vitamina E, selenio, polifenoles), se han observado mejoras en la capacidad antioxidante total (TAC), aunque los efectos sobre indicadores específicos como LPO o GSH no siempre resultan consistentes¹⁵.

Al analizar en conjunto las interrelaciones entre estos indicadores, se evidencia un patrón: sujetos con triglicéridos elevados tienden a tener LPO aumentada, GSH reducido, relación GSH/GSSG deteriorada, Prot- α elevada y S-P disminuida. Este patrón describe un circuito potencial de daño oxidativo: exceso lipídico induce peroxidación $\rightarrow$ consumo de antioxidantes endógenos $\rightarrow$ daño a proteínas y estructuras celulares $\rightarrow$ retroalimentación de estrés oxidativo. Este modelo ha sido descrito en varias enfermedades metabólicas y crónicas¹⁶.

Desde un punto de vista causal, cabe debatir si las alteraciones antioxidantes son consecuencia directa del estado metabólico alterado (p. ej. dislipidemia) o si contribuyen de modo activo a su progresión. Es plausible que exista una relación bidireccional, en la que ambas entidades se potencien. Lo interesante sería explorar en estudios longitudinales o intervencionales si mejorar el estado antioxidante (por vía dietética o suplementaria) puede revertir la dislipidemia o prevenir el aumento de LPO. Algunos ensayos con modificaciones dietéticas han mostrado que mejorar la ingesta de frutas, verduras y compuestos antioxidantes puede disminuir LPO y mejorar la relación GSH/GSSG en plazos mediatos¹⁷.

Las implicaciones clínicas de estos hallazgos son notables: individuos con perfil oxidativo alterado podrían estar en ma-

yor riesgo de daño endotelial, inflamación sistémica, disfunción mitocondrial y progresión de enfermedades crónicas (cardiometabólicas, hepáticas). Por ello, se sugiere incluir en futuras guías nutricionales estrategias que apunten a restaurar el balance antioxidante: incrementar alimentos ricos en antioxidantes (polifenoles, vitaminas C y E, selenio), optimizar la ingesta de aminoácidos precursores de GSH (cisteína, glicina), promover patrones dietarios antiinflamatorios (como la dieta mediterránea) y considerar suplementaciones cuidadosas en casos con marcado estrés oxidativo¹⁸.

Finalmente, es conveniente reconocer las limitaciones del estudio y proponer pasos futuros. Se recomienda realizar un seguimiento longitudinal para observar cómo evolucionan estos indicadores con el tiempo y con intervenciones nutricionales específicas, además de relacionarlos con variables clínicas de desenlace (función orgánica, inflamación, eventos adversos). También sería beneficioso incluir otros biomarcadores complementarios para mejorar los resultados del perfil oxidativo^{19,20}.

CONCLUSIONES

El presente estudio confirma el potente efecto hepatoprotector del pulverizado de *Chenopodium ambrosioides* (paico) frente al daño hepático inducido por etanol y fructosa, un modelo relevante para la esteatosis (HGNA/HGA). El hallazgo más contundente fue la reversión completa de la esteatosis, ya que todas las dosis de paico lograron una reducción del 33,3% en los triglicéridos hepáticos, volviendo a los niveles basales. Además, la planta demostró modular el estrés oxidativo y la función sintética hepática: la dosis del 3% de paico resultó ser la más efectiva, logrando el mayor incremento en la relación antioxidante GSH/GSSG (70,2%) y restaurando la función anabólica con un aumento del 21,1% en la absorción de Proteína Alfa. La evidencia de una respuesta no lineal o de hormesis en la dosis más alta (9%) subraya la necesidad de establecer una ventana terapéutica óptima, posicionando al paico como un candidato nutracéutico promisorio para el manejo de las enfermedades hepáticas crónicas asociadas al metabolismo lipídico.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por permitir realizar la investigación en sus instalaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ramos-Molina B, Macías-González M, Tinahones F. Hígado graso no alcohólico y diabetes tipo 2: epidemiología, fenotipo y fisiopatología del paciente con diabetes e hígado graso no alcohólico. *Endocrinol Diabetes Nutr.* 2017;1(Supl 2):16–20. Available from: <https://www.elsevier.es/es-revista-endocrinologia-diabetes-nutricion-13-articulo-higado-graso-no-alcoholico-diabetes-S2530016417300057>

2. Caballeria L, Augustin S, Broquetas T, Morillas RM, Vergara M, Virolés S, Llerena S, Almenta I, Ginès P. Recomendaciones para la detección, diagnóstico y seguimiento de los pacientes con enfermedad por hígado graso no alcohólico en atención primaria y hospitalaria. *Med Clin (Barc)*. 2019;153(4):169–77. DOI: 10.1016/j.medcli.2019.01.030
3. Macé F. Ficha de epazote (*Chenopodium ambrosioides*). infojardin [Internet]. 2011. [cited 2025 Nov 24]. Available from: <https://fichas.infojardin.com/plantas-medicinales/epazote-chenopodium-ambrosioides.htm>
4. Aros J, Silva-Aguayo G, Fischer S, Figueroa I, Rodríguez-Maciél JC, Lagunes-Tejeda A, et al. ACTIVIDAD INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DEL PAICO *Chenopodium ambrosioides* L. SOBRE *Sitophilus zeamais* Motschulsky. *Chil J Agric Anim Sci*. 2019;35(3):282–92. DOI: 10.4067/S0719-38902019005000504
5. Torres AM, Ricciardi GA, De Nassiff AA, Ricciardi AI. Aceite esencial de *Chenopodium ambrosioides* L., (paico macho). Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste (UNNE); 2002. Available from: <http://www.unne.edu.ar/cyt/cyt/2002/08-Exactas/E-019.pdf>
6. Dalle-Donne I, Rossi R, Giustarini D, Milzani A, Colombo R. Protein carbonyl groups as biomarkers of oxidative stress. *Clin Chim Acta*. 2003;329(1–2):23–38. DOI: 10.1016/S0009-8981(03)00003-2
7. Nuñez-Selles AJ, Nuñez-Cebrian J, Nuñez-Cebrian M. Linking oxidative stress biomarkers to disease progression and antioxidant therapy in hypertension and diabetes mellitus. *Front Mol Biosci*. 2025;12:1611842. DOI: 10.3389/fmolb.2025.1611842
8. Valaitienė J, Laučytė-Cibulskienė A. Oxidative Stress and Its Biomarkers in Cardiovascular Diseases. *Arter Res*. 2024;30(1):18. DOI: 10.1007/s44200-024-00062-8
9. Aleksandrova K, Koelman L, Egea Rodrigues C. Dietary patterns and biomarkers of oxidative stress and inflammation: A systematic review of observational and intervention studies. *Redox Biol*. 2021;42:101869. DOI: 10.1016/j.redox.2021.101869
10. King-Hudson TJ, Derraik JGB, Challis S, Hancox RJ, Manders RJF, Poulton R, et al. Biomarkers of Oxidative and Mitochondrial Stress Are Associated With Accelerated Pace of Aging at Midlife in a Birth Cohort. *Front Aging*. 2023;4:1220204. DOI: 10.3389/fragi.2023.1220204
11. Zare-Shahabadi A, Rastegar K, Ghasemi M, Gorji N, Ghasemi M, Zarei L, et al. Protein Carbonylation as a Biomarker of Oxidative Stress and a Therapeutic Target in Neonatal Brain Damage. *Antioxidants (Basel)*. 2023;12(10):1839. DOI: 10.3390/antiox12101839
12. Dennis KK, Go YM, Jones DP. Redox systems biology of nutrition and oxidative stress. *J Nutr*. 2019;149(4):727–39. DOI: 10.1093/jn/nxy306
13. Sies H. Nutritional, Dietary and Postprandial Oxidative Stress. *J Nutr*. 2005;135(5):969–72. DOI: 10.1093/jn/135.5.969
14. Dai J, Jones DP, Murrell J, Tsuji K, Murrell G, Jones L, et al. Association between the Mediterranean diet and plasma oxidative stress: within-pair analysis in twin study. *Am J Clin Nutr*. 2008;88(5):1364–70. DOI: 10.3945/ajcn.2008.26528
15. Bellanti F, Lo Buglio A, Dobrakowski M, Kasperczyk A, Kasperczyk S, Serviddio G, et al. Adherence to Mediterranean Diet and Biomarkers of Redox Balance and Inflammation in Old Patients Hospitalized in Internal Medicine. *Nutrients*. 2024;16(19):3359. DOI: 10.3390/nu16193359
16. Al-Amri A, Bin-Sabt T, Alosaimi R, Aldebeyan R, Alnasser A, Aldebeyan M. Tailored Multifaceted Strategy for Implementing Fundamental Evidence-Based Nursing Care: An Evaluation Study. *Healthcare (Basel)*. 2024;14(4):297. DOI: 10.3390/healthcare14040297
17. Carlson A, True G, Wilson S. Oxidative stress and food as medicine. *Front Nutr*. 2024;11:1394632. DOI: 10.3389/fnut.2024.1394632
18. Aleksandrova K, Koelman L, Egea Rodrigues C. Dietary patterns and biomarkers of oxidative stress and inflammation: A systematic review of observational and intervention studies. *Redox Biol*. 2021;42:101869. DOI: 10.1016/j.redox.2021.101869
19. D'Autreaux B, Buettner GR, Chang CJ, Daly ML, Davies MJ, Dean RT, et al. Guidelines for measuring reactive oxygen species and oxidative damage in cells and in vivo. *Nat Metab*. 2022;4(8):1108–21. DOI: 10.1038/s42255-022-00591-z
20. Yahia S, Tahari Z, Ouadfel S. Expression Analysis of Oxidative Stress Markers 8-hydroxydeoxyguanosine and Protein Carbonyl in Breast Cancer and Their associations with Certain Immunological and Tumor Markers. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2025;26(2):639–46. DOI: 10.31557/APJCP.2025.26.2.639

Improving anemia prevention behavior through the Anemia-Free Integrated Network Approach (AFRINA) among prospective brides in Bengkulu, Indonesia

Afrina MIZAWATI^{1,2}, Nursyirwan EFFENDI³, Delmi SULASTRI⁴, Rozi SASTRA PURNA⁵

1 Doctoral Program of Public Health, Faculty of Medicine, Andalas University, Padang, West Sumatera, Indonesia.

2 Department of Midwifery, Poltekkes Kemenkes Bengkulu, Bengkulu, Indonesia.

3 Department of Anthropology, Faculty of Social and Political Sciences, Andalas University, Padang, West Sumatera, Indonesia.

4 Department of Nutrition, Faculty of Medicine, Andalas University, Padang, West Sumatera, Indonesia.

5 Department of Psychology, Faculty of Medicine, Andalas University, Padang, West Sumatera, Indonesia.

Recibido: 23/octubre/2025. Aceptado: 5/diciembre/2025.

ABSTRACT

Introduction: Anemia remains a major public health issue among women of reproductive age in Indonesia, particularly prospective brides. Fragmented health education, limited family involvement, and weak intersectoral collaboration have reduced the effectiveness of prevention programs. The Anemia-Free Integrated Network Approach (AFRINA) was developed as an integrated model combining digital health education, family engagement, and cross-sector collaboration to strengthen anemia prevention behavior.

Objective: This study evaluated the effectiveness of the AFRINA model in improving preventive behavior, family support, and motivation among prospective brides in Bengkulu, Indonesia.

Method: A quasi-experimental pretest-posttest control group design with non-random assignment was used involving 74 prospective brides recruited from five district religious offices in Bengkulu City. Participants were allocated into an intervention group receiving the AFRINA digital educational program and a control group receiving standard counseling. Validated questionnaires measuring preventive behavior, family support, and motivation were administered before and after the intervention. Data were collected from June to August 2025 and analyzed using the Wilcoxon

signed-rank test and Mann-Whitney U test, with a significance level of $p < 0.05$.

Results: The AFRINA intervention significantly increased preventive behavior (mean difference = 9.81; $p < 0.001$), family support (8.57; $p < 0.001$), and motivation (8.17; $p < 0.001$) compared to the control group. The improvements were higher in the intervention group, showing the model's effectiveness in enhancing behavioral and psychosocial determinants of anemia prevention.

Conclusion: The AFRINA model, integrating digital communication, family engagement, and intersectoral collaboration, effectively improves preventive behavior, family support, and motivation among prospective brides. This model offers an innovative, scalable framework to strengthen premarital health programs and reduce anemia risk among women of reproductive age.

KEYWORDS

Premarital health, digital educational intervention, preventive behavior, quasi-experimental study, Mobile health, female reproductive health.

INTRODUCTION

Anemia among women of reproductive age remains a significant public health problem globally and in Indonesia. The World Health Organization (WHO) estimates that approximately 30% of women of childbearing age suffer from anemia, contributing to adverse maternal and fetal outcomes such as low birth weight, preterm birth, and maternal mortal-

Correspondencia:

Afrina Mizawati
2230322006_afrina@student.unand.ac.id

ity¹. In Indonesia, national data indicate that more than one-third of women aged 15–49 years are anemic, largely due to nutritional inadequacy and suboptimal health behavior². In Southeast Asia, Indonesia ranks among countries with high prevalence: 31.2% of women of childbearing age in Indonesia were reported anemic in 2019, one of the highest in the region³.

Anemia reflects nutritional deficiency and affects physical endurance, cognitive performance, and overall well-being. It occurs when hemoglobin levels fall below 12 g/dL, primarily due to iron deficiency, which reduces oxygen-carrying capacity and results in fatigue, low productivity, and impaired reproductive outcomes⁴. Among women of reproductive age, anemia also contributes to pregnancy complications and long-term risks such as stunting and low birth weight^{3,5}.

Recent national surveys indicate that more than one-third of Indonesian women of reproductive age experience anemia, with nutritional and behavioral factors being major contributors². Premarital women, particularly those preparing for marriage, represent a vulnerable group because many enter pregnancy soon after marriage with poor iron status and limited awareness of anemia prevention⁶. Despite national programs such as *Gerakan Nasional Aksi Bergizi* and mandatory premarital health screening, preventive efforts remain fragmented and lack contextual education, family engagement, and cross-sector collaboration^{7,8}. Compliance with iron supplementation is another persistent challenge. Studies in Indonesia have shown that low motivation, poor knowledge, and limited family support significantly reduce adherence to iron tablet consumption^{9,10}. These behavioral, familial, and informational determinants must be addressed through an integrated and participatory approach to achieve sustainable prevention outcomes. Behavioral, familial, and informational factors have been shown to significantly influence adherence to anemia prevention practices among women of reproductive age.

The Anemia-Free Integrated Network Approach (AFRINA) was developed as an innovative model that integrates digital health education, family involvement, and multi-sector collaboration through an interactive mobile application and structured learning modules. AFRINA aims to strengthen anemia prevention by improving knowledge, building motivation, and enhancing family support to strengthen preventive behavior against anemia. The model emphasizes early screening, balanced nutrition, and sustained adherence to iron supplementation through accessible and engaging educational media.

Given the limited evidence on the effectiveness of integrated digital interventions targeting premarital women, this study was designed to evaluate the effect of the AFRINA model on improving preventive behavior, family support, and motivation among prospective brides in Bengkulu, Indonesia. The findings are expected to contribute to the development of a scalable framework for strengthening premarital health

programs and reducing anemia prevalence among women of reproductive age¹¹.

METHODS

This study employed a quasi-experimental design with a pretest–posttest control group design with non-random assignment and was conducted from June to August 2025 in five district religious offices (*Kantor Urusan Agama*) in Bengkulu City, Indonesia. The study population consisted of women of reproductive age registered as prospective brides. The inclusion criteria were women aged 19–35 years, registered for premarital counseling, willing to participate throughout the study, and completing both pretest and posttest questionnaires. The exclusion criteria included individuals who withdrew during the study, became pregnant during the data collection period, had a history of severe anemia (Hb < 8 g/dL), or reported chronic medical conditions that could affect motivation, participation, or anemia-related behavioral outcomes.

The sample size was determined using the hypothesis test formula for the mean difference between two independent groups, with an additional 10% to anticipate dropouts, yielding a total of 74 respondents—37 in the intervention group and 37 in the control group. Participants were recruited purposively and each of the five KUA offices (Gading Cempaka, Teluk Segara, Sungai Serut, Ratu Agung, and Ratu Samban) contributed participants to both intervention and control groups, although allocation was not randomized, which may introduce selection bias. “The intervention group received health education through the Anemia-Free Integrated Network Approach (AFRINA), a model integrating structured digital education, family engagement, and multisector collaboration. The AFRINA model consisted of three main components:

1. Digital education via the AFRINA mobile application, containing interactive materials on anemia prevention, nutrition, and reproductive health.
2. Family involvement through guided discussion modules encouraging family members particularly spouses and parents to support iron supplementation adherence and healthy dietary practices.
3. Cross-sector collaboration involving midwives, community leaders, and local health offices to facilitate counseling and monitoring.

The intervention was conducted over four weeks and included educational sessions and interactive follow-ups through the AFRINA platform. Participants received notifications, quizzes, and reminder messages to reinforce learning and behavioral commitment. In contrast, the control group received conventional premarital health counseling following standard Ministry of Health guidelines without the AFRINA program.

Data collection was conducted before and after the intervention using validated questionnaires measuring preventive behavior, family support, and motivation related to anemia prevention. Each instrument consisted of Likert-scale items, with higher scores indicating better outcomes. All instruments were validated through pilot testing prior to data collection.

Preventive behavior, family support, and motivation toward anemia prevention were measured using structured Likert-scale questionnaires developed based on premarital health guidelines and prior studies. All items used a five-point Likert scale (1 = Strongly Disagree to 5 = Strongly Agree), with higher scores indicating better outcomes. Content validation showed that all items were valid with an Item-Content Validity Index (I-CVI) of 1.00, and reliability testing demonstrated excellent internal consistency, with Cronbach's alpha values of 0.85 for preventive behavior, 0.91 for family support, and 0.95 for motivation.

The preventive behavior scale consisted of 10 items assessing screening practices, iron tablet adherence, and preventive commitment, with a total score range of 10–50. The family support and motivation scales each contained 10 items, measuring emotional, motivational, and instrumental support, as well as willingness and perceived importance of engaging in anemia prevention behaviors. Both scales had score ranges of 10–50, where higher scores indicated stronger family support or greater motivation toward anemia prevention.

Ethical approval for this study was obtained from the Ethics Committee of the Faculty of Medicine, Universitas Andalas (Ref. No. 468/UN.16.2/KEP-FK/2024). Written informed consent was obtained from all participants after providing a full explanation of the study objectives and procedures.

Data were processed through editing, coding, and verification to ensure accuracy and completeness. The Kolmogorov Smirnov test was used to assess data normality. Since data were not normally distributed, the Wilcoxon signed-rank test was used to compare pretest and posttest scores within each group, while the Mann Whitney U test was used to compare differences between intervention and control groups. A p -value <0.05 was considered statistically significant. All analyses were performed using SPSS version 21.0

RESULTS

Characteristics of respondents

A total of 74 prospective brides participated in the study, divided equally into the intervention group (AFRINA model) and the control group (conventional education). Most respondents were aged 21–35 years (89.2% and 91.9%, respectively) and had higher education (97.3%). More than two-thirds were employed, and the majority had an income above the regional minimum wage. Access to health services was generally better among the intervention group (89.2%) than the control

Table 1. Characteristics of prospective brides in the intervention and control groups

Variables	Treatment (n=37)		Control (n=37)	
	Total	%	Total	%
Age (years)				
< 21 or > 35	4	10.8	3	8.1
21-35	33	89.2	34	91.9
Education				
Low education	1	2.7	1	2.7
Higher education	36	97.3	36	97.3
Occupation (Employed)				
Unemployed	11	29.7	10	27.0
Employed	26	70.3	27	73.0
Income				
< Regional Minimum Wage	15	40.5	11	29.7
≥ Regional Minimum Wage	22	59.5	26	70.3
Access to health services				
Difficult	3	10.8	31	83.8
Easy	33	89.2	6	16.2
Family history of anemia				
Yes	6	16.2	22	59.5
No	31	83.8	15	40.5
Exposure to anemia information				
Unexposure	17	45.9	22	52.7
Exposure	20	54.1	15	47.3

(16.2%). The proportion of respondents with a family history of anemia was higher in the control group (59.5%) than in the intervention group (16.2%), while exposure to anemia-related information was slightly higher among the intervention group (54.1%).

The results indicate that both groups were comparable in terms of socio-demographic characteristics, except for access to health services and family history of anemia, which were slightly higher in the control group.

Preventive behavior

Table 2 presents the comparison of mean preventive behavior scores before and after the intervention in both groups. In the intervention group, the mean score increased substantially from 37.30 (SD = 6.72) before the implementation of the AFRINA model to 47.11 (SD = 2.93) after the intervention. In contrast, the control group showed only a modest increase from 36.92 (SD = 8.70) to 39.43 (SD = 7.75) after receiving conventional counseling.

The description of the trend of changes in values before and after in the intervention group is as follows:

In addition to looking at the trend of anemia prevention behavior scores in the groups, we can also see the difference in delta values in the intervention and control groups in the figure 2.

The boxplot above shows that the intervention group had higher levels of preventative behavior than the control group. This indicates that the intervention can improve anemia-preventive behavior among prospective brides and grooms.

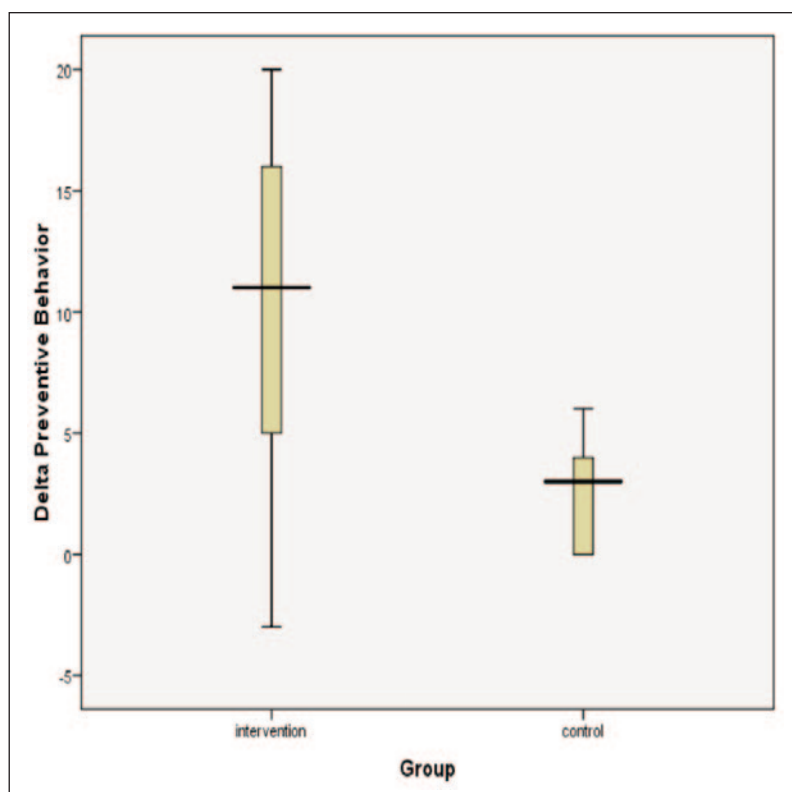


Figure 2. Comparison of preventive behavior scores between intervention and control groups

Table 2. Differences in preventive behavior scores before and after intervention

Variables	Treatment (n=37)			Control (n=37)		
	Min	Max	Mean $\pm$ SD	Min	Max	Mean $\pm$ SD
Preventive Behavior:						
Before Intervention	28	50	37.30 $\pm$ 6.72	22	50	36.92 $\pm$ 8.70
After intervention	40	50	47.11 $\pm$ 2.93	26	50	39.43 $\pm$ 7.75

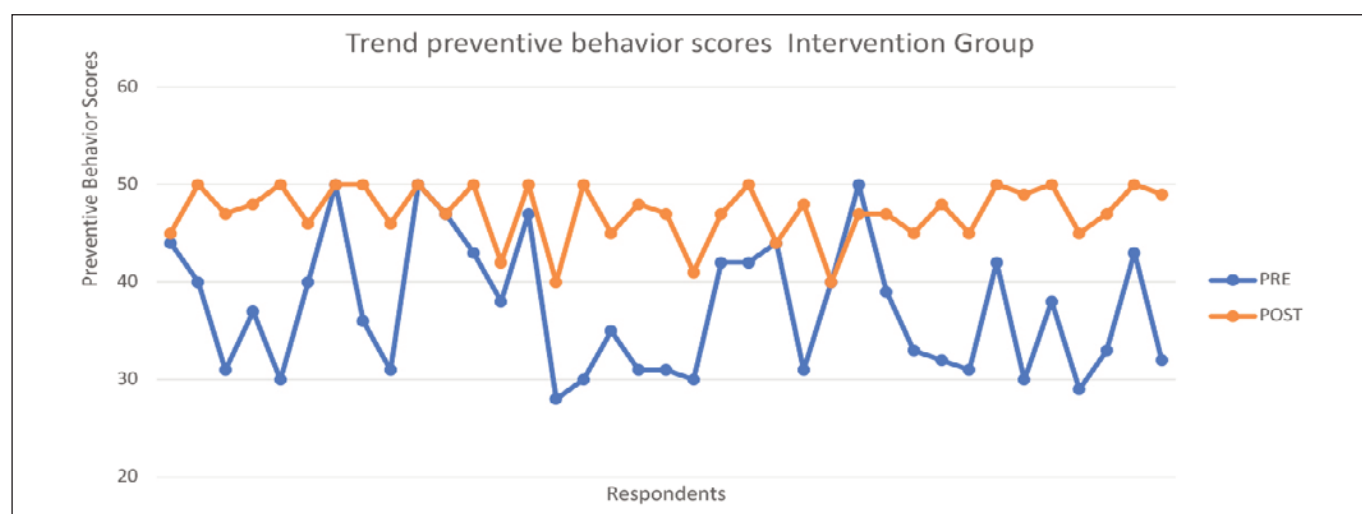


Figure 1. Trend of Preventive Behavior Scores in the Intervention Group

Family support

Table 3 shows the distribution of family support scores before and after the intervention in both groups. In the treatment group, the mean family support score increased from 38.81 ± 6.62 before the intervention to 47.38 ± 3.12 after receiving the AFRINA model intervention. Meanwhile, the control group showed a smaller improvement, with mean scores increasing from 38.41 ± 6.97 to 42.24 ± 6.46 after receiving conventional counseling.

Although both groups experienced increases, the post-intervention mean in the AFRINA group was higher and had a smaller standard deviation, indicating more consistent family engagement among participants.

The description of the trend of changes in values before and after in the intervention group is as follows:

In addition to looking at the trend of family support scores in the groups, we can also see the difference in delta values in the intervention and control groups in the figure 4.

The boxplot above shows that the intervention group had higher family support than the control group. This indicates that the intervention can increase the support of the bride and groom's families in preventing anemia.

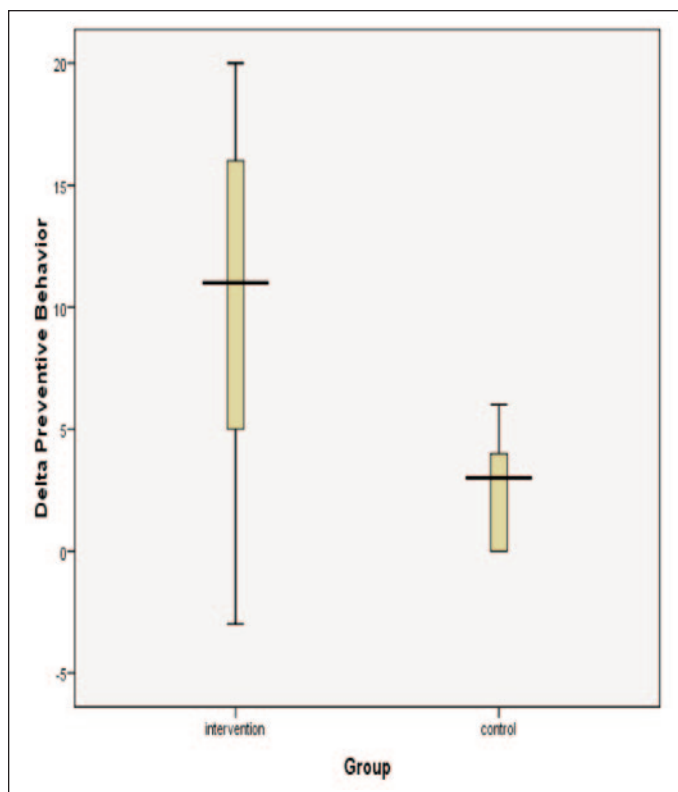


Figure 4. Comparison of Family Support Scores Between Groups

Table 3. Differences in family support scores before and after intervention

Variables	Treatment (n=37)			Control (n=37)		
	Min	Max	Mean $\pm$ SD	Min	Max	Mean $\pm$ SD
Family Support:						
Before Intervention	30	50	38.81 ± 6.62	26	50	38.41 ± 6.97
After intervention	40	50	47.38 ± 3.12	30	50	42.24 ± 6.46

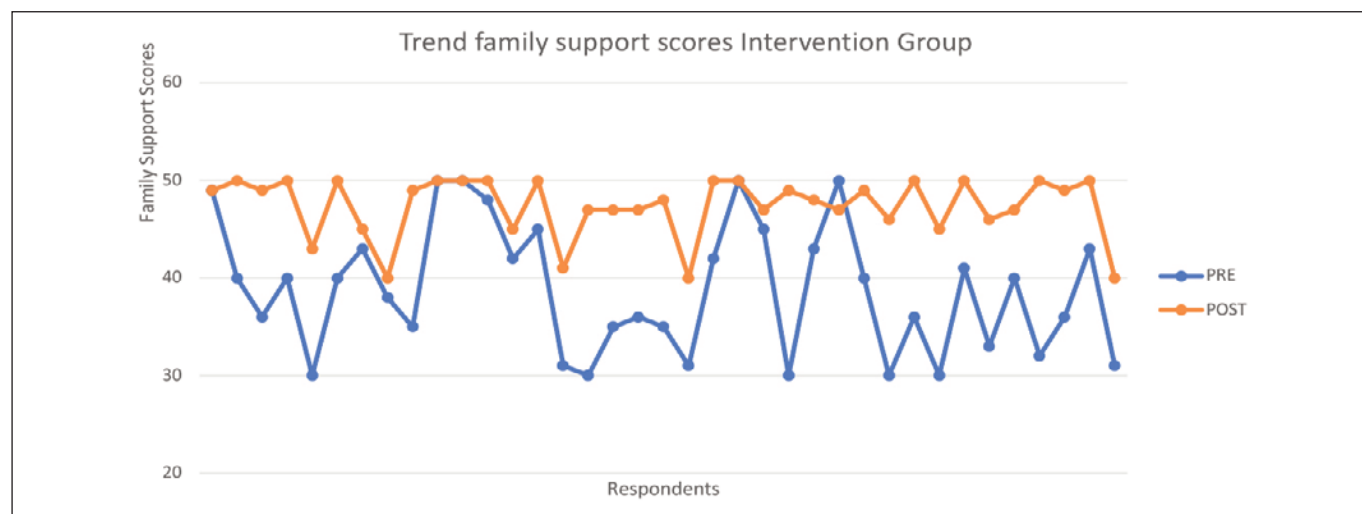


Figure 3. Trend of Family Support Scores in the Intervention Group

Motivation

Table 4 presents the mean motivation scores of prospective brides before and after the intervention in both groups. In the treatment group, the mean motivation score increased from 40.59 ± 5.70 before the intervention to 48.76 ± 2.08 after receiving the AFRINA model intervention. In contrast, the control group showed a relatively smaller improvement, with the mean score increasing from 34.16 ± 7.55 to 36.14 ± 7.15 after conventional counseling.

Although there was a slight increase, the mean score remained notably lower than that of the treatment group, reflecting that conventional education methods were less effective in motivating behavioral change.

The description of the trend of changes in values before and after in the intervention group is as follows:

In addition to looking at the trend of motivation scores in the groups, we can also see the difference in delta values in the intervention and control groups in the figure 6.

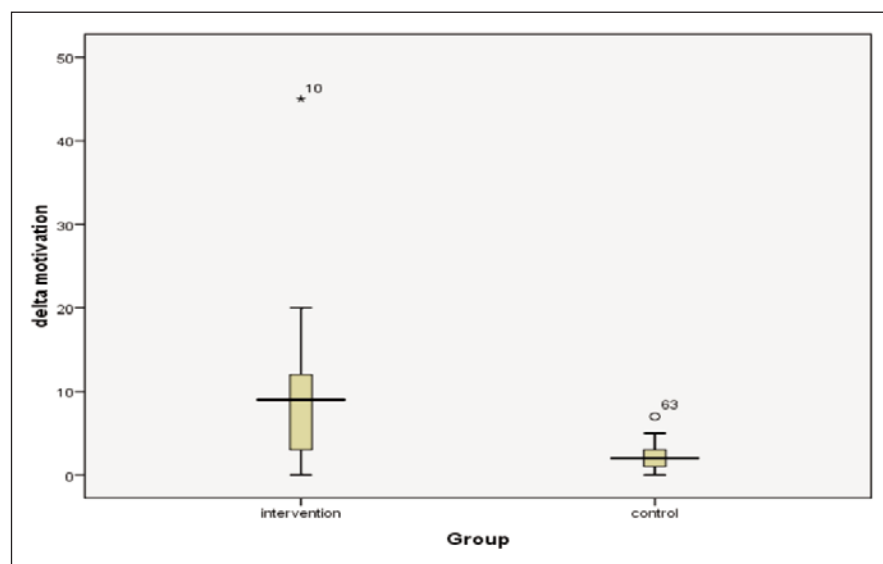


Figure 6. Comparison of Motivation Scores Between Groups

Table 4. Differences in motivation scores before and after intervention

Variables	Treatment (n=37)			Control (n=37)		
	Min	Max	Mean $\pm$ SD	Min	Max	Mean $\pm$ SD
Motivation:						
Before Intervention	30	50	40.59 ± 5.70	20	50	34.16 ± 7.55
After intervention	40	50	48.76 ± 2.08	22	50	36.14 ± 7.15

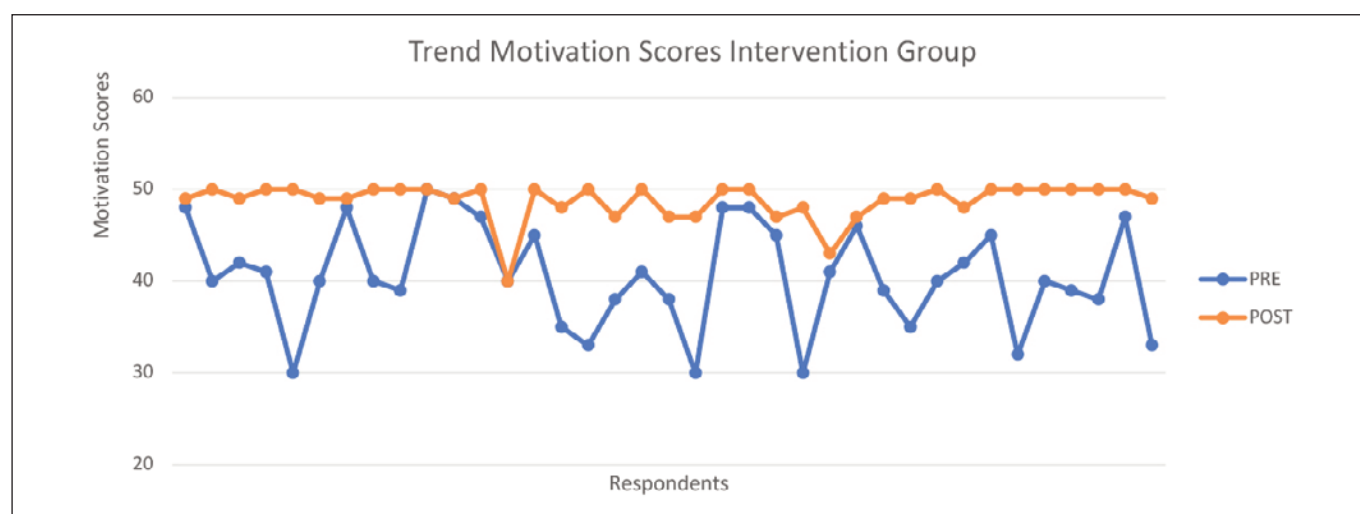


Figure 5. Trend of Motivation Scores in the Intervention Group

The boxplot above shows that the intervention group had higher motivation than the control group. This indicates that the intervention can increase the motivation of prospective brides and grooms to prevent anemia.

Bivariate

All three variables: preventive behavior, family support, and motivation showed statistically significant improvements after implementation of the AFRINA model ($p < 0.001$). The greatest improvement occurred in preventive behavior ($\Delta = 9.81$), followed by family support ($\Delta = 8.57$) and motivation ($\Delta = 8.17$).

These findings confirm the effectiveness of AFRINA in enhancing behavioral and psychosocial determinants of anemia prevention among prospective brides.

Conventional health education also resulted in modest but significant improvements in all three variables ($p < 0.05$).

However, the magnitude of change was notably smaller than that observed in the AFRINA model group.

Comparison between AFRINA and conventional education

Further comparison using the Mann Whitney test showed that the AFRINA model was significantly more effective than conventional education across all outcome variables ($p < 0.001$), as shown in Table 7.

Comparative analysis clearly demonstrates that the **AFRINA model** had a significantly greater effect on all variables compared to conventional health education. The largest gain was observed in preventive behavior, followed by family support and motivation. These results affirm that AFRINA, which integrates structured education, family involvement, and cross-sector collaboration, is more effective in promoting anemia prevention behavior among prospective brides.

Table 5. Differences in preventive behavior, family support, and motivation before and after AFRINA model implementation

Variable	Group	Mean	Beda Mean	SD	Z	P- Value
Preventive Behavior	Before Intervention	37.30	9.81	6.995	-4.893	<0.001
	After Intervention	47.11		2.932		
Family Support	Before Intervention	38.81	8.57	7.009	-4.919	<0.001
	After Intervention	47.38		3.102		
Motivation	Before Intervention	40.59	8.17	6.077	-5.092	<0.001
	After Intervention	48.76		2.396		

* Wilcoxon test.

Table 6. Differences in Preventive Behavior, Family Support, and Motivation Before and After Conventional Health Education

Variable	Group	Mean	Beda Mean	SD	Z	P- Value
Preventive Behavior	Before Intervention	36.92	2.51	10.728	-4.565	<0.001
	After Intervention	39.43		5.132		
Family Support	Before Intervention	38.41	3.83	6.966	-4.955	<0.001
	After Intervention	42.24		6.633		
Motivation	Before Intervention	32.0	2.00	9.394	-4.916	<0.001
	After Intervention	34.0		4.684		

* Wilcoxon test.

Table 7. Comparison of mean score changes between AFRINA and conventional education groups

Variable	Group	Mean	Median	SD	P- Value
Preventive Behavior	Model AFRINA	9.81	11.00	6.591	<0.001
	Conventional	2.51	3.00	2.090	
Family Support	Model AFRINA	8.57	9.00	5.800	<0.001
	Conventional	3.84	4.00	2.328	
Motivation	Model AFRINA	9.38	9.00	8.301	<0.001
	Conventional	1.97	2.00	1.518	

* Mann whitney.

DISCUSSION

This study demonstrated that the Anemia-Free Integrated Network Approach (AFRINA) effectively improved preventive behavior, family support, and motivation among prospective brides in Bengkulu, Indonesia. The intervention group that received education through the AFRINA model showed a significantly higher increase in all outcome variables compared to those who received conventional education. These findings indicate that integrating digital health education, family engagement, and cross-sector collaboration provides a more comprehensive and sustainable strategy for anemia prevention among women of reproductive age¹².

The improvement in preventive behavior among participants reflects the central role of structured education and real-time digital communication in reinforcing health-promoting practices. Previous studies have emphasized that behavior change in anemia prevention is influenced not only by knowledge but also by accessibility of information and consistent reinforcement from health educators and family members¹³. The AFRINA model's use of interactive digital features—such as reminders, quizzes, and feedback—helped maintain participant engagement and adherence, consistent with findings from mobile health interventions that improve nutritional and reproductive health literacy^{14,15}.

Family support also increased significantly after the AFRINA intervention, highlighting the critical role of social and familial involvement in enhancing self-efficacy and adherence to preventive behaviors. In women's health programs, active participation of spouses and parents has been shown to strengthen motivation, emotional support, and compliance with recommended health practices¹⁶. The inclusion of spouses and parents through structured family modules facilitated emotional and instrumental support, improving adherence to iron supplementation, dietary modification, and health check participation. These findings are in agreement with studies showing that family-centered interventions en-

hance both motivation and behavioral outcomes in anemia prevention and maternal health¹⁷.

Recent studies have demonstrated the effectiveness of preventive nutritional and behavioral interventions in reducing the risk of anemia. Weekly iron-folic acid (WIFA) supplementation has been shown to significantly improve knowledge and preventive behavior related to anemia, indicating that structured support and regular monitoring can enhance adherence and awareness¹⁸. Video-based nutrition education also improved iron intake and dietary practices among young women, contributing to reduced anemia risk¹⁹. These findings support the results of the present study, emphasizing that prevention strategies integrating digital education, family engagement, and strengthened behavioral motivation—as implemented through the AFRINA model—can reinforce anemia prevention efforts among prospective brides.

In terms of motivation, the substantial increase observed in the AFRINA group highlights the importance of motivational components embedded in digital education and community interaction. Motivation, both intrinsic and extrinsic, is critical in sustaining preventive health behaviors. The AFRINA platform provided motivational content emphasizing the benefits of early anemia screening, consistent iron intake, and healthy dietary habits. These results are consistent with behavioral theories, including the Health Belief Model and Social Cognitive Theory, which underscore perceived benefits, cues to action, and social reinforcement as determinants of behavior change²⁰.

Compared with previous interventions that primarily relied on face-to-face counseling or supplementation programs, AFRINA offers an innovative and scalable framework that addresses the multi-level determinants of anemia. Its novelty lies in integrating technology-based education, family-centered engagement, and cross-sector coordination—elements rarely combined in conventional premarital health programs. By delivering messages through an accessible

digital platform, AFRINA reduces barriers related to distance, time, and access to health information, which are common challenges in community-based interventions. Digital health solutions have been shown to enhance healthcare access by overcoming geographical, economic, and infrastructural barriers, particularly in underserved populations²¹.

The significant improvements in preventive behavior, family support, and motivation confirm the potential of AFRINA to serve as a complementary tool for existing national initiatives such as *Gerakan Nasional Aksi Bergizi* and premarital health screenings. Integrating AFRINA into routine counseling activities at religious offices (*Kantor Urusan Agama*) and community health centers could enhance outreach, especially among young women preparing for marriage and pregnancy²².

However, this study has several limitations. First, the study period was relatively short, covering only three months, which may not fully capture long-term behavioral sustainability. Second, the self-reported nature of questionnaires may introduce response bias, particularly in motivation and family support measures. Third, although the AFRINA model incorporates digital accessibility, variations in participants' digital literacy may influence engagement levels. Future studies should consider longitudinal designs and incorporate objective behavioral indicators, such as actual iron tablet consumption and hemoglobin levels, to strengthen causal inference.

Despite these limitations, the findings of this study provide strong evidence that the AFRINA model can enhance behavioral and psychosocial determinants of anemia prevention among prospective brides. The integration of digital technology, family involvement, and sectoral collaboration provides a feasible and innovative direction for strengthening premarital and reproductive health programs in Indonesia.

IMPLICATIONS FOR PRACTICE AND POLICY

The findings of this study provide practical and policy-relevant evidence for strengthening anemia prevention efforts within Indonesia's premarital and reproductive health systems. The Anemia-Free Integrated Network Approach (AFRINA) demonstrated measurable improvements in preventive behavior, family support, and motivation; three key behavioral determinants often overlooked in conventional health education^{23,24}. Previous qualitative research supporting the AFRINA framework revealed five major challenges in premarital anemia prevention, including limited exposure to anemia information, superficial understanding of anemia risks, inconsistent and weakly enforced screening policies, poor adherence to iron supplementation, and insufficient coordination and shared responsibility across health, religious, and community sectors. These findings informed the development of AFRINA as a structured model emphasizing systematic education, early de-

tection and intervention, strengthened supplementation adherence, multisectoral collaboration, and coordinated referral mechanisms—elements that contribute to the effectiveness of the present intervention²⁵.

From a practical perspective, AFRINA offers an evidence-based and easily adaptable model that can be implemented within existing premarital health education frameworks managed by the *Ministry of Health* and the *Ministry of Religious Affairs*. Through its digital platform, AFRINA can reach a wider population of prospective brides, particularly those in rural or resource-limited areas, overcoming traditional barriers such as limited time, distance, and lack of health personnel²⁶. Integration of the AFRINA application into premarital counseling at *Kantor Urusan Agama (KUA)* or *Puskesmas* could enhance early screening and reinforce iron supplementation adherence among women of reproductive age²⁷.

From a policy perspective, the results highlight the need for a shift from a purely biomedical approach toward a more integrated behavioral and social framework in anemia prevention. The AFRINA model can complement national initiatives such as *Gerakan Nasional Aksi Bergizi* and the *Program Kesehatan Reproduksi Remaja (KRR)* by embedding digital health education and family-centered engagement into policy implementation. Strengthening cross-sector partnerships between health institutions, education authorities, and local governments would further ensure that anemia prevention is addressed holistically across different life stages—from adolescence to pre-pregnancy⁸.

In addition, adopting the AFRINA framework within the national health information system could improve data monitoring and decision-making related to anemia prevention. Policymakers can leverage the digital reporting features of AFRINA to identify gaps in service delivery and evaluate program effectiveness in real time.

Overall, AFRINA demonstrates how integrating digital innovation, behavioral change strategies, and family engagement can create a transformative approach to reducing anemia prevalence and promoting sustainable health outcomes for women of reproductive age.

CONCLUSION

The Anemia-Free Integrated Network Approach (AFRINA) effectively improved preventive behavior, family support, and motivation among prospective brides in Bengkulu, Indonesia. This integrated model, which combines digital health education, family engagement, and cross-sector collaboration, demonstrated greater effectiveness compared to conventional health education. The AFRINA framework provides an innovative, scalable, and sustainable strategy to strengthen premarital health programs and reduce anemia risk among women of reproductive age.

RECOMMENDATION

Integrating the AFRINA model into national premarital counseling programs and community health initiatives could enhance the reach and impact of anemia prevention efforts. Further longitudinal and multi-regional studies are recommended to assess long-term behavioral sustainability and scalability across diverse population settings.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to express their sincere appreciation to all participants and key informants who generously shared their time and insights during the data collection process. We gratefully acknowledge the enumerators who supported the fieldwork, and the Department of Midwifery, Poltekkes Kemenkes Bengkulu, for providing institutional support and granting study leave to the first author.

Our gratitude is also extended to the Bengkulu City Government and its respective offices for facilitating access to secondary data and allowing time and space for this research to be conducted. This article is part of the doctoral dissertation of Afrina Mizawati in the Doctoral Programme of Public Health, Faculty of Medicine, Universitas Andalas, Indonesia.

REFERENSI

- World Health Organization (WHO). World Health Organization (WHO). 2025 [cited 2025 Nov 10]. Anaemia. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/anaemia>
- Risikesdas. Hasil Utama Risikesdas 2018. Jakarta: Kementerian kesehatan badan penelitian dan pengembangan kesehatan; 2018. Available from: <https://repository.kemkes.go.id/book/1323?utm>
- Fikawati S, Syafiq A, Septiani A, Putra AP, Erisman R. High prevalence of anemia and overweight among women workers in three palm plantations in Indonesia: a cross sectional study. *J Health Popul Nutr* [Internet]. 2024 Dec 1 [cited 2025 Oct 7];43(1):1–7. Available from: <https://jhpn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41043-024-00710-4>
- Kemenkes RI. Profil Kesehatan Indonesia. Pusdatin.Kemenkes. Go.Id. 2021. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Available from: <https://kemkes.go.id/id/profil-kesehatan-indonesia-2021>
- Syamsuriyati S, Handayani R, Suhartono S, Syarif S, Triananinsi N. Anemia during pregnancy and its influence on postpartum hemorrhage. *MEDISAINS: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Kesehatan* [Internet]. 2024 Aug 31 [cited 2025 Oct 7];22(2):70–3. Available from: <http://jurnalnasional.ump.ac.id/index.php/medisains/article/view/22562>
- Handayani R, Handayani Y, Putri ME. Knowledge Level of Prospective Bride and Groom about Pre Marital Check Up at Religious Affairs Office Kaliwates. *Jurnal Kesehatan dr Soebandi* [Internet]. 2023 Oct 29 [cited 2025 Oct 7];11(2):87–92. Available from: <https://journal.uds.ac.id/jkds/article/view/456>
- Cahyati P, Pertiwi S, Mardiah SS, Gantini D, Rismawan W. Policy Analysis for Anemia and Pregnant Women Care Elevation Program Through Prospective Bride's Preparation. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics* [Internet]. 2024 Sep 15 [cited 2025 Oct 7];14(9):29–34. Available from: <https://jddtonline.info/index.php/jddt/article/view/6723>
- United Nations SDGs. Aksi Bergizi: Adolescent nutrition pilot program to address the triple burden of malnutrition among adolescent girls and boys in Indonesia | Department of Economic and Social Affairs [Internet]. 2022 [cited 2025 Oct 22]. Available from: <https://sdgs.un.org/partnerships/aksi-bergizi-adolescent-nutrition-pilot-program-address-triple-burden-malnutrition>
- Fitriani F, Masluroh M. Correlation between Level of Knowledge about Anemia in Pregnant Women and Compliance in Consuming (Fe) Tablets at Sukadana Health Center in 2023. *International Journal of Health and Pharmaceutical (IJHP)* [Internet]. 2024 Feb 17 [cited 2025 Oct 7];4(1):64–9. Available from: <https://ijhp.net/index.php/IJHP/article/view/256>
- Triharini M, Tanfidiah E, Wahyuni ED, Dewi YS, Gouda ADK. The correlation between knowledge, family income and peer support with anaemia prevention behaviour among adolescent girls. *J Pak Med Assoc* [Internet]. 2023 Feb 1 [cited 2025 Oct 7];73(02):S67–70. Available from: https://jpma.org.pk/index.php/public_html/article/view/9481
- Rahman MJ, Rahman MM, Sarker MHR, Matsuyama R, Kakehashi M, Tsunematsu M, et al. Impact of mobile health-based nutritional education on hemoglobin levels in anemic adolescent girls in rural Bangladesh: a randomized controlled trial. *BMC Public Health* [Internet]. 2025 Dec 1 [cited 2025 Sep 29];25(1):1–16. Available from: <https://bmcpubhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-025-23687-z>
- Bhutta ZA, Keats EC, Owais A, González-Fernández D, Udomkesmalee E, Neufeld LM, et al. What works for anemia reduction among women of reproductive age? Synthesized findings from the exemplars in anemia project. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2025 Apr 1 [cited 2025 Oct 22];121:S68–77. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002916524014278>
- Triharini M, Nursalam, Sulistyo A, Adriani M, Armini NKA, Nastiti AA. Adherence to iron supplementation amongst pregnant mothers in Surabaya, Indonesia: Perceived benefits, barriers and family support. *Int J Nurs Sci* [Internet]. 2018 Jul 10 [cited 2025 Oct 22];5(3):243. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6626239/>
- Agustina R, Febriyanti E, Putri M, Martineta M, Hardiany NS, Mustikawati DE, et al. Development and preliminary validity of an Indonesian mobile application for a balanced and sustainable diet for obesity management. *BMC Public Health* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2025 Oct 22];22(1):1–9. Available from: <https://bmcpubhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-022-13579-x>
- Rahman MJ, Rahman MM, Sarker MHR, Matsuyama R, Kakehashi M, Tsunematsu M, et al. Impact of mobile health-based nutritional education on hemoglobin levels in anemic adolescent girls in rural Bangladesh: a randomized controlled trial. *BMC Public Health* [Internet]. 2025 Dec 1 [cited 2025 Oct 22];25(1):1–16.

- Available from: <https://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-025-23687-z>
16. Singh G, Ranjitha R, Baskaran P, Goel AD, Gupta MK, Dileepan S, et al. Family-centered Health Education Intervention for Improving Iron-folic Acid Adherence and Anemia Reduction among Antenatal Mothers in Rural Jodhpur: A Quasi-experimental Study. *Indian J Public Health* [Internet]. 2024 [cited 2025 Oct 22];68(4):495–501. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39670929/>
 17. Migani M, Vambe K, Maisva RJ, Cavalieri F, Bellavista C, Dzagonga T, et al. Healthcare in Low-resource Settings. *Healthc Low Resour Settings* [Internet]. 2025 Jun 30 [cited 2025 Oct 22];13(2). Available from: <https://www.pagepressjournals.org/hls/article/view/12999>
 18. Khomsan A, Riyadi H, Ekawidyani KR, Dina RA, Nurhidayati VA, Prasetya G. A formative study of weekly iron-folic Acid (WIFA) supplementation for adolescent school girls in West Java Indonesia. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria*. 2025;45(1):438–44. Available from: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/869>
 19. Kamil NM, Hasan N, Hadju V, Thaha AR, Hidayanty H. Nutrition education using video improves iron intake and dietary diversity among adolescents: a quasi-experimental study. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria*. 2025;45(2):131–9. Available from: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/900>
 20. Alyafei A, Easton-Carr R. The Health Belief Model of Behavior Change. *StatPearls* [Internet]. 2024 May 19 [cited 2025 Oct 22]; Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK606120/>
 21. Maria Nurhajati Widjaja A, Husni Sanjaya M, Fitriati R, Wahyu Fitriana F, Bakti Keloko A, Sakit Umum Daerah Kabupaten Bekasi R, et al. Digital Health Technologies in Improving Access to Care for Underserved Populations. *The Journal of Academic Science* [Internet]. 2024 Oct 30 [cited 2025 Oct 22];1(6):738–47. Available from: <https://thejoas.com/index.php/thejoas/article/view/113>
 22. Kemenkes. Kemenkes tekan stunting melalui Gerakan Nasional Aksi Bergizi [Internet]. 2022 [cited 2025 Oct 22]. Available from: <https://sumut.antaranews.com/berita/504985/kemenkes-tekan-stunting-melalui-gerakan-nasional-aksi-bergizi>
 23. Triharini M, Armini NKA, Pitaloka SA. The correlation between family role and anemia prevention in pregnancy. *Healthc Low Resour Settings* [Internet]. 2023 Feb 9 [cited 2025 Oct 22];11(s1). Available from: <https://www.pagepressjournals.org/hls/article/view/11180>
 24. Sari P, Herawati DMD, Dhamayanti M, Ma'rif TLH, Hilmanto D. The Effect of Mobile Health (m-Health) Education Based on WANTED Application on Knowledge, Attitude, and Practice (KAP) Regarding Anemia among Female Students in a Rural Area of Indonesia. *Healthcare* [Internet]. 2022 Oct 1 [cited 2025 Oct 22];10(10):1933. Available from: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9601396/>
 25. Mizawati A, Effendi N, Sulastri D, Sastra Purna R. "Developing an integrated model for anemia prevention in prospective brides: A qualitative exploration of multisectoral collaboration in Bengkulu city of Indonesia." *Clin Epidemiol Glob Health* [Internet]. 2026 Jan 1 [cited 2025 Nov 30];37:102252. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2213398425003422>
 26. Zulfikar RRO, Mariani E, Gunawan C, Sitorus NL, Dilantika C, Sundjaya T, et al. Improving Iron Deficiency Anemia (IDA) Prevention and Management Strategies in Indonesia: An Expert Opinion. *Open Public Health J*. 2025 Jun 12;18(1). Available from: <https://openpublichealthjournal.com/VOLUME/18/ELOCATOR/e18749445361508/>
 27. Redjeb R, Handayani S. Compliance of Anemia Prospective Brides in Consuming Blood Enhancement Tablets in Kalibaru Village, Cilincing District. 2025;8(4):604–11. Available from: <https://ejournal2.uika-bogor.ac.id/index.php/PROMOTOR/article/view/1271/890>

Organoleptic effects of using potato peel flour in cookies

Adriana Alexandra GARCÍA CHÁVEZ, Adriana Sofia RENGIFO ROJAS, Aldo MEDINA GAMERO

Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú. Facultad de Administración Hotelera, Turismo y Gastronomía.

Recibido: 7/octubre/2025. Aceptado: 8/diciembre/2025.

SUMMARY

Introduction: Cereals, especially wheat, are staple foods and are primarily used as flour. Wheat flour is essential in baking for its ability to give structure to baked goods. The industry is seeking more nutritious alternatives that enhance flavor and texture. Legume flours provide fiber, protein, and sensory variety.

Objective: To determine the effect of using potato peel flour on the organoleptic properties of the biscuits.

Materials and Methods: The quantitative study used a pre-experimental design with 40 Culinary Arts students, selected by convenience. Those with altered sensory perception were excluded. Data were collected using a 12-question questionnaire per variable. Responses were measured on a Likert scale from 1 to 5. The objective was to empirically verify hypotheses.

Results: The "Organoleptic Properties" variable showed a statistically significant difference ($p = 0,029$) when potato peel flour was incorporated, so the null hypothesis was rejected. This result was obtained using the Wilcoxon test, applied to compare sensory perceptions before and after the modification. Its three dimensions were also significant: Sensory Profile ($p = 0,042$), Product Modification ($p = 0,039$), and Sensory Comparison ($p = 0,022$).

Discussion: The analysis confirmed that the addition of potato peel flour to the recipe significantly altered the organoleptic properties of the cookies, significantly altering their sensory profile and supporting the alternative hypothesis.

Conclusion: The use of potato peel flour significantly influences the organoleptic properties of the biscuits, with good

consumer acceptance and improvements in flavor and appearance, suggesting potential interest in this enriched product.

KEYWORDS

Sensory acceptance, food, food innovation, functional ingredients, sensory perception.

INTRODUCTION

In the typical diet of both humans and animals, cereal crops play a key nutritional role. These crops are frequently processed into flour to produce food by-products. Wheat products, in particular, have been a fundamental part of the human diet for centuries. In baking, wheat flour is especially important due to its ability to form quality gluten, which improves the structure of baked goods¹.

One of the most essential ingredients in both baking and pastry is wheat flour. However, the culinary industry constantly seeks innovative and nutritious alternatives, not only to enhance nutritional value but also to influence the texture and sensory qualities. For example, legume-based flours provide fiber, protein and a greater variety of flavors and textures.

Wheat flour, derived from the wheat plant (*Triticum aestivum* L.), has a global annual consumption of approximately 791.2 million tons. This flour is known for its strong gluten forming capacity, which is why it is commonly used in many food products³. Starch, proteins and lipids are amongst the main components of wheat flour, and any alteration in these can significantly affect the final product⁴.

In the baking and pastry industry, wheat flour is a widely used ingredient; however, its low dietary fiber and micronutrient content, along with the presence of gluten, limits its nutritional value and may cause adverse effects in sensitive populations. This has driven the search for alternative raw materials for the production of gluten-free products⁵. Never-

Correspondencia:
Aldo Medina Gamero
aldo.medinag@usil.pe

theless, various studies indicate that many gluten-free products present nutritional deficiencies, especially in micronutrients, compared to their traditional counterparts⁶.

Potato processing industries generate large quantities of peels that are often disposed of in landfills, causing environmental damage⁷. Although biodegradable and rich in fermentable carbohydrates, they are still considered waste despite the global increase in potato production⁸. Approximately 50 kg of potato peels are produced for every ton of potatoes harvested annually⁹.

That is why using potato peel as an additive in functional or fortified foods offers nutritional benefits, mainly due to their high content of phenolic compounds, over 50% of which are found in the peel and surroundings layers¹⁰.

Peru produces around 4.7 million tons of potatoes annually and is the leading producer in Latin America, ranking 14th worldwide¹¹. Potatoes are a staple in Peruvian's daily diet. Additionally, the country holds the greatest diversity of wild potato species, cultivated at elevations between 2000 and 4000 meters above sea level, in mountainous regions rich in biodiversity¹².

Therefore, the research problem is posed as follows: How does the use of potato peel flour affect the organoleptic effects of cookies? In this sense, this study aims to explore how the sensory profile is affected when incorporating this flour in the production of cookies, how it influences product modification, and what impact it has compared to a conventional cookie.

A study conducted in Bangladesh found that dehydration methods (cabinet drying and sun drying) significantly influence the physicochemical, antioxidant and functional properties of flour made from potato peel, affecting its quality in cake production¹³. Likewise, other studies showed that samples with potato peel flour had higher nutritional content (more protein and calories) compared to those made with mango peel, however, they received a lower acceptance from consumers¹⁴. Additionally, the use of potato was analyzed in the preparation of quinoa flatbreads, showing potential for reducing acrylamide, a potentially harmful compound formed during the cooking of cereals¹⁵. It was also found that potato peel flour was the most favorable in terms of both sensory and nutritional acceptance. Fiber levels increased, and the lipid absorption was reduced^{16,17}.

From a theoretical perspective, the organoleptic properties of food are commonly evaluated to assess and improve product quality and consumer acceptance. Because of this, the use of thresholds is effective in modifying food perception and enhancing its overall quality^{18,19}.

Appearance is the primary factor influencing food choice, so manufacturers strive to make it appealing through eye-catching colors and presentations²⁰. Aroma is also key, as volatile compounds interact with olfactory receptors and anticipate

characteristics such as flavor and texture. Flavor depends on the interaction between food compounds and taste receptors that detect basic tastes. Finally, texture, perceived by touch, includes properties such as softness or hardness and affects both preference and the amount consumed²¹.

In terms of taste, the experience depends on the interaction between the compounds present in the food and the taste receptors, which recognize basic flavors such as sweet, sour, salty, bitter and umami, sending this information to the brain for interpretation. Finally, texture, perceived through touch, includes characteristics such as softness, hardness and thickness, which influence the preference and amount consumed. Research has shown that foods with firmer textures and larger dimensions tend to produce greater satiety, while foods with softer or blander textures tend to have the opposite effect²⁰.

Likewise, thresholds are units of measurement used to evaluate the sensory magnitude produced by a stimulus. Through these thresholds it is possible to evaluate how people perceive the sensory changes in food, helping to better understand reactions during tasting. The detection threshold represents the minimum point at which a sensory stimulus becomes perceptible to a person. This threshold marks the first conscious perception of food through any of the senses: sight, hearing, smell, taste or touch²¹.

On the other hand, the recognition threshold refers to the specific moment at which a stimulus becomes not only detectable, but also identifiable by the individual. Unlike the detection threshold, here the stimulus can already be clearly recognized as a particular taste, smell, color, texture or other sensory attribute of the product. Finally, the differential threshold determines the smallest perceptible difference between two similar stimuli. This concept is key in sensory analysis, as it allows the identification of subtle variations in the properties of a product, such as changes in taste, color intensity or texture²².

Also, ISO Standard N.º 13299 establishes standardized procedures for identifying and describing the sensory characteristics of a product, that is, its organoleptic properties²³. This evaluation is based on sensory perception through taste, sight, hearing, touch and smell, allowing for a detailed analysis of how a product is experienced by consumers.

This standard outlines the methodology for conducting sensory analysis aimed at evaluating the organoleptic properties of a product. The sensory profile refers to the set of data obtained during this evaluation, which accurately describes the perceptions reported by evaluators²⁴.

Potato peel flour improves the nutritional value of baked goods by providing more protein, fiber, minerals, and antioxidants, as well as enhancing water and oil absorption, resulting in fluffier doughs with greater volume²⁵.

Its production process includes: selection, washing, steam peeling, blanching at 82°C for 2 minutes, drying (peel at 40°C for 24 hours or 60°C for 4–8 hours; pulp at 40°C for 48 hours), milling, and sifting to obtain a fine powder^{26,27}.

In baking, cookies made with mixtures of wheat flour and potato flour at 10%, 20%, and 30% show significant changes in their nutritional composition. Higher proportions of root or potato flour increase moisture and carbohydrate content, while decreasing protein, fat, gluten, and crude fiber²⁸.

On the other hand, the use of compound flours has proven to be beneficial, as it allows the development of breads with a higher protein and dietary fiber content, as well as antioxidant properties. These mixtures not only improve the functional and physical properties of doughs (such as water absorption), but also maintain good sensory acceptability, without negatively affecting taste or texture. This makes potato-based flours a viable option for creating more nutritious and sustainable breads, contributing to innovation in the food industry²⁹.

The general objective of this research is to determine the effect of using potato peel flour on the organoleptic properties of cookies. To achieve this, it is proposed to analyze its influence on the sensory profile of the product, observe changes in its physical characteristics, and compare the cookies made with this flour to a conventional sample in terms of sensory perception.

MATERIALS AND METHODS

The research followed a quantitative approach and was analyzed empirically, allowing conclusions to be drawn. In addition, the studies were oriented towards the verification of hypotheses³⁰. An applied-level study with a pre-experimental design was implemented; this type of design was chosen because it involves observing, measuring and experimenting with the reality that the study aimed to understand³¹.

The study population consisted of students in the Culinary Arts program. Non-probability convenience sampling was used, selecting available individuals. A total of 40 participants took part in the study. The inclusion criterion was for adults, and the exclusion criterion was for those who had recently consumed foods or beverages with strong flavors (e.g., mint or coffee) or those with temporary health conditions, such as colds or any other illness that affected sensory perception.

The survey technique was used to collect data and obtain evidence on the specific topic. The instrument used was a polytomous questionnaire, which included three or more response options. Each questionnaire consisted of 12 questions per study variable. Respondents were asked to complete the questionnaires using a five point Likert scale, ranging from 1 ("strongly disagree") to 5 ("strongly agree").

The instrument's validity was assessed using a content-based validation approach by a panel of experts and reliability assessment³². Once the population was identified according to established criteria, participants were invited to complete the surveys. A descriptive analysis was performed to examine the sample characteristics, and an inferential analysis comparing two related measurements between the variables was applied. The results are presented in tables, highlighting significant correlations and discussing their implications for the use of potato peel flour and its effects on organoleptic properties.

The study did not require formal approval from an institutional ethics committee; however, it adhered to the ethical principles set out in the Declaration of Helsinki. Participants were informed of the research objectives before completing the questionnaire and, through informed consent, agreed to participate voluntarily, without any risk.

RESULTS

Cookies made with potato peel flour were developed to promote the efficient use of potato waste, due to its high nutritional value.

For the production of potato peel flour, the potatoes were first selected, and thoroughly washed to ensure no soil residues remained, as the peels were intended for consumption and had to be safe. Then they were dried to remove moisture and peeled, reserving the peels. A silicone sheet was placed on a tray and a uniform layer of peels was arranged. These were then baked at 80° C for 6 hours, until they were completely dry and brittle. Once dried, they were ground in a food processor until a fine powder was obtained. The flour was then sifted to remove large residues, ensuring a uniform, fine flour.

For the cookies, 40% of the flour used was potato peel flour, and the remaining 60% was wheat flour. This proportion was chosen after preliminary tests determined it to be the most suitable to maintain good texture, color and flavor. The ingredients for this recipe included butter, brown sugar, white sugar, eggs, baking powder, cinnamon, salt, and chocolate chips. All ingredients were mixed and the dough was allowed to rest in the fridge for 30 minutes. After resting, the dough was portioned into 60g balls, then baked at 180°C for 12 minutes. Finally, the cookies were left to cool before evaluation.

In addition to the sensory evaluation, the basic nutritional value of the cookie made with potato peel flour was determined. For a 75 g serving, the product provides 279 kcal, 5.6 g of protein, 11.5 g of total fat, 39.4 of carbohydrates, and 4.2 g of dietary fiber. These values allow for estimating the product's contribution within a regular diet and demonstrate that the incorporation of potato peel flour provides an

important amount of fiber which enhances the functional profile of the cookies.

Table 1 y figure 1, of the total number of respondents, 23 participants selected "I agree" in the pre-test for Variable 1, while another 23 participants selected "Strongly agree" in the post-test, indicating that the organoleptic properties changed according to Variable 1. Likewise, 24 participants selected "Strongly agree" in the pre-test for Variable 2, while 28 participants selected the same option in the post-test, indicating that potato peel flour enhances the cookie's sensory attributes.

Inferential Analysis

In Table 2, since the sample included fewer than 50 respondents, the Shapiro-Wilk normality test was applied. For Variable 1 ("Organoleptic Properties"), the test yielded a Sig.= ,001 and for variable 2 ("Potato Peel Flour"), a Sig.= ,131 was obtained. Therefore, the alternative hypothesis (H_a), which states that the data does not have a normal distribution, is accepted. As a result, non-parametric tests, specifically the Wilcoxon test, were used for further analysis.

Table 1. Frequency of study variables

	Organoleptic properties		Potato peel flour	
	pre test	post test	pre test	post test
	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>	<i>f</i>
Neither agree nor disagree	1	1	0	0
I agree	23	16	16	12
Strongly agree	16	23	24	28
Total	40	40	40	40

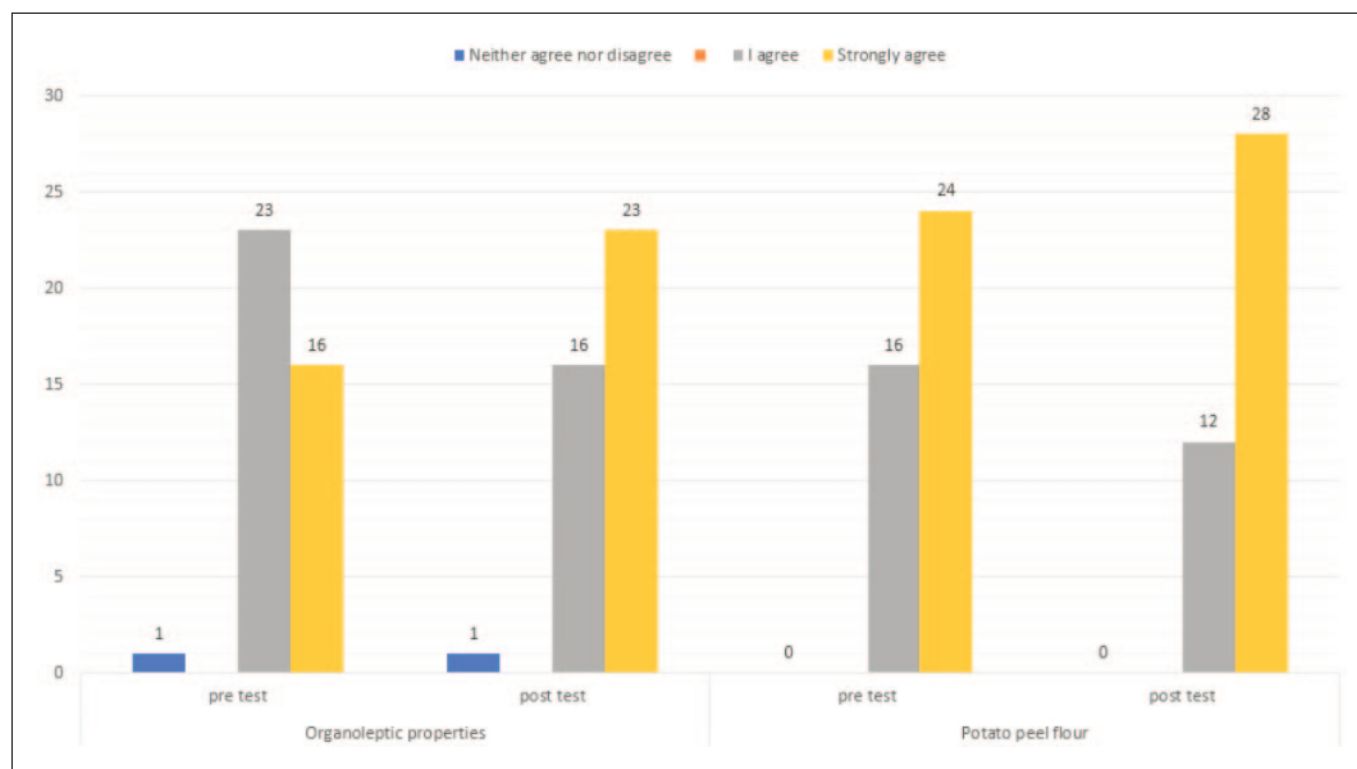


Figure 1. Comparison of pre-test and post-test organoleptic properties of potato peel flour

Table 2. Normality test for a sample

Normality Tests			
	Statistical	gl.	Sig.
Organoleptic properties	0,893	40	0,001
Potato peel flour	0,957	40	0,131
Sensory profile	0,889	40	0,001
Product Modification	0,884	40	0,001
Sensory Comparison	0,9	40	0,002

SPSS Database.

Hypothesis testing

General hypothesis

-Ho (null hypothesis): There is no difference in organoleptic properties when using potato peel flour in cookies.

-Ha (alternative hypothesis): There is a difference in organoleptic properties when using potato peel flour in cookies.

In Table 3, since the significance value of the variable "Organoleptic Properties" was 0,029, which is less than 0,05, the null hypothesis is rejected and the alternative hypothesis is accepted. This indicates that there is a statistically significant difference in the organoleptic properties of cookies when using potato peel flour.

Table 3. Level of significance of the variable "organoleptic properties"

Test Statisticians	
Organoleptic properties	
Z	-2,179b
Asymp. Sig. (bilateral)	0,029

SPSS Database.

In Table 4, for the Sensory Profile dimension, the significance level was 0,042, which is less than 0,05. This indicates a significant difference in the sensory profile of the product after the addition of potato peel flour. Considering that the organoleptic properties of the product changed, the overall sensory profile was also affected, as participant's perception differed compared to the conventional cookies.

On the other hand, regarding the second dimension "Product modification", the significance value was 0.039,

Table 4. Level of significance of the three dimensions

Test Statisticians			
	Sensory profile	Product Modification	Sensory Comparison
Z	-.497b	-2,059c	-2,292c
Asymp. Sig. (bilateral)	0,042	0,039	0,022

SPSS Database.

which is lower than 0.05. Therefore, there is a significant difference in this dimension, suggesting that the addition of potato peel flour produces noticeable modifications in the product's characteristics, related to the first dimension of the sensory profile.

Finally, regarding the "Sensory Comparison dimension, the significance value was also less than 0,05, at 0,022. The addition of potato peel flour affected how it was perceived sensorily before and after modification, indicating that respondents perceived a noticeable difference between the two cookies.

DISCUSSION

According to the general hypothesis, the results obtained from the statistical analysis indicated that the incorporation of potato peel flour had a significant effect on the organoleptic properties of the cookies, with a significance level of less than 0,05 (sig=0,029). These findings led to the rejection of the null hypothesis and the acceptance of the previously stated alternative hypothesis. It can be concluded that the modification of the recipe through the use of potato peel flour caused perceptible changes in the product, significantly altering its sensory profile.

Previous studies reported positive effects from the use of potato peel flour in flatbreads, as it reduced acrylamide levels (potentially harmful compounds in high-carbohydrate foods) without changing the sensory acceptability of the bread. However, in a study carried out in the United States, although acrylamide levels were not evaluated, it was suggested that the use of potato peel flour instead of wheat flour could increase the acrylamide formation in products, given its high carbohydrate content. Nevertheless, it is considered a viable ingredient to enhance the nutritional value of some products such as cookies¹⁵.

ISO Standard N° 13299 establishes guidelines for compliance with sensory evaluation methods in products and evaluates the organoleptic characteristics of food products²³. The use of this standard helps to analyze more deeply and in detail the sensory perception of food, which was necessary for evaluating the respondent's perceptions of cookies made with

potato peel flour. Analyzing the dimensions of the sensory profile, product modification and sensory comparison under this concept, shows that the use of this flour aligned with the sensory standards perceived by the respondents.

According to the first specific hypothesis, the results showed a significant difference, with a significance level of 0,042, less than 0,05. This indicates that the sensory profile was affected when making the change from wheat flour to potato peel flour. The sensory evaluation of the respondents was positively affected, the cookies exhibited a more golden color, a more pleasant aroma, a more intense flavor and a more attractive texture compared to cookies made with only wheat flour.

In research related to the use of Chinese potato peel flour and soy flour in cookies to reduce gluten, the authors reported that the sensory profile of these cookies was positively affected, highlighting their color, flavor and crunchiness. This background is consistent with the results of the study, as color and were also aspects highly valued by the evaluators. These changes in the sensory profile of the cookies highlight their potential to improve presentation, which is a very important factor in the perception of product quality¹⁸.

On the other hand, the use of different vegetable by-products in breads has been studied to achieve gluten-free bread formulations. Among these, potato peel flour stood out; when using 5% of this flour into the bread, it showed a positive sensory acceptance as well as a good nutritional balance³³. These findings are consistent with our study, since it was found that the profile of our cookies was also enriched with the addition of this flour, making it a product with potential for commercialization as a healthier alternative to conventional options.

By utilizing a potato by-product such as the peel, and converting it into flour for the development of new products, both the sensory and nutritional profile of foods can be enhanced. The law N° 30988 becomes highly relevant, as it promotes the reduction and prevention of food losses and waste throughout all stages of the food chain, seeking to maximize the use of residual materials³⁴. The modification of products through the incorporation of these by-products not only improves their sensory and nutritional value, as observed in our cookies, but also contributes to a more sustainable and responsible use of food sources.

According to the second specific hypothesis, the results showed a significant difference, with a significance level of 0,039, which is lower than 0,05. This indicates that the modification of the product was significant when incorporating the potato peel flour. The respondents perception of the product was positively impacted, as they reported that the addition of potato peel flour provided a more pleasant and attractive flavor, something they had not experienced before.

Likewise, the concept of the differential threshold, derived from sensory analysis, allows comparisons between products and indicates which are better accepted by consumers. This tool enables the food industry to more accurately evaluate consumer preferences and select the most appropriate formulations. Therefore, when comparing wheat flour cookies with those containing potato peel flour, the results demonstrated greater acceptance of the latter among respondents³⁵.

According to ISO Standard N° 13299, which establishes guidelines for evaluating the sensory profile of a product based on consumer acceptance, it is essential to carry out comparative studies to determine which product is more attractive to consumers²⁴. Once the organoleptic characteristics of a product are approved, they are then applied, as in our case, where we compared two types of cookies: one made with 100% wheat flour and the other with 40% potato peel flour, as they better met the desired sensory profile.

In relation to the third specific hypothesis, the results showed a significant difference, with a significance level of 0,002, which is less than 0,05. This demonstrates that the sensory comparison was affected by the use of potato peel flour. The sensory evaluation by respondents was positively influenced, as they noted that the flavor provided by the potato peel flour was new and more appealing to the palate when compared to conventional wheat flour.

In addition, research on how sensory perception influences food intake has shown that sight, smell, and taste are crucial in the selection of food products²⁰. This confirms what was observed in our study: sensory comparison plays a key role in choosing the preferred product, especially in terms of appearance and flavor, where respondents favored the cookies made with potato peel flour³⁶. Likewise, other studies evaluated the nutritional and sensory quality of cookies made with wheat flour supplemented with 10%, 20%, and 30% potato peel flour. They found that cookies with added potato peel flour had a better sensory acceptance than conventional ones, as the flavor was more pleasant to the consumer's palate²⁸. These results align with our findings, demonstrating that adding potato-based flour enhances the sensory characteristics of baked goods.

By taking advantage of as much food as possible, in this case potato peels, we not only use food in a more responsible way, but we also add greater nutritional value to our meals³⁷. Which is why Law N°. 30988 stands out, since its main focus is the responsible use of food products. By using potato peels, which are products that are usually not used, emphasis is placed on maximizing their use in the best way, in this case, by making potato peel flour³⁸.

The implications of the study show that this research contributes to expanding the existing knowledge on the use of agro-industrial by-products, specifically potato peels, in the production of bakery products. As this is a topic with limited

information, the findings offer an initial basis for future research aimed at the recovery of food waste. Finally, from a practical perspective, the results show the potential of potato peels as a functional input in the food industry, particularly in baked goods.

LIMITATIONS OF THE STUDY

During the development of this study, some limitations were identified, the most relevant being the difficulty in accessing national scientific information specifically related to the use of potato peel flour. The scarcity of previous research in this area limited the depth of the theoretical framework and made it difficult to compare it with similar studies conducted in the Peruvian context. Likewise, the pre-experimental design used did not include a control group with the same external validation conditions, which restricts the generalization of the results obtained.

CONCLUSIONS

The use of potato peel flour significantly influences the organoleptic properties of cookies. The evaluators showed good acceptance, highlighting improvements in taste and appearance, which suggests a potential interest in consuming this enriched product. Regarding the sensory profile, a slight change was observed: the cookies displayed a subtle sweetness, darker color, balanced texture between soft and crunchy, and a more attractive aroma, which resulted in a positive perception by the participants. As for the modification of the product, potato peel flour provided nutritional benefits, increasing fiber and vitamins, in addition to improving the overall flavor of the cookie. Finally, in the sensory comparison, cookies with potato peel flour showed notable differences compared to traditional ones, with a more intense golden color, a grainier texture, slightly spicier and smoked flavor and more striking aroma, characteristics that made them more attractive to consumers.

REFERENCES

- Wysocka K, Cacak-Pietrzak G, Fedelyn-Aszewczyk B, Studnicki M. The baking quality of wheat flour obtained from wheat grains cultivated in various farming systems (organic vs conventional). *Appl Sci*. 2024; 14(5):1-12. <https://doi.org/10.3390/app14051886>
- Akissóe L, Brasse C, Maitre I, Guerin B, Piva G, Symoneaux R, et al. Assessing the culinary qualities of a shortcrust pastry food model: Impact of the chemical and functional characteristics of legume flours. *Int J Gastron Food Sci*. 2025;41:101219. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101219>
- Liu Y, Zeyu J, Mengmeng L, Ke B, Erqi G, Wei H. Effect of heat-moisture treatment of wheat (*Triticum aestivum* L.) grain on micronutrient content of flour, and noodles and bread qualities. *J Cereal Sci*. 2024; 115(103836):1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103836>
- Chen Y, McClements D, He K, Peng X, Xu Z, Meng M, et al. Effect of phytic acid on the structure, properties and oil absorption of wheat flour. *Food Hydrocoll*. 2024;150:109737. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.109737>
- Bagolin A, Medeiros G, Teixeira E. We want to be normal! Perceptions of a group of Brazilian consumers with coeliac disease on gluten-free bread buns. *Int J Gastron Food Sci*. 2017; 7:27-31. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2017.01.001>
- Pellegrini N, Agostoni C. Nutritional aspects of gluten-free products. *J Sci Food Agric*. 2015; 95(12):2380-5. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7101>
- Sampaio S, Petropoulos S, Alexopoulos A, Heleno S, Santos C, Barros L et al. Potato peels as sources of functional compounds for the food industry: A review. *Trends Food Sci Technol*. 2020; 103:118-29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.015>
- Jennings S, Koehler A, Nicklin K, Deva C, Sait S, Challinor A. Global potato yields increase under climate change with adaptation and CO2 fertilisation. *Front Sustain Food Syst*. 2020; 4:519324. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.519324>
- Kot AM, Pobiega K, Piwowarek K, Kieliszek M, Błazejak S, Gniewosz M et al. Biotechnological methods of management and utilization of potato industry waste—a review. *Potato Res*. 2020; 63(3):431-47. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09449-6>
- Albishi T, John A, Al-Khalifa A, Shahidi F. Phenolic content and antioxidant activities of selected potato varieties and their processing by-products. *J Funct Foods*. 2014; 5:590-600. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.11.019>
- Cobos M, Hasang E, Medina R, Orellana E. Potato cultivation, genetic resources and challenges for the future. *J Sci Res*. 2022; 7: 1-12. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7724758>
- Miranda A. Evaluation of five mixtures of potato and wheat flour for bread making. *Rev Investig Proy Científica*. 2023;5(1):35-50. <https://doi.org/10.56785/ripc.v5i1.97>
- Moushumi A, Nishat A, Falguni R, Sabina Y, Mouluda S, Md Sultan M. Effect of drying methods on physicochemical, antioxidant and functional properties of potato peel flour and quality evaluation of potato peel composite cake. *J Agric Food Res*. 2023; 11:100508. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100508>
- Perez M, Cebollon A, Bosquez E, Totosa A. Mango peel flour and potato peel flour as bioactive ingredients in the formulation of functional yogurt. *Food Sci Technol*. 2022; 42:1-8. <https://doi.org/10.1590/fst.38220>
- Crawford L, Kahlon T, Wang S, Friedman M. Acrylamide content of experimental flatbreads prepared from potato, quinoa, and wheat flours with added fruit and vegetables peels and mushroom powders. *Foods*. 2019; 8(7):228. <https://doi.org/10.3390/foods8070228>
- Durmaz A, Yüksel F. Deep fried wheat chips added with potato peel flour—effect on quality parameters. *Qual Assur Saf Crops Foods*. 2021; 13(1):115-24. <https://doi.org/10.15586/qas.v13i1.844>
- Wang X, Fang J, Li C, Gu Z, Yan H. Interaction of starch and non-starch polysaccharides in raw potato flour and their effects on

- thickening stability. *Int J Biol Macromol.* 2023; 242:124702. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.124702>
18. Vázquez C, Durazno D, Moya B, Rodríguez C, Pinargote M. Preparation of a gluten-free biscuit based on Chinese potato flour and soybean flour. *J Sci Res.* 2024; 9(2):133–56. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/3090/2811>
 19. Álvarez H, Sotelo A, Gonzáles T, Norabuena E, Zárate E, Sumarriva L. Calidad nutricional, sensorial y evaluación biológica de panes convencionales y libres de gluten. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2022;42(01). <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/221>
 20. Mccrickerd K, Forde C. Sensory influences on food intake control: moving beyond palatability. *Obes Rev.* 2016; 17:18–29. <https://doi.org/10.1111/obr.12340>
 21. Chen X, Zhang W, Young SY, Zhao L. Flavor–food ingredient interactions in fortified or reformulated novel food: binding behaviors, manipulation strategies, sensory impacts, and future trends in delicious and healthy food design. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2023; 22:4004–29. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13195>
 22. Murrieta, L. (2016). Approach to the experimental analysis of the threshold of intonation perception in the Spanish of central Mexico. *Studies in Applied Linguistics*, 0(63), 153-166. <https://doi.org/10.22201/enallt.01852647p.2016.63.629>
 23. Asociación Española de Normalización (UNE). UNE-EN ISO 13299: Sensory analysis-Methodology: General guidance for establishing a sensory profile (ISO 13299:2016). Madrid: UNE; 2017.
 24. Cruz M, Bazan C. Sensory profile in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Rev Cient Cienc Méd.* 2020; 23(2):192–200.
 25. Akter M, Anjum N, Roy F, Yasmin S, Sohany M, Mahomud M. Effect of drying methods on physicochemical, antioxidant and functional properties of potato peel flour and quality evaluation of potato peel composite cake. *J Agric Food Res.* 2023; 11:100508. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100508>
 26. Bao H, Zhou J, Yu J, Wang S. Effect of drying methods on properties of potato flour and noodles made with potato flour. *Foods.* 2021; 10(5):1115. <https://doi.org/10.3390/foods10051115>
 27. Upadhayay S, Tiwari R, Kumar S, Gupta S, Manish S, Kumar V, et al. Utilization of food waste for the development of composite bread. *Sustainability.* 2023; 15(17):13079. <https://doi.org/10.3390/su151713079>
 28. Obeng K, Liu Y, Pu Z. Evaluating the nutritional and sensory quality of bread, cookies and noodles made from wheat supplemented with root tuber flour. *Br Food J.* 2017; 119(4):895–908. <https://doi.org/10.1108/BFJ-09-2016-0414>
 29. Admasu F, Getachew E, Admassu H, Shin J. Functionalization of wheat bread with prebiotic dietary insoluble fiber from orange-fleshed sweet potato peel and haricot bean flours. *LWT.* 2024; 200:116182. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116182>
 30. McCaffrey D. Quantitative Research and Educational Measurement. In: International Encyclopedia of Education. 14th ed. 2023. p.19–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.02014-5>
 31. Terrazas J, Crispin E, Mamani G, Escoja L. Application of learning by doing as a methodological strategy to students in the subject of Livestock II. *Cienc Tecnol Innov.* 2023; 21:95–102. <https://doi.org/10.56469/rcti.v21i28.805>
 32. Robles P, Rojas M. Validation by expert judgment: two qualitative investigations in applied linguistics. *Rev Nebrija Lingüíst Apl.* 2015; 18:1–12. <https://doi.org/10.26378/rnlael918259>
 33. Jacinto G, Steven A, Maciel J, Jachetti M, Volken C. Effect of potato peel, pumpkin seed, and quinoa flours on sensory and chemical characteristics of gluten free breads. *Braz J Food Journal.* 2020;23:e20190169. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.16919>
 34. Ministry of Agriculture and Irrigation (MINAGRI). Supreme Decree approving the Regulations of Law No. 30988, Law that promotes the reduction and prevention of food waste losses (D. S. No. 003-2020-MINAGRI), Lima: MINAGRI; 2020. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1039478/D.S._N003-2020-MINAGRI.pdf?v=1595600195
 35. Mendoza SV, Vázquez LH, Pinargote ER, Rodríguez SL. Bebida helada de jengibre (*Zingiber officinale*) con miel de abeja. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2024;44(03). <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/618>
 36. Basurto Y, Limongi JM, Muñoz JP. Efecto de varios porcentajes de harina de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) sobre las propiedades fisicoquímicas, bromatológicas y sensoriales de galletas dulces. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2025;45(01). <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/821>
 37. Medina A. Healthy eating and physical activity in older Peruvians post-pandemic. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2025; 45(4). <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/1090>
 38. Gomez Y, León R, Yllesca A, Rosas C, Vidal F. Estilo de vida, consumo de frutas y verduras asociados al estreñimiento en universitarios de ciencias de la salud. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2025; 45(2). <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/901>

Evaluación *in vitro* de la actividad antioxidante y los efectos sinérgicos entre vitamina C, ácidos fenólicos y flavonoides mediante FRAP

***In vitro* evaluation of antioxidant activity and synergistic effects between vitamin C, phenolic acids and flavonoids using FRAP**

Henry GUIJA-GUERRA, Emilio GUIJA-POMA, Ana Lucía TÁCUNA CALDERÓN

Universidad de San Martín de Porres. Facultad de Medicina Humana. Centro de Investigación de Bioquímica y Nutrición. Lima – Perú.

Recibido: 29/octubre/2025. Aceptado: 8/diciembre/2025.

RESUMEN

Introducción: Los antioxidantes son compuestos que tienen la propiedad impedir el efecto nocivo que ejercen los radicales libres en el ser humano, estas propiedades antioxidantes son dependientes de las interacciones que pudiesen ocurrir cuando se combinan dos o tres de estas sustancias.

Objetivo: El objetivo del presente estudio fue determinar el comportamiento antioxidante de las combinaciones de ácidos fenólicos y flavonoides en presencia y ausencia de vitamina C.

Materiales y métodos: El presente estudio es de tipo *in vitro* analítico, experimental y de corte transversal. Se utilizaron soluciones metanólicas 100 μM de ácido gálico, ácido ferúlico, catequina y epicatequina, así mismo, la solución acuosa 100 μM de vitamina C. Para la evaluación de la actividad antioxidante se prepararon combinaciones binarias y ternarias de ácidos fenólicos (100 μM) y flavonoides (100 μM) en ausencia y presencia de tres concentraciones de vitamina C: 100, 200 y 300 μM . La actividad antioxidante se evaluó utilizando la técnica FRAP y los resultados se expresan como nmoles de Fe^{2+} liberados. Se consideró efecto sinérgico cuando la actividad antioxidante experimental era mayor que la actividad antioxidante calculada teóricamente, expresada

como nmoles de Fe^{2+} liberados. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado en tres días diferentes.

Resultados: Las combinaciones binarias y ternarias en las que estuvo presente el ácido gálico fueron las que mostraron mayor actividad antioxidante y mayor efecto sinérgico; en ausencia de vitamina C la combinación binaria ácido gálico (100 μM) y catequina (100 μM) liberó + 5,51 nmoles de Fe^{2+} , pero en presencia de vitamina C (100 μM) se incrementó a + 6,73 nmoles de Fe^{2+} , mientras que en la combinación ternaria ácido ferúlico (100 μM), catequina (100 μM) y ácido gálico (100 μM) la liberación de Fe^{2+} fue + 2,41 nmoles, mientras que en presencia de vitamina C (200 μM) se incrementó a + 6,92 nmoles de Fe^{2+} liberado.

Conclusiones: La vitamina C modificó muy discretamente la actividad antioxidante de los fenoles ácidos y flavonoides, así como, de las combinaciones binarias y ternarias de estos compuestos. La combinación binaria integrada por ácido gálico y catequina fue la que mostró el mayor efecto sinérgico, que se incrementó adicionalmente con la presencia de ácido ascórbico.

PALABRAS CLAVE

Catequina, ácido gálico, radicales libres, antagonismo, fitoquímicos.

ABSTRACT

Introduction: Antioxidants are compounds that have the ability to counteract the nocive effects of free radicals in the human body. These antioxidant properties depend on the in-

Correspondencia:
Henry Guíja Guerra
hguijag@usmp.pe.

teractions that may occur when two or three of these substances are combined.

Objective: The aim of this study was to determine the antioxidant behavior of combinations of phenolic acids and flavonoids in the presence and absence of vitamin C.

Materials and methods: This study is an in vitro analytical, experimental, and cross-sectional study. Methanolic solutions of 100 μM gallic acid, ferulic acid, catechin, and epicatechin, as well as an aqueous solution of vitamin C, were used. To evaluate antioxidant activity, binary and ternary combinations of phenolic acids (100 μM) and flavonoids (100 μM) were prepared in the absence and presence of three concentrations of vitamin C: 100, 200, and 300 μM . Antioxidant activity was assessed using the FRAP technique, and the results are expressed as nmoles of Fe^{2+} released. A synergistic effect was considered present when the experimental antioxidant activity was greater than the theoretically calculated antioxidant activity, expressed as nmoles of Fe^{2+} released. All determinations were performed in triplicate on three different days.

Results: The binary and ternary combinations containing gallic acid showed the highest antioxidant activity and the greatest synergistic effect, while those without gallic acid generally exhibited antagonistic effects. The presence of vitamin C in the reaction medium had a slight effect on the antioxidant activity and greater synergistic effect; in the absence of vitamin C the binary combination gallic acid (100 μM) and catechin (100 μM) released + 5.51 nmoles of Fe^{2+} , but in the presence of vitamin C (100 μM) it increased to + 6.73 nmoles of Fe^{2+} , while in the ternary combination ferulic acid (100 μM), catechin (100 μM) and gallic acid (100 μM) the release of Fe^{2+} was + 2.41 nmoles, while in the presence of vitamin C (200 μM) it increased to + 6.92 nmoles of Fe^{2+} released.

Conclusions: Vitamin C had a very slight effect on the antioxidant activity of the phenolic acids and flavonoids, as well as on the binary and ternary combinations of these compounds. The binary combination of gallic acid and catechin showed the greatest synergistic effect, which was further increased by the presence of ascorbic acid.

KEYWORDS

Catechin, gallic acid, free radicals, antagonism, phytochemicals.

INTRODUCCIÓN

Los flavonoides y ácidos fenólicos son compuestos de naturaleza orgánica ampliamente difundidos en la naturaleza¹⁻³, habiendo concitado la atención de su estudio por muchos investigadores debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Diversas investigaciones de tipo epidemiológico muestran que su ingesta podría tener efectos benéficos para

la salud. Se ha observado que un considerable número de enfermedades crónicas no transmisibles⁴⁻⁸ como, aterosclerosis, cáncer, diabetes mellitus, psoriasis etc., están estrechamente vinculadas con el estrés oxidativo, una condición caracterizada por que el ser humano no se encuentra en capacidad de bloquear eficientemente la acción dañina de los radicales libres.

Los radicales libres son moléculas que tienen uno o más electrones desapareados en su orbital externo, particularidad que los torna altamente reactivos y son capaces de oxidar lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, componentes muy importantes para que las células puedan realizar eficientemente sus funciones biológicas. El ser humano dispone de un sistema antioxidante cuya principal función es neutralizar la acción nociva de los radicales libres, este sistema de defensa está constituido por enzimas como el superóxido dismutasa, catalasa, glutatión reductasa, y compuestos no enzimáticos como el ácido úrico, glutatión, transferrina y eritrocupreína, pero no es adecuadamente eficiente para neutralizar los radicales libres, por cuyo motivo debe ingerir frutas y verduras^{9,10} que son una fuente considerable de compuestos antioxidantes cuyas estructuras son de diversa naturaleza ejerciendo su acción a través de diferentes mecanismos, algunos impiden que se generen los radicales libres, otros interrumpen la reacción en cadena de los radicales libres, así como, inhibiendo o activando vías de señalización celular¹¹⁻¹³.

Numerosos estudios epidemiológicos relacionan la ingesta de dietas ricas en frutas y verduras con la acción protectora que sus constituyentes que actúan previniendo diversas patologías^{7,8,12}, habiéndose adscrito esta acción benéfica a los compuestos con propiedades antioxidantes, entre los que se citan a la vitamina C, ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas, tocoferoles, etc. Estos efectos se deberían a la acción concertada de varios compuestos antioxidantes, ya que ofrecen la posibilidad de que al tener estructuras diferentes también tendrían reactividad distinta y en consecuencia actuarían más eficientemente frente a los radicales libres.

Los ácidos fenólicos y especialmente los flavonoides constituyen un grupo de compuestos con propiedades antioxidantes que se encuentran estrechamente vinculados con la acción hipoglicemiante⁸, antibacteriana¹⁴, anticancerígena⁸, que lo ejercerían a través de sus propiedades antioxidantes, por cuyo motivo es importante estudiar los efectos que puedan mostrar las interacciones entre compuestos antioxidantes, así como, los efectos que puedan ejercer sobre medicamentos¹⁴, biomarcadores de inflamación¹⁵, microbiota intestinal¹⁶ o interacciones de compuestos fenólicos en frutas¹⁷, por cuyo motivo, el consumo de frutas, verduras y legumbres¹⁸ brinda la posibilidad de ingerir alimentos con elevado efecto antioxidante^{2,12,19}, actividad antibacterial²⁰ o prevenir enfermedades crónicas no transmisibles⁸. En tal sentido se ha observado que cuando se combinan compuestos antioxidantes ocurren resultados inesperados, ya que pueden producirse efectos aditivos, antagónicos o sinérgicos.

OBJETIVOS

El objetivo del presente estudio consiste en investigar el comportamiento antioxidante de combinaciones binarias y ternarias de ácidos fenólicos y flavonoides en ausencia y presencia de vitamina C.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio es de tipo *in vitro*, analítico, experimental y de corte transversal

Preparación de la solución de vitamina C

Diariamente se preparó la solución 0.1 mM de vitamina C con agua ultrapura inmediatamente antes de iniciar los experimentos, esta solución se colocó en tubos 16 x 100 mm con tapa rosca y se guardó en la refrigeradora, donde permaneció durante la ejecución del experimento.

Preparación de las soluciones de los compuestos antioxidantes

Los compuestos antioxidantes que se escogieron fueron dos flavonoides: catequina (CAT) y epicatequina (EPI) y dos ácidos fenólicos: ácido gálico (GAL) y ácido ferúlico (FER). Se prepararon soluciones metanólicas 0.1 mM de cada uno de los compuestos antioxidantes los que se guardaron en la congeladora a -12°C en tubos 16 x 100 mm con tapa rosca.

Determinación de la capacidad antioxidante. Técnica FRAP

El fundamento de esta técnica¹⁷ reside en la reducción del complejo tripiridil triazina-férrica a su forma ferrosa que es de color azul. El reactivo FRAP se preparó midiendo 2,5 mL de una solución 10 mM de TPTZ [2,4,6-tri-(2-piridil)-1,3,5-triazina] disuelta en HCl 40 mM, 2,5 mL de una solución acuosa 20 mM de cloruro férrico y 25 mL de tampón acetato 0,3 M a pH 3,6; este reactivo se preparó inmediatamente antes de realizar las determinaciones analíticas. Los tubos de ensayo se incubaron a 37°C durante 30 minutos, paralelamente se preparó un blanco que no contenía muestra. Se leyó la absorbancia a 593 nm en un espectrofotómetro Shimadzu de doble haz modelo UV-2550. Para realizar los cálculos se elaboró una curva de calibración utilizando diversas concentraciones de cloruro ferroso cuyo R^2 fue 0.9993. Los resultados se expresan como nmoles de Fe^{2+} liberado.

Cálculo de las acciones sinérgicas de los antioxidantes

Para realizar los cálculos de las acciones sinérgicas de las combinaciones de ácidos fenólicos, flavonoides y vitamina C se evaluaron las actividades antioxidantes con la técnica FRAP lo que constituyó el resultado experimental, mientras que la actividad antioxidante teórica de las diversas combinaciones

se realizó sumando las actividades antioxidantes individuales de cada integrante de las combinaciones y en caso que la actividad antioxidante experimental fuese mayor que la calculada teóricamente se consideró como efecto sinérgico y efecto antagónico en caso contrario.

Análisis estadístico

Todas las determinaciones analíticas se realizaron por triplicado. Los resultados se expresan como medias, la comparación se hizo mediante el t de Student pareada para cada reacción y el ajuste para descartar falsos positivos se hizo utilizando la Prueba de Benjamini-Hochberg. La diferencia entre las medias con un $p < 0.05$ fueron consideradas significativas.

RESULTADOS

Se evaluó la actividad antioxidante de las muestras utilizando la técnica FRAP habiéndose observado que el ácido gálico fue el que mostró la mayor capacidad antioxidante mientras que el ácido ferúlico exhibió el menor valor, pero si incluimos al ácido ascórbico, este compuesto tuvo una capacidad antioxidante notablemente menor que los compuestos previamente citados, conforme se observa en la tabla 1.

Las combinaciones de ácido ferúlico y tres concentraciones de ácido ascórbico mostraron un discreto efecto sinérgico que era dependiente de las concentraciones de ácido ascórbico, mientras que las combinaciones de catequina con ácido ascórbico no modificaron la actividad antioxidante correspondiendo este comportamiento prácticamente a una actividad de índole aditivo. El efecto que causó la combinación de ácido ascórbico y epicatequina permitió observar un efecto antagónico en las tres concentraciones de ácido ascórbico utilizadas, en cambio, las combinaciones de ácido ascórbico con ácido gálico no mostraron ninguna variación de la actividad antioxidante, es decir, la actividad antioxidante observada fue de tipo ligeramente sinérgico como se muestra en la tabla 1.

Cuando se evaluó la capacidad antioxidante de las combinaciones binarias de los cuatro compuestos motivo del presente estudio se observó que la combinación binaria integrada por ácido gálico-catequina fue la que mostró el más elevado efecto sinérgico siguiéndole en eficiencia la mixtura ácido gálico-epicatequina y aun ligeramente menor la combinación ácido gálico-ácido ferúlico, mientras que las combinaciones ácido ferúlico-catequina, ácido ferúlico-epicatequina y catequina-epicatequina mostraron valores ostensiblemente menores.

El ácido ascórbico tuvo un comportamiento caracterizado generalmente por disminuir el efecto sinérgico de aquellas combinaciones binarias integradas exclusivamente por los ácidos fenólicos y flavonoides. La presencia de ácido ascórbico en la combinación ácido ferúlico-epicatequina la tornó ligeramente antagónica, efecto que fue más evidente en la combinación binaria catequina-epicatequina, aún más noto-

Tabla 1. Valores FRAP de ácidos fenólicos, flavonoides y vitamina C. Combinaciones binarias con vitamina C

Combinaciones	Valor FRAP liberado (nmoles Fe ²⁺)	Valor FRAP teórico esperado (nmoles Fe ²⁺)	Diferencia	valor p (t test)	Relación
FER (100)	7,74				
GAL (100)	16,17				
CAT (100)	12,70				
EPI (100)	14,11				
ASC (100)	3,31				
ASC (200)	6,34				
ASC (300)	9,91				
CAT (100) + ASC (100)	15,76	16,01	-0,25	0,43179	No significativo
CAT (100) + ASC (200)	19,36	19,04	+0,32	0,04138	Sinergismo
CAT (100) + ASC (300)	22,59	22,61	-0,02	0,90015	No significativo
EPI (100) + ASC (100)	15,24	17,41	-2,17	0,00370	Antagonismo
EPI (100) + ASC (200)	18,92	20,45	-1,53	0,02479	Antagonismo
EPI (100) + ASC (300)	21,51	24,02	-2,51	0,00025	Antagonismo
FER (100) + ASC (100)	11,53	11,04	+0,49	0,04310	Sinergismo
FER (100) + ASC (200)	15,30	14,08	+1,22	0,00014	Sinergismo
FER (100) + ASC (300)	18,99	17,64	+1,34	0,00055	Sinergismo
GAL (100) + ASC (100)	19,40	19,48	-0,08	0,82897	No significativo
GAL (100) + ASC (200)	23,28	22,51	+0,77	0,00968	Sinergismo
GAL (100) + ASC (300)	27,49	26,08	+1,41	0,00020	Sinergismo

* FER = ácido ferúlico, GAL = ácido gálico, CAT = catequina, EPI = epicatequina, ASC = vitamina C, 100, 200 y 300 µM.

ria cuando el ácido ascórbico estuvo presente en la combinación ácido gálico-epicatequina cuyo efecto sinérgico en ausencia de ácido ascórbico era de +5,46 descendió a +1,49, +1,55 y +0,95 en presencia de las tres concentraciones utilizadas de esta vitamina. La combinación sinérgica de ácido ferúlico-ácido gálico que era de +3,02 disminuyó con la concentración 100 µM de vitamina C, pero se mantuvo el efecto sinérgico cuando se utilizó las otras concentraciones. Con respecto a la combinación binaria ácido gálico-catequina cuyo efecto sinérgico en ausencia de ácido ascórbico era de +5,51 se elevó ligeramente a +6,42 y 6,73 con las concentraciones 100 y 200 µM de esta vitamina, pero descendió a +5,22 con la concentración 300 µM. La única combinación binaria en que la presencia de ácido as-

córbico produjo efecto sinérgico fue aquella conformada por ácido ferúlico-catequina conforme se muestra en la tabla 2.

La evaluación de la actividad antioxidante de las cuatro combinaciones integradas por los cuatro compuestos del presente estudio permitió observar que solamente aquellas en las que estuvo presente el ácido gálico mostraron la mayor actividad antioxidante correspondiendo el valor más elevado a la combinación ternaria integrada por ácido gálico-epicatequina-catequina, así mismo, estas combinaciones también mostraron una ligera acción sinérgica, en cambio, aquella combinación en la que no estuvo presente el ácido gálico (catequina-epicatequina-ácido ferúlico) mostró efecto antagónico conforme puede observarse en la tabla 3.

Tabla 2. Valores FRAP de combinaciones binarias de ácidos fenólicos, flavonoides en presencia y ausencia de vitamina C

Combinaciones	Valor FRAP liberado (nmoles Fe ²⁺)	Valor FRAP teórico esperado (nmoles Fe ²⁺)	Diferencia	valor p (t test)	Relación
CAT (100) + EPI (100)	26,23	26,81	-0,58	0,35057	No significativo
CAT (100) + EPI (100) + ASC (100)	27,40	30,11	-2,72	0,00000	Antagonismo
CAT (100) + EPI (100) + ASC (200)	30,31	33,15	-2,84	0,00000	Antagonismo
CAT (100) + EPI (100) + ASC (300)	32,91	36,72	-3,81	0,00000	Antagonismo
FER (100) + CAT (100)	20,72	20,44	+0,28	0,64777	No significativo
FER (100) + CAT (100) + ASC (100)	25,95	23,74	+2,20	0,02767	Sinergismo
FER (100) + CAT (100) + ASC (200)	29,63	26,78	+2,86	0,00575	Sinergismo
FER (100) + CAT (100) + ASC (300)	32,40	30,34	+2,05	0,10479	No significativo
FER (100) + EPI (100)	21,84	21,84	0,00	1,00000	No significativo
FER (100) + EPI (100) + ASC (100)	24,07	25,15	-1,08	0,00264	Antagonismo
FER (100) + EPI (100) + ASC (200)	28,24	28,18	+0,05	0,90152	No significativo
FER (100) + EPI (100) + ASC (300)	30,93	31,75	-0,82	0,09287	No significativo
FER (100) + GAL (100)	26,93	23,91	+3,02	0,02351	Sinergismo
FER (100) + GAL (100) + ASC (100)	29,15	27,21	+1,94	0,01060	Sinergismo
FER (100) + GAL (100) + ASC (200)	33,90	30,25	+3,66	0,00460	Sinergismo
FER (100) + GAL (100) + ASC (300)	36,88	33,81	+3,07	0,01697	Sinergismo
GAL (100) + CAT (100)	34,38	28,87	+5,51	0,00033	Sinergismo
GAL (100) + CAT (100) + ASC (100)	38,59	32,18	+6,42	0,00020	Sinergismo
GAL (100) + CAT (100) + ASC (200)	41,94	35,21	+6,73	0,00023	Sinergismo
GAL (100) + CAT (100) + ASC (300)	43,99	38,78	+5,22	0,00260	Sinergismo
GAL (100) + EPI (100)	35,73	30,28	+5,46	0,00041	Sinergismo
GAL (100) + EPI (100) + ASC (100)	35,08	33,58	+1,49	0,00055	Sinergismo
GAL (100) + EPI (100) + ASC (200)	38,17	36,62	+1,55	0,00014	Sinergismo
GAL (100) + EPI (100) + ASC (300)	41,13	40,19	+0,95	0,00015	Sinergismo

* FER = ácido ferúlico, GAL = ácido gálico, CAT = catequina, EPI = epicatequina, ASC = vitamina C, 100, 200 y 300 µM.

El efecto que ejerció el ácido ascórbico sobre la combinación ternaria conformada por ácido gálico-ácido ferúlico-catequina, fue la que mostró el mayor efecto sinérgico de todas las combinaciones ternarias siendo este efecto de +6,92 correspondiendo a aquella en que el ácido ascórbico estuvo pre-

sente con una concentración 200 µM, mientras que el efecto del ácido ascórbico sobre las combinaciones: ácido gálico-ácido ferúlico-epicatequina y ácido gálico-catequina-epicatequina mostraron un efecto sinérgico perceptiblemente menor, en cambio, la combinación ternaria integrada por ácido ferú-

Tabla 3. Valores FRAP de combinaciones ternarias de ácidos fenólicos, flavonoides en ausencia y presencia de vitamina C

Combinaciones	Valor FRAP liberado (nmoles Fe ²⁺)	Valor FRAP teórico esperado (nmoles Fe ²⁺)	Diferencia	valor p (t test)	Relación
CAT (100) + GAL (100) + EPI (100)	46,32	42,98	+3.34	0,00002	Sinergismo
CAT (100) + GAL (100) + EPI (100) + ASC (100)	48,62	46,28	+2.33	0,03414	Sinergismo
CAT (100) + GAL (100) + EPI (100) + ASC (200)	51,82	49,32	+2.50	0,05905	No significativo
CAT (100) + GAL (100) + EPI (100) + ASC (300)	55,22	52,89	+2.33	0,08097	No significativo
FER (100) + CAT (100) + EPI (100)	31,72	34,54	-2.83	0,00001	Antagonismo
FER (100) + CAT (100) + EPI (100) + ASC (100)	35,09	37,85	-2.76	0,03707	Antagonismo
FER (100) + CAT (100) + EPI (100) + ASC (200)	38,08	40,88	-2.80	0,02067	Antagonismo
FER (100) + CAT (100) + EPI (100) + ASC (300)	40,72	44,45	-3.73	0,00951	Antagonismo
FER (100) + CAT (100) + GAL (100)	39,02	36,61	+2.41	0,01447	Sinergismo
FER (100) + CAT (100) + GAL (100) + ASC (100)	45,37	39,91	+5.46	0,00019	Sinergismo
FER (100) + CAT (100) + GAL (100) + ASC (200)	49,86	42,95	+6.92	0,00015	Sinergismo
FER (100) + CAT (100) + GAL (100) + ASC (300)	52,54	46,51	+6.02	0,00040	Sinergismo
FER (100) + GAL (100) + EPI (100)	40,05	38,01	+2.04	0,00004	Sinergismo
FER (100) + GAL (100) + EPI (100) + ASC (100)	42,10	41,32	+0.77	0,30999	No significativo
FER (100) + GAL (100) + EPI (100) + ASC (200)	46,22	44,35	+1.87	0,00794	Sinergismo
FER (100) + GAL (100) + EPI (100) + ASC (300)	48,96	47,92	+1.04	0,25690	No significativo

* FER = ácido ferúlico, GAL = ácido gálico, CAT = catequina, EPI = epicatequina, ASC = vitamina C 100, 200 y 300 µM.

lico-catequina-epicatequina en presencia de las tres concentraciones de ácido ascórbico exhibió un ligero efecto antagónico conforme se observa en la tabla 3.

En la tabla 4 se muestran los ajustes falsos positivos de interacciones utilizando la Prueba Benjamini-Hochberg que corroboran los resultados que se han mostrado en el presente estudio y que permite adoptar una apropiada decisión sobre la naturaleza de las interacciones observadas.

DISCUSIÓN

En el presente estudio se ha evaluado el efecto de la vitamina C sobre la actividad antioxidante de ácido ferúlico, ácido gálico, catequina y epicatequina, así como, de sus combinaciones binarias y ternarias. Los compuestos ácidos fenólicos y flavonoides son metabolitos secundarios de particular importancia para la salud humana^{12,21,22}, se encuentran presentes en frutas y verduras^{2,12,19,23}, por cuyo motivo, la naturaleza

de las combinaciones de estas sustancias pueden afectar las propiedades benéficas de estos alimentos.

Considerando la actividad antioxidante de cada uno de los compuestos antes citados, se observó que el ácido gálico tuvo la actividad más elevada que los otros compuestos, resultado que es análogo al hallado por otros autores²⁴ quienes también observaron que el ácido gálico tenía una actividad antioxidante similar al ácido rosmarínico y a la quercetina, y fue más elevada que el ácido cafeico, ácido clorogénico y rutina. En otro estudio²⁵ cuyo objetivo era investigar la interacción entre el resveratrol y otros compuestos fenólicos mostraron que el ácido gálico tenía una actividad mayor que la catequina, resultado que era similar al que hemos obtenido en el presente trabajo, así mismo, en el mencionado estudio se mostró además que la actividad antioxidante del ácido gálico era mayor que el ácido cafeico y resveratrol, pero algo menor que la quercetina.

Tabla 4. Ajuste de Falsos Positivos (FP) de Interacciones mediante Prueba Benjamini-Hochberg (BH)

Combinaciones	Decisión	FP (Prueba BH)	Resultado
CAT (100) + ASC (200)	Sinergismo	0,064249	No significativo
EPI (100) + ASC (100)	Antagonismo	0,009494	Evidencia sólida
EPI (100) + ASC (200)	Antagonismo	0,043014	Evidencia leve
EPI (100) + ASC (300)	Antagonismo	0,000967	Evidencia sólida
FER (100) + ASC (100)	Sinergismo	0,065210	No significativo
FER (100) + ASC (200)	Sinergismo	0,001023	Evidencia sólida
FER (100) + ASC (300)	Sinergismo	0,001637	Evidencia sólida
FER (100) + GAL (100)	Sinergismo	0,042033	Efecto aditivo
GAL (100) + ASC (200)	Sinergismo	0,020403	Efecto aditivo
GAL (100) + ASC (300)	Sinergismo	0,000894	Evidencia sólida
GAL (100) + CAT (100)	Sinergismo	0,001223	Evidencia sólida
GAL (100) + EPI (100)	Sinergismo	0,001335	Evidencia sólida
CAT (100) + EPI (100) + ASC (100)	Antagonismo	0,000001	Evidencia sólida
CAT (100) + EPI (100) + ASC (200)	Antagonismo	0,000004	Evidencia sólida
CAT (100) + EPI (100) + ASC (300)	Antagonismo	0,000003	Evidencia sólida
CAT (100) + GAL (100) + EPI (100)	Sinergismo	0,000219	Evidencia sólida
FER (100) + CAT (100) + ASC (100)	Sinergismo	0,046644	Efecto aditivo
FER (100) + CAT (100) + ASC (200)	Sinergismo	0,013575	Efecto aditivo
FER (100) + CAT (100) + EPI (100)	Antagonismo	0,000128	Evidencia sólida
FER (100) + CAT (100) + GAL (100)	Sinergismo	0,028460	Efecto aditivo
FER (100) + EPI (100) + ASC (100)	Antagonismo	0,007089	Evidencia sólida
FER (100) + GAL (100) + ASC (100)	Sinergismo	0,021563	Efecto aditivo
FER (100) + GAL (100) + ASC (200)	Sinergismo	0,011318	Efecto aditivo
FER (100) + GAL (100) + ASC (300)	Sinergismo	0,032297	Efecto aditivo
FER (100) + GAL (100) + EPI (100)	Sinergismo	0,000361	Evidencia sólida
GAL (100) + CAT (100) + ASC (100)	Sinergismo	0,000962	Evidencia sólida
GAL (100) + CAT (100) + ASC (200)	Sinergismo	0,000976	Evidencia sólida
GAL (100) + CAT (100) + ASC (300)	Sinergismo	0,007310	Evidencia sólida
GAL (100) + EPI (100) + ASC (100)	Sinergismo	0,001699	Evidencia sólida
GAL (100) + EPI (100) + ASC (200)	Sinergismo	0,001145	Evidencia sólida

* FER = ácido ferúlico, GAL = ácido gálico, CAT = catequina, EPI = epicatequina, ASC = vitamina C 100, 200 y 300 µM.

Tabla 4 continuación. Ajuste de Falsos Positivos (FP) de Interacciones mediante Prueba Benjamini–Hochberg (BH)

Combinaciones	Decisión	FP (Prueba BH)	Resultado
GAL (100) + EPI (100) + ASC (300)	Sinergismo	0,000978	Evidencia sólida
CAT (100) + GAL (100) + EPI (100) + ASC (100)	Sinergismo	0,055948	No significativo
FER (100) + CAT (100) + EPI (100) + ASC (100)	Antagonismo	0,059115	No significativo
FER (100) + CAT (100) + EPI (100) + ASC (200)	Antagonismo	0,038117	Evidencia leve
FER (100) + CAT (100) + EPI (100) + ASC (300)	Antagonismo	0,020777	Evidencia leve
FER (100) + CAT (100) + GAL (100) + ASC (100)	Sinergismo	0,001030	Evidencia sólida
FER (100) + CAT (100) + GAL (100) + ASC (200)	Sinergismo	0,000901	Evidencia sólida
FER (100) + CAT (100) + GAL (100) + ASC (300)	Sinergismo	0,001402	Evidencia sólida
FER (100) + GAL (100) + EPI (100) + ASC (200)	Sinergismo	0,018029	Efecto aditivo

* FER = ácido ferúlico, GAL = ácido gálico, CAT = catequina, EPI = epicatequina, ASC = vitamina C 100, 200 y 300 µM.

La mixtura binaria integrada por ácidos fenólicos y flavonoides permitió mostrar que todas las combinaciones en las que estuvo presente el ácido gálico exhibieron efectos sinérgicos a diferencia de las otras combinaciones que exhibían efectos inclusive antagónicos; estos resultados son similares al mostrado por otros autores¹⁸ quienes utilizando combinaciones binarias con componentes diferentes a los que hemos utilizado tales como: ácido cafeico, ácido clorogénico, ácido rosmarínico, quercetina y rutina mostraron un notable efecto sinérgico siendo el más elevado aquel que estuvo constituido por ácido gálico y ácido cafeico.

En un estudio en que se evaluó mixturas binarias de resveratrol con otros compuestos fenólicos se pudo observar que utilizaron concentraciones 250 µM de ácido gálico, ácido cafeico, quercetina y catequina; la mixtura que mostró la mayor actividad antioxidante fue la integrada por resveratrol-quercetina, evaluada con la técnica FRAP, correspondiendo a la combinación resveratrol-ácido gálico la siguiente más elevada, pero el cálculo del índice de combinación permitió mostrar que la combinación catequina-resveratrol fue la única que exhibió efecto sinérgico, mientras que las otras combinaciones con resveratrol mostraron efectos antagónicos.

En una investigación sobre los efectos que ejerció el ácido ascórbico sobre los jugos de granada-nectarina y uva²⁶, así como, sobre las fracciones que fueron separadas de ambos jugos que estuvieron constituidas por compuestos fenólicos y antocianinas, permitió mostrar que la adición de ácido ascórbico en las concentraciones del 50, 100 y 200% de las recomendaciones diarias de esta vitamina a ambos jugos incrementó sus actividades antioxidantes evaluadas con las técnicas DPPH y FRAP; pero cuando se adicionó ácido ascórbico en las concentraciones antes mencionadas a la fracción

fenólica separada del jugo de uva se observó efectos que eran inversamente proporcional a la concentración de la vitamina C, ya que cuando se utilizó el 50 % de la recomendación diaria de esta vitamina mostró efecto sinérgico disminuyendo notablemente este efecto al utilizar el 100 % y se tornó antagónica cuando se utilizó el 200 % de la recomendación diaria de la vitamina C.

Con respecto a las mixturas ternarias en el presente estudio se pudo observar que solamente aquellas en las que estuvo presente el ácido gálico mostraron un ligero efecto sinérgico, mientras que en un estudio sobre los efectos antioxidantes sinérgicos de algunos compuestos flavonoides y fenólicos²⁴ se observó que de todas las combinaciones ternarias estudiadas las que mayores efectos sinérgicos mostraron fueron las combinaciones de ácido gálico 150 µM, quercetina 150 µM y ácido clorogénico 600 µM, y aquella conformada por ácido gálico 150 µM, quercetina 150 µM y rutina 150 µM.

La presencia de ácido ascórbico en la presente investigación afectó ligeramente la actividad antioxidante individual de los ácidos fenólicos y flavonoides, correspondiendo la combinación integrada por ácido ferúlico-ascorbato la que mostró un ligero efecto sinérgico; mientras que en un estudio sobre mixturas de antioxidantes polifenólicos como quercetina, ácido ferúlico y hesperetina con ácido ascórbico²⁷ los autores mostraron que la evaluación realizada con la técnica DPPH les permitió concluir que todas las combinaciones resultaron tener efecto antagónico.

En otra investigación sobre mixturas de flavonoides y ácido ascórbico los autores²⁸ realizaron el estudio evaluando la actividad antioxidante utilizando la técnica DPPH habiendo observado que las combinaciones conformadas por

quercetina (3,8 μ M)-ascorbato (2,9 μ M) y la constituida por naringina (606 μ M) y ascorbato (2,9 μ M) fueron las únicas que exhibieron efecto sinérgico, mientras que el resto de flavonoides que se combinaron con ascorbato como la rutina, hesperetina, hesperidina, naringina chalcona, naringina dihidrochalcona y naringenina mostraron efecto antagónico.

Es probable que las combinaciones binarias en las que interviene el ácido ascórbico puedan explicarse admitiendo que estas interacciones sean dependientes del potencial de oxidación²⁹, es decir, el efecto sinérgico sería ocasionado por reacciones acopladas a la regeneración de un compuesto con mayor potencial de oxidación lo que se haría a expensas de otro con menor potencial de oxidación, a través de la transferencia de hidrógeno.

Es de considerable importancia la necesidad de explicar de una manera más precisa la naturaleza íntima de las interacciones que han sido descritas por diversos investigadores lo que permitirá realizar nuevas investigaciones y descubrir nuevas propiedades de los flavonoides y ácidos fenólicos.

CONCLUSIONES

El efecto que produjo el ácido ascórbico sobre los fenoles ácidos y flavonoides fue dependiente de la naturaleza de los fitoquímicos antes citados, habiendo producido los más elevados efectos sinérgicos en las combinaciones binarias y ternarias de los fenoles ácidos y flavonoides. El ácido gálico mostró la mayor actividad antioxidante que los otros compuestos fitoquímicos y en todas las combinaciones en que participó incrementó la capacidad antioxidante y elevó el efecto sinérgico, la presencia de ácido ascórbico incremento adicionalmente dichos efectos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos las facilidades que nos brindó la Facultad de Medicina Humana de la Universidad de San Martín de Porres para ejecutar el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cabral de Oliveira A, Valentim IB, Goulart MOF, Silva CA, Bechara EJH, Trevisan MTS. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. *Quim. Nova*. 2009;32(3): 689-702.
2. Reddy CVK, Sreeramulu D, Raghunath M. Antioxidant activity of fresh and dry fruits commonly consumed in India. *Food Research International*. 2010;43: 285-288. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.10.006>
3. Sytařová I, Orsavová J, Snopeka L, Mlčeka J, Byczyński L, Mišurcová L. Impact of phenolic compounds and vitamins C and E on antioxidant activity of sea buckthorn (*Hippophaë rhamnoides* L.) berries and leaves of diverse ripening times. *Food Chemistry*. 2020;310: 125784
4. Mohd Zain H, Abd Hamid MA, Yahaya N, Nik Mohamed Kamal NNS. Polyphenolic diversity in different ethanolic extract of Malaysian *Heterotrigona itama* propolis: Correlation with antioxidant and cytotoxic properties. *Pharmacological Research - Natural Products*. 2025-100371. <https://doi.org/10.1016/j.pre-nap.2025.100371>
5. Rana K, Gautam P. A Review on Antioxidants as Therapeutic in Use of Oxidative Stress and Neurodegenerative Disease. *International Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*. 2022;13(1):77-82. <https://www.researchgate.net/publication/360263926>
6. Godos J, Carota G, Caruso G, Micek A, Frias-Toral E, Giampieri F, et al. Molecular mechanisms underlying the neuroprotective effects of polyphenols: implications for cognitive function. *EXCLI Journal*. 2025; 24:1262-1294. <https://dx.doi.org/10.17179/excli.2025-8779>
7. Carvalho F, Varges A, Lahlou RA, Bárbara E, Santos I, Fonseca C, et al. Effects of Cherry Consumption on Metabolic Health: A Pilot Clinical Study on Healthy Adults. *Int. J. Mol. Sci*. 2025, 26, 8891. <https://doi.org/10.3390/ijms26188891>
8. Picos-Salas MA, Cabanillas-Bojórquez LA, Leyva-López N, Elizalde-Romero CA, Bernal-Millán MJ, Contreras-Angulo LA et al. Flavanones: bioavailability and role in modulation of oxidative stress and inflammation in cancer, type-2 diabetes, and cardiovascular diseases. *Phytochem Rev* (2025). <https://doi.org/10.1007/s11101-025-10137-2>
9. Guija-Guerra H, Guija-Poma E. Radicales libres y sistema antioxidante. *Horiz Med (Lima)* 2023; 23(2): e2158. <https://doi.org/10.24265/horizmed.2023.v23n2.12>
10. Ifeanyi OE. A Review on Free Radicals and Antioxidants. *Int. J. Curr. Res. Med. Sci*. 2018;4(2): 123-133. <http://dx.doi.org/10.22192/ijcrms.2018.04.02.019>
11. Long Y, Shi H, Ye J, Qi X. Exploring Strategies to Prevent and Treat Ovarian Cancer in Terms of Oxidative Stress and Antioxidants. *Antioxidants* 2025; 14, 114. <https://doi.org/10.3390/antiox14010114>
12. Vierci GE, Ferro EA. Capacidad antioxidante total vinculada a la ingesta de frutas y verduras en adultos jóvenes de Asunción, Paraguay. *Nutr Hosp* 2019;36(1):118-124. <http://dx.doi.org/10.20960/nh.02074>
13. Ansari WA, Srivastava K, Nasibullah M, Khan MF. Reactive oxygen species (ROS): sources, generation, disease pathophysiology, and antioxidants. *Discov. Chem*. 2025; 2:191. <https://doi.org/10.1007/s44371-025-00275-z>
14. Hossain A, Park HC, Park SW, Park SC, Seo MG, Her M, et al. Synergism of the Combination of Traditional Antibiotics and Novel Phenolic Compounds against *Escherichia coli*. *Pathogens*. 2020; 9: 811. doi:10.3390/pathogens9100811
15. López González LA, González Correa CH, Astudillo Muñoz EY, Jaramillo López MF. Efecto del consumo de polifenoles sobre biomarcadores de inflamación y endotoxemia en personas con obesidad: una revisión sistemática. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2025; 45(1): 157-167. DOI: 10.12873/451lopez
16. Aliyah R, Daud NA, AS'AD S, Marita M, Rasyid H, Bukhari A, Aminuddin. Effect of extra virgin olive oil on inflammatory markers

- and intestinal microbiota in chronic kidney disease patients. *Nutr Clín Diet Hosp.* 2024; 44(3):244-252. DOI: 10.12873/443aliyah
17. Freeman BL, Eggett DL, Parker TL. Synergistic and Antagonistic Interactions of Phenolic Compounds Found in Navel Oranges. *Journal of Food Science.* 2010; 75(6): C570-6. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01717.x
 18. Vera V, Crovetto M, Valladares M, Oñate G, Fernández M, Espinoza V, et al. Consumo de frutas, verduras y legumbres en universitarios chilenos. *Rev Chil Nutr* 2019; 46(4): 436-442. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000400436>
 19. Guija Guerra H, Troncoso Corzo L, Guija Poma E. Actividad antioxidante del fruto de *Rubus sparsiflorus* (Shiraca). *Nutr Clín Diet Hosp.* 2023; 43(1):56-63. DOI: 10.12873/431guija
 20. Prakasa S, Srinivasan V, Packiaraj G. HPLC analysis, phytochemical screening, in-vitro antioxidant and antibacterial activity of *Annona muricata* L. fruit extracts. *Trends Phytochem. Res.* 2023; 7(2): 117-126. <https://doi.org/10.30495/tpr.2023.1984564.1335>
 21. Castro-Alatorre NC, Jiménez-Martínez C, Girón-Calle J, Garzón AG, Drago SR, Vioque J. Polyphenol profile and associated antioxidant, antiproliferative and anti-inflammatory activities of Mexican *Opuntia* fruits. *Food Bioscience* 2025;73:107577. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107577>
 22. Kenner J. Food Polyphenols as Preventive Medicine. *Antioxidants.* 2023;12:2103. <https://doi.org/10.3390/antiox12122103>
 23. Guija Guerra H, Troncoso Corzo L, Guija Poma E. Interacción entre el ion cúprico y el fruto del camu camu (*Myrciaria dubia*): Generación de radicales libres. (*Nutr Clín Diet Hosp.* 2025; 45(1):241-249).
 24. Hajimehdipoor H, Shahrestani R, Shekarchi M. Investigating the synergistic antioxidant effects of some flavonoid and phenolic compounds. *Research Journal of Pharmacognosy* 2014;1(3): 35-40.
 25. Skroza D, Mekinac IG, Svilovic S, Simat V, Katalinic V. Investigation of the potential synergistic effect of resveratrol with other phenolic compounds: A case of binary phenolic mixtures. *Journal of Food Composition and Analysis.* 2015;38:13-18. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.013>
 26. Bolling BW, Chen Y, Oliver Chen C-Y. Contributions of phenolics and added vitamin C to the antioxidant capacity of pomegranate and grape juices: synergism and antagonism among constituents. *International Journal of Food Science and Technology* 2013;48: 2650-2658. doi:10.1111/ijfs.12261
 27. Aoun M, Makris DP. Binary mixtures of natural polyphenolic antioxidants with ascorbic acid: impact of interactions on the anti-radical activity. *International Food Research Journal* 2012;19(2): 603-606.
 28. González EA, Nazareno MA. Antiradical action of flavonoid-ascorbate mixtures. *Food Science and Technology* 2011;44:558-564. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.09.017>
 29. Peyrat-Maillard MN, Cuvelier ME, Berset C. Antioxidant activity of phenolic compounds in 2,2'-azobis (2-amidinopropane) dihydrochloride (AAPH)-induced oxidation: synergistic and antagonistic effects. *Journal of the American Oil Chemists Society* 2003;80: 1007-1012. <https://doi.org/10.1007/s11746-003-0812-z>

Relación entre Competencia Motora y Masa Grasa de escolares entre de 10 a 14 años

Relationship between Motor Competence and Fat Mass in schoolchildren between 10 and 14 years of age

Camilo URRÁ-ALBORNOZ¹, Salustio CARRASCO-LÓPEZ², Alinne VALENZUELA-JIMÉNEZ², Pamela OLIVARES NAVARRETE³, Carlos ALÉ GONZÁLEZ³, Nicolas VIDAL-FERNÁNDEZ⁴, Maria Jose VERA-FIGUEROA⁴, Rossana GÓMEZ-CAMPOS⁴, Marco COSSIO-BOLAÑOS⁴

1 Departamento Ciencias de la Educación, Facultad de Educación y Humanidades, Universidad del Bío-bío, Chillán, Chile.

2 Universidad de Concepción, Facultad de Educación, Departamento de Educación Física, Concepción, Chile.

3 Pedagogía en Educación Física, Facultad de Educación, Universidad Autónoma de Chile, Talca, Chile.

4 Universidad Católica del Maule, Departamento de Ciencias de la Actividad Física, Talca, Chile.

Recibido: 24/septiembre/2025. Aceptado: 9/diciembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El aumento de Masa Grasa (MG) en la población infantil y juvenil dificulta mejores indicadores de Competencia Motora (CM).

Objetivo: Estimar la relación entre Competencia Motora (CM), Masa Grasa (MG) y Circunferencia de Cintura (CC) de escolares entre 10 a 14 años.

Materiales y Métodos: Muestra no probabilística de 103 escolares (62,13% hombres) entre 10 a 14 años en un colegio municipal. Fue evaluada la CM con el subtest de transposición lateral/desplazamiento lateral (TL) [Moving Sideways] del test Körperkoordinationstest für Kinder (KTK); al tercer intento se evaluó en número de cambios en el desplazamiento. Se evaluó masa grasa (MG) (hombres $MG = -22,059 - 0,45 * edad + 0,573 * CC$; Mujeres $MG = -26,329 + 0,362 * edad + 0,558 * CC$ y estatura. Se aplicó prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov. Posteriormente se calculó la estadística descriptiva para luego comparar los grupos a través de la prueba *t* para muestra independientes. Se calculó las correlaciones de Pearson y coeficiente de determinación.

Resultados: Se observaron diferencias significativas entre ambos sexos en las variables de MG, CC y TL, siendo mayor la MG y CC, así como menor el rendimiento en la prueba de TL en las mujeres ($p=0,01$). La correlación entre la TL y MG muestra valores negativos y débiles para el caso de los hombres ($r=-0,168$) y moderado para el caso de las mujeres ($r=-0,352$). En el caso de la correlación entre TL y CC mostró valores negativos, además de una débil correlación en el caso de los hombres ($r=-0,14$) y moderada en el caso de las mujeres ($r=-0,364$). En general la MG y CC se correlacionan negativamente con la TL, siendo mayor en las mujeres que en los hombres.

Conclusión: Se demostró que existe una relación inversa entre MG y CM con características débil en hombres y moderadas en mujeres. Estos hallazgos sugieren que un mayor nivel de MG podría estar asociado con un menor desempeño motor, especialmente en mujeres.

PALABRAS CLAVE

Competencia Motora, Masa Grasa, Educación Física Escolar.

ABSTRACT

Introduction: The increase in fat mass (FM) in children and adolescents hinders better motor skills (MS) indicators. **Objective:** To estimate the relationship between motor skills (MS), fat mass (FM), and waist circumference (WC) in schoolchildren aged 10 to 14 years.

Correspondencia:
Marco Cossio Bolaños
mcossio1972@hotmail.com

Materials and Methods: Non-probabilistic sample of 103 schoolchildren (62.13% male) aged 10 to 14 years in a municipal school. MC was assessed using the lateral transposition/lateral displacement (TL) subtest [Moving Sideways] of the Körperkoordinationstest für Kinder (KTK) test; on the third attempt, the number of changes in displacement was assessed. Fat mass (FM) was assessed (boys FM = $-22.059 - 0.45 * \text{age} + 0.573 * \text{CC}$; girls FM = $-26.329 + 0.362 * \text{age} + 0.558 * \text{CC}$) and height. The Kolmogorov-Smirnov normality test was applied. Descriptive statistics were then calculated to compare the groups using the t-test for independent samples. Pearson's correlations and the coefficient of determination were calculated.

Results: Significant differences were observed between both sexes in the variables of MG, CC, and TL, with MG and CC being higher and TL test performance being lower in females ($p=0.01$). The correlation between TL and MG showed negative and weak values for males ($r=-0.168$) and moderate values for females ($r=-0.352$). The correlation between TL and CC showed negative values, as well as a weak correlation in males ($r=-0.14$) and a moderate correlation in females ($r=-0.364$). In general, MG and CC correlate negatively with TL, being higher in females than in males.

Conclusion: An inverse relationship was demonstrated between FM and MC, with weak characteristics in males and moderate characteristics in females. These findings suggest that higher levels of FM could be associated with lower motor performance, especially in females.

KEYWORDS

Motor Competence, Fat Mass, School Physical Education.

INTRODUCCIÓN

La competencia motriz (CM) de un individuo puede entenderse como la capacidad de adaptarse y ajustarse a las exigencias del entorno para la realización de variadas tareas o acciones motrices que abarcan el saber qué, cómo, cuándo y con quién hacer¹; es decir, saben lo que tienen que hacer y poseen el repertorio para poder hacerlo². Dicha CM presentan una positiva asociación con la salud a largo plazo en población infantil y juvenil³. Sin embargo, entre los años 1990 y 2021, para el mismo tipo de población, el sobrepeso y la obesidad se duplicó y la obesidad se triplicó, lo que significa que todos los esfuerzos para mitigar dichos problemas han sido infructuosos⁴.

Ahora bien, se ha podido determinar que una base sólida en CM ha resultado tener un efecto positivo en promover y mantener trayectorias de actividad física y aptitud física en salud⁵⁻⁸. Ejemplo de ello, constituye el trabajo de Mononen, Blomqvist y Konttinen⁹ quienes pudieron determinar en población infantil finlandesa de 10 a 11 años de edad, que la participación en actividades de clubes deportivos con carácter competitivo permitió lograr mejores niveles de CM. Además, que un mayor volumen semanal en base a entrenamientos di-

rigidos por entrenadores favorece la CM y que esto permite la continuidad en actividad física, al menos, por dos años.

De la misma manera, cuando se evaluó la CM de 310 niños brasileños entre 12 y 15 años (46,2% niñas) -agrupados según estado nutricional-, en base a los test de Körperkoordinationstest für Kinder (KTK)¹⁰, que mide la CM, se demostró que es eficaz para investigar el desarrollo motor grueso en niños con sobrepeso/obesidad y eutróficos¹¹; además, se pudo constatar que a medida que aumenta el peso corporal según su índice de masa corporal (IMC) la CM tiende a disminuir¹². Por tanto, la evidencia sustenta la idea del factor protector de la CM frente a problemas de obesidad de la población infantil y juvenil a lo largo del tiempo¹³. Por otro lado, una mayor CM no solo influye en la salud física, sino que también afecta las funciones ejecutivas dentro de la población pediátrica¹⁴ y mitiga el riesgo de ser objeto de acoso^{15,16}. En consecuencia, el objetivo del presente estudio fue estimar la correlación entre la masa adiposa y la evaluación de la CM en escolares de 10 a 14 años, de un colegio municipal de una región de Chile.

METODOLOGÍA

Tipo de estudio y muestra

Se diseñó un estudio de carácter transversal descriptivo con análisis comparativo y correlacional. La muestra no probabilística estuvo constituida por 64 hombres (62,13%) y 39 mujeres (37,86%) de 10 a 14 años de quinto a octavo básico de una escuela pública de la ciudad de Talca, en la región del Maule, Chile. El proceso de recolección de la información se llevó a cabo durante los meses de abril y mayo del año 2023. Para el desarrollo de este estudio se consideró las normas éticas de la declaración de Helsinki y la aprobación del comité de ética en investigación de la Universidad Católica del Maule. Todos los padres y/o responsables de los menores de edad, fueron informados sobre el objetivo y los riesgos del estudio. En general, padres y/o responsables de los menores de edad autorizaron por escrito el consentimiento informado y antes de las evaluaciones niños, niñas y jóvenes firmaron el asentimiento. Se incluyeron en el estudio a los niños y jóvenes que no presentaban problemas motores, que estaban en el rango de edad establecido y los que completaron las medidas antropométricas y prueba de coordinación. Se excluyeron a los niños/as y jóvenes que faltaron al día de la evaluación y no completaban todas las evaluaciones, a los que presentaban algún tipo de discapacidad física que imposibilitaba valerse por sí mismos al momento de las evaluaciones.

Técnicas e instrumentos

El proceso de recolección de datos se efectuó al interior de las instalaciones de la Escuela Carlos Salinas Lagos de la ciudad de Talca (Chile). Las evaluaciones se efectuaron en horario matutino de 9:00 a 11:00 horas de lunes a viernes. Todos los jóvenes se presentaron a la evaluación con ropa ligera (buzo institucional). Se evaluó inicialmente la antropometría y

posteriormente se efectuó la prueba de coordinación [transposición lateral/desplazamiento lateral (TL) Moving Sideways].

Para calcular la edad decimal, se utilizó la fecha de nacimiento registrada para cada estudiante y la fecha de evaluación (día, mes y año).

En el caso de la evaluación antropométrica se utilizó el protocolo de la Sociedad Internacional para el avance de la Cineantropometría¹⁷. Todo el procedimiento de evaluación antropométrica estuvo a cargo de un antropometrista experimentado cuyo error técnico de medida intra-evaluador para todas las variables fue inferior a 1,8%.

La masa corporal (kg) se evaluó descalzo con una báscula (Tanita, Kewdale, Australia) con precisión de 0,1 kg. La estatura se midió con un estadiómetro (SECA, Hamburgo) con precisión de 0,1 mm, manteniendo la cabeza en el plano de Frankfurt. Para la evaluación de circunferencia de la cintura (cm) se midió en el punto medio entre las costillas inferiores y la parte superior de la cresta ilíaca con una cinta métrica Seca de metal y graduada en milímetros con una precisión de 0,1 mm.

La masa grasa se calculó utilizando las ecuaciones propuestas por Cossio-Bolaños et. al., (2018)¹⁸. Estas muestran una aceptabilidad en función del DXA ($r=0,85$) para determinar la masa grasa en niños y niñas de la región del Maule, Chile.

Ecuaciones para cálculo de masa grasa (Cossio-Bolaños et. al., 2018)¹⁸:

$$\text{Hombres MG} = -22,059 - 0,450 * \text{edad} + 0,573 * \text{CC}$$

$$\text{Mujeres MG} = -26,329 + 0,362 * \text{edad} + 0,558 * \text{CC}$$

Donde: MG = Masa Grasa; CC= Circunferencia de cintura

Para la evaluación de la CM se utilizó solo la prueba de transposición lateral (TL, Moving Sideways) de la batería de test del KTK¹⁰. En la cual el sujeto debe trasladar lateralmente

dos plataformas de madera de 25 x 25 x 1,5 cm y en cuyas esquinas se encuentran atornilladas cuatro pies de 3,7 cm de altura. La prueba consiste en que el niño se sitúa de pie sobre una de las plataformas y luego coge la segunda plataforma, ubicada a 12,5 centímetros, para colocarla a un costado y ponerse sobre esta última, continuando así por 20 segundos. La puntuación surge al momento que el ejecutante coloca la plataforma de la izquierda a su derecha y se coloca encima de esta con los dos pies. El número de transposiciones corresponde a un valor puntuable que nace de la suma de dos tentativas válidas. Dicha prueba demanda control postural, equilibrio dinámico y gran coordinación intersegmentaria, elementos propios de los requerimientos motrices en la etapa escolar. Junto a ello, la seguridad y accesibilidad de las plataformas de baja altura minimiza riesgos en contextos escolares. Finalmente, el tiempo para el proceso de evaluación adquiere especial relevancia en los ambientes escolares numerosos.

Estadística

Se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Cumplidos los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se procedió a aplicar estadísticos paramétricos. Se realizaron cálculos de estadística descriptiva (promedio, desviación estándar, rango). Las comparaciones entre ambos sexos se efectuaron por medio de test *t* para muestras independientes. Para relacionar la masa grasa con la prueba de coordinación, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson simple y coeficiente de determinación r^2 . El nivel de significancia adoptado fue de 0,01. Los cálculos fueron efectuados en planillas de Microsoft Excel, en SPSS 16,0.

RESULTADOS

En la tabla 1 se observan las características de la muestra estudiada, representada por 64 hombres y 39 mujeres. Existe diferencia significativa para las variables de masa grasa y

Tabla 1. Características de la muestra estudiada

	Hombres (n=64)				Mujeres (n=39)			
	$\bar{X}$	DE	Mín	Máx.	$\bar{X}$	DE	Mín	Máx.
Edad (años)	11,77	1,23	10,28	14,12	11,86	1,00	10,27	13,75
Peso (kg)	53,64	15,20	29,20	91,10	54,58	14,04	27,90	88,60
Estatura (cm)	152,10	12,20	135,00	182,00	152,81	7,71	128,00	167,00
Circunferencia de cintura (cm)	76,19	10,62	56,70	107,00	74,13	12,71	52,60	103,00
Masa Grasa (kg)	16,30	5,99	5,49	32,91	19,32*	7,16	7,47	36,06
Transposición Lateral (cambios)	30,25	8,78	17,00	55,00	26,69*	6,56	14,00	44,00

$\bar{X}$ = promedio; DE: desviación estándar; Mín= mínimo; Máx.=máximo *=Diferencia significativa en relación con hombres.

prueba de coordinación en función del sexo ($p < 0,05$) teniendo mayor masa grasa y menor rendimiento en la prueba de coordinación en mujeres.

En la tabla 2 se muestra los valores de correlación, nivel de significancia estadística e intervalo de confianza entre la prueba de transposición lateral con las variables de edad, masa grasa y circunferencia de cintura. En los hombres existe

una correlación negativa y no significativa entre el desempeño en la prueba de TL con MG ($r = -0,17$; $p = 0,19$) y TL con CC ($r = -0,14$; $p = 0,05$). En las mujeres existe una correlación negativa y significativa entre TL con MG ($r = -0,352$; $p = 0,03$) y TL con CC ($r = -0,364$; $p = 0,01$).

La figura 1 muestra la dispersión de puntos y línea de regresión que se presentan en la correlación entre la prueba

Tabla 2. Valores de correlación (Pearson) entre la prueba de transposición lateral y edad, circunferencia de cintura y masa grasa

	Transposición_lateral (rep)							
	Hombres				Mujeres			
	r	r ²	p	IC	r	r ²	p	IC
Edad (años)	0,274	0,075	0,03	0,218 a 3,719	0,169	0,029	0,30	1,045 a 3,273
C.C (cm)	-0,14	0,02	0,05	-69,945 a -0,299	-0,364	0,133	0,01	-57,569 a -10,189
Masa grasa (kg)	-0,17	0,028	0,19	-0,613 a 0,121	-0,352	0,124	0,03	-0,609 a -0,037

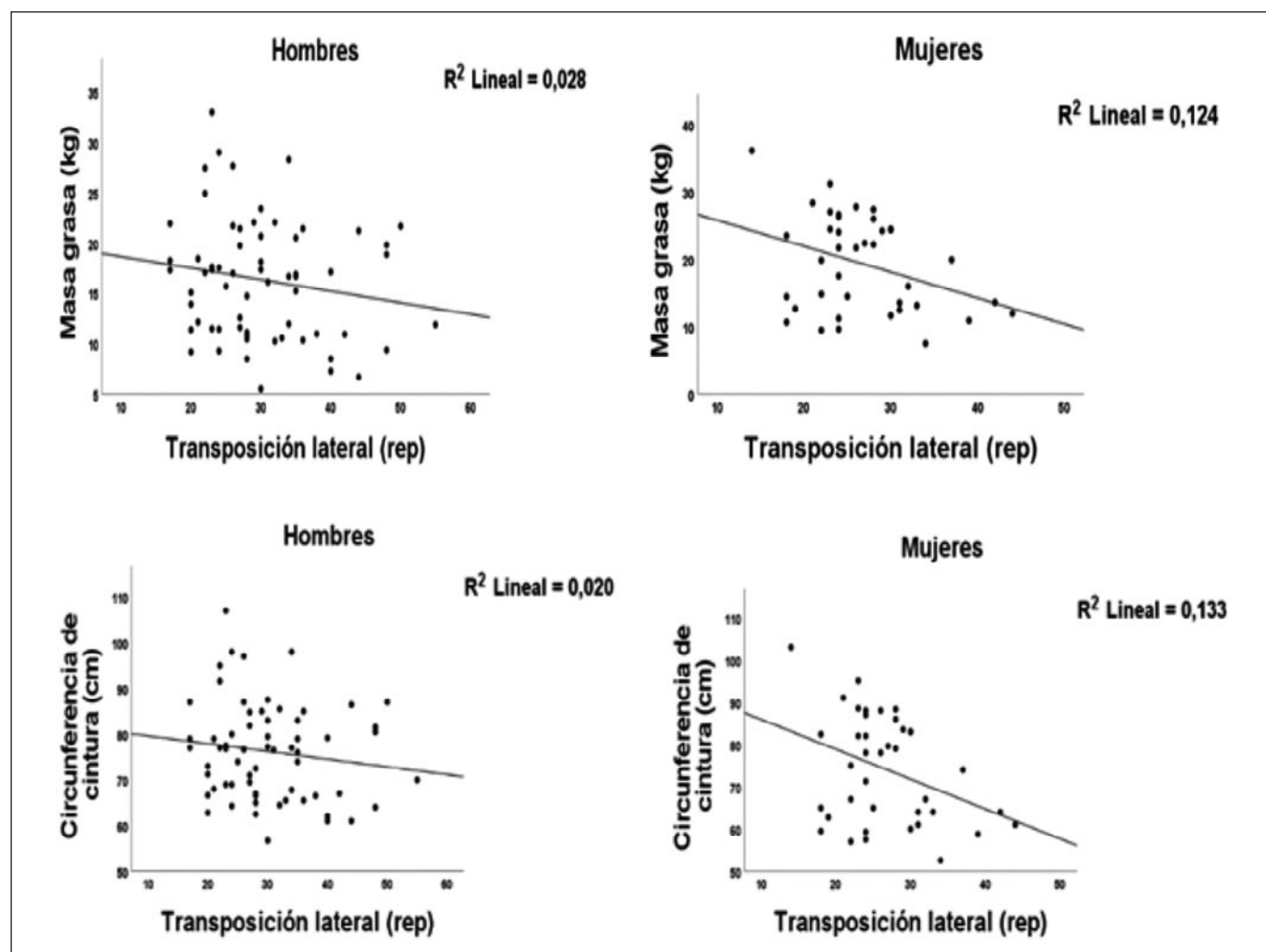


Figura 1. Correlación entre la prueba de transposición lateral con MG y CC en ambos sexos

de TL y las variables de CC y MG tanto para hombres como en mujeres. Se observa una relación inversa en todos los casos. Es más débil en el caso de los hombres [TL con MG ($r^2=0,028$) y TL con CC ($r^2=0,020$)], mientras que en las mujeres fue moderada [TL con MG ($r^2=0,124$) y TL con CC ($r^2=0,133$)].

DISCUSIÓN

El presente estudio tenía como objetivo relacionar la masa grasa con la prueba de transposición lateral (TL, Moving Sideways) del test KTK en adolescentes de 10 a 14 años de un colegio público municipal de Chile. A la luz de los resultados se ha podido determinar que si bien las correlaciones negativas ($r^2=-0,12$ y $-0,13$) y distribución de puntos han sido más acentuada para la población de mujeres tanto en masa grasa y circunferencia de cintura respecto de los varones, la prueba de transposición lateral presenta mejores desempeños motrices en población infantil y juvenil de condición saludable.

Estos resultados no son distintos por lo encontrado por Carvalho da Silva et al.¹⁹, quienes al estudiar el CM en 350 niños y niñas entre 8 a 10 años en base a la prueba KTK, el IMC, CC y relación cintura altura, se pudo comprobar que en la prueba de transposición lateral las diferencias entre los distintos grupos según su estado nutricional, los valores mayores fueron para el grupo de bajo peso y eutróficos; sin embargo, dicha diferencias no resultaron ser significativas y, las diferencias agrupadas según sexo, fueron notorias en favor de los varones ($p<0,001$). En el resto de las pruebas la población con sobre peso y obesidad registraron peor desempeño en pruebas de equilibrio en marcha atrás y saltos respecto de aquellos con bajo peso o eutróficos ($p<0,001$) y que las niñas obesas presentaron un menor desempeño motriz en equilibrio hacia atrás que su contraparte de niñas de bajo peso, peso normal y sobre peso ($p<0,001$).

Del mismo modo cuando fue evaluada una población de niños del norte de Italia 8 a 13 años ($n=117$), agrupados según IMC, sexo y clase social durante un periodo de 4 años, evaluados con el test KTK en su puntuación bruta, se pudo determinar que los valores inferiores a lo largo del tiempo fueron para las niñas y que aquellos con IMC más elevado -sobrepeso- presentaron correlaciones negativas en la CM respecto de aquellos con peso normal²⁰; dicha relación es consistente con el presente estudio para la población de similar edad.

Otro ejemplo, en cual los resultados de la presente investigación son coincidentes, es los hallazgos de Fraga et al.²¹, en población brasileña de menor edad (5 años) tanto en damas como en varones; estos últimos, presentaron mejor desempeño motriz respecto de las niñas en todas las pruebas del test KTK y, en particular, en la prueba de transposición lateral la diferencia significativa estuvo en favor de los niños ($p=0,008$);

sin embargo, para la edad, el IMC no presentó diferencias entre ambos sexos. Al respecto, es interesante lo encontrado por Queiroz et al.²², quienes en su estudio con niños y niñas brasileños entre 5 a 7 años ($n=668$), pudieron determinar que el papel mediador de los contextos ambientales favorable, permite una débil asociación entre el IMC y la CM.

Estos hallazgos se complementan con lo propuesto por Chagas y Batista²³ en su estudio con adolescentes masculinos brasileños de 12 a 14 años ($n=51$), en el cual detectaron que la grasa corporal y el nivel de actividad física se relacionan con la CM evaluada a través del test KTK. Si bien las correlaciones individuales entre estas variables no alcanzaron significancia estadística, se evidenció que ambas explicaban el 11,0% de la varianza en el nivel de coordinación motora. Este resultado apoya la postura de que la relación entre la composición corporal y el desempeño motor no se comporta de una manera lineal y unidimensional, sino que es influenciada por el nivel de actividad física.

Vidarte et al.²⁴, investigaron una amplia muestra de escolares colombianos de 10 a 12 años ($n=2651$), en el cual se demostró una relación inversa estadísticamente significativa entre la CM y el IMC; dicha relación que se presentó más marcada en favor de los varones respecto de las damas, son coincidentes con el presente estudio, por lo que monitorear el IMC como un indicador de riesgo en el desarrollo motor durante la edad escolar es esencial; es decir, la evidencia presentada en este estudio respecto a cómo el exceso de peso puede obstaculizar el rendimiento en pruebas de coordinación, como la transposición lateral.

Por su parte, Pelemiš et al.²⁵, estudiaron más recientemente la misma relación en una muestra de preescolares serbios de 6 a 7 años ($n=48$), y encontraron que, al igual que en estudios anteriores, la composición corporal -especialmente la masa muscular, la grasa total y el agua corporal- afectaba significativamente la CM en los niños, particularmente en ítems específicos del test KTK como los saltos laterales en una pierna y la prueba de transposición lateral. Los autores enfatizan estas diferencias en la maduración, que pueden explicar la falta de correlaciones significativas en las niñas, pero que aún justifican el mejor rendimiento promedio observado.

Los hallazgos confirman la evidencia sobre el papel determinante de la composición corporal en la CM durante las primeras etapas del crecimiento y desarrollo, y destacan la importancia de evaluarla desde edades tempranas. Esta evidencia ya había sido presentando por Morrison et al.²⁶, quienes encontraron en niños daneses de 6 a 8 años ($n=498$) con menor grasa corporal y mayores cantidades de actividad física obtienen mejores resultados en tareas motoras. Usando la prueba KTK, este estudio también demuestra que la grasa corporal presenta las correlaciones negativas más fuertes con la CM, enfatizando que incluso dentro de grupos de alta adiposidad, los sujetos más activos alcanzan puntuaciones más

altas, lo que refuerza la noción de intervenciones integrales y multifactoriales desde la primera infancia. En ese sentido, se plantea la necesidad de integrar estrategias para el desarrollo del movimiento en la niñez y adolescencia, en la cual la condición física y una sistematización del ejercicio físico se consideren factores complementarios para una mejor competencia motora durante la infancia y adolescencia.

El presente estudio mostró algunas debilidades en cuanto a la selección de la muestra, por ejemplo, fue no probabilística y se consideró una sola prueba del KTK. Además, no se controló los niveles de actividad física y maduración biológica. Para futuras investigaciones se sugiere evaluar más pruebas de la batería KTK e incluso, los estudios deben considerar la selección de la muestra probabilística. También presenta algunas fortalezas, ya que, por ejemplo, es uno de los primeros estudios efectuados en Chile con estas características, además, los resultados de este estudio se pueden considerar como línea de base para futuras comparaciones. Además, el hecho de considerar materiales de bajo coste para medir la MG y la TL son elementos importantes para poder replicar estudios en el sistema escolar.

CONCLUSIÓN

Se demostró que existe una relación inversa entre masa grasa y CM, siendo débil en hombres y moderadas en mujeres, esto consideraría que a una mayor grasa corporal existirían un menor desempeño en la CM evaluada con la prueba de transposición lateral. Estos hallazgos sugieren que otros factores como nivel de actividad física y maduración biológica, podrían estar asociados con un peor desempeño motor.

REFERENCIAS

- Guo X, Li C, Zhang Z, Silva AF, Clemente FM. Can motor competence be influenced by the type of training interventions preschool children are exposed to? A randomized experimental study comparing sports games and psychomotricity activities. *Front Psychol*. 2024;15:1476297. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1476297>.
- Lopes L, Santos R, Coelho-E-Silva M, Draper C, Mota J, Jidovtseff B, Clark C, Schmidt M, Morgan P, Duncan M, O'Brien W, Bentsen P, D'Hondt E, Houwen S, Stratton G, Martelaer K, Scheuer C, Herrmann C, García-Hermoso A, Ramírez-Vélez R, Palmeira A, Gerlach E, Rosário R, Issartel J, Esteban-Cornejo I, Ruiz J, Veldman S, Zhang Z, Colella D, Póvoas S, Haibach-Beach P, Pereira J, McGrane B, Saraiva J, Temple V, Silva P, Sigmund E, Sousa-Sá E, Adamakis M, Moreira C, Utesch T, True L, Cheung P, Carcamo-Oyarzun J, Charitou S, Chillón P, Robazza C, Silva A, Silva D, Lima R, Mourão-Carvalho I, Khodaverdi Z, Zequinão M, Pereira B, Prista A, Agostinis-Sobrinho C. A Narrative Review of Motor Competence in Children and Adolescents: What We Know and What We Need to Find Out. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;18(1):18. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010018>
- Salaj S, Masnjak M. Correlation of Motor Competence and Social-Emotional Wellbeing in Preschool Children. *Front Psychol*. 2022;13:846520. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.846520>
- Collaborators GAB. Global, regional, and national prevalence of child and adolescent overweight and obesity, 1990-2021, with forecasts to 2050: a forecasting study for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. 2025;405(10481):785-812. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(25\)00397-6](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(25)00397-6)
- Jaakkola T, Huhtiniemi M, Salin K, Seppälä S, Lahti J, Hakonen H, Stodden DF. Motor competence, perceived physical competence, physical fitness, and physical activity within Finnish children. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2019;29(7):1013-21. <https://doi.org/10.1111/sms.13412>
- Coppens E, Bardid F, Deconinck FJA, Haerens L, Stodden D, D'Hondt E, Lenoir M. Developmental Change in Motor Competence: A Latent Growth Curve Analysis. *FRONTIERS IN PHYSIOLOGY*. 2019;10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01273>
- Stodden DF, Goodway JD, Langendorfer SJ, Robertson MA, Rudisill ME, Garcia C, Garcia LE. A Developmental Perspective on the Role of Motor Skill Competence in Physical Activity: An Emergent Relationship. *Quest*. 2008;60(2):290-306. <https://doi.org/10.1080/00336297.2008.10483582>
- Mores G, Nunes AdS, Batista RJdM, Corona LFP, Habitante CA. Relationships between motor performance and body composition of school adolescents. *Journal of Human Growth and Development*. 2019;29:75-82. http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12822019000100010&nrm=iso
- Mononen K, Blomqvist M, Konttinen N. The level of motor coordination is associated with sports club participation in late childhood. *Biomedical Human Kinetics*. 2025;17(1):57-67. <https://doi.org/10.2478/bhk-2025-0006>
- Kiphard EJ, Schilling F. Körperkoordinationstest für Kinder: KTK. Beltz Test. 1974.
- De Andrade FdSdSD, Teixeira RdC, Mascarenhas LR, De Menezes PDG, Cruz RVS, De Souza FdJD. A aplicação da escala KTK para a análise do desenvolvimento motor grosso em crianças. *Fisioter Bras*. 2020;21(3):299-306. <https://doi.org/10.33233/fb.v21i3.3631>
- Chagas DdV, Joia MC, Marinho B, Vasconcellos F. Is There a Curvilinear Trajectory of Motor Competence Across Different Weight Status? Exploring the Non-Linear Hypothesis in Adolescents. *Perceptual and Motor Skills*. 2025;0 (0). <https://doi.org/10.1177/00315125251320131>
- Chagas DdV, Joia MC. Motor Competence as a Protection Factor Against Pediatric Obesity: The Bidirectional Relationship Between Motor Competence and Weight Status. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2025;96(1):126-32. <https://doi.org/10.1080/02701367.2024.2373995>
- Albuquerque MR, Rennó GVC, Bruzi AT, Fortes LS, Malloy-Diniz LF. Association between motor competence and executive functions in children. *Appl Neuropsychol Child*. 2022;11(3):495-503. <https://doi.org/10.1080/21622965.2021.1897814>
- Zequinão MA, Medeiros Pd, Skrzypiec G, Lopes L, Trevisol MTC, Pereira B. The prevalence and association of motor competence with weight status and bullying: a cross-cultural study. *Motricidade*. 2022;18(1):1-10. <https://doi.org/10.6063/motricidade.19752>

16. Carrasco-López SH, Del Pino Villegas FA, Garrido BE, Gómez TE, Lagos CM, Valenzuela-Jiménez A, et al. Estudio de revisión sistemática sobre el acoso escolar en el contexto de la educación y la actividad física. *MHSalud*. 2024;21 (1). <https://doi.org/10.15359/mhs.21-1.17998>
17. Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. International standards for anthropometric assessment (2006). 2006.
18. Cossio-Bolaños M, de Arruda M, Sulla Torres J, Urrea Albornoz C, Gómez Campos R. Development of equations and proposed reference values to estimate body fat mass among Chilean children and adolescents. *Arch Argent Pediatr*. 2017;115(5):453-61. <https://doi.org/10.5546/aap.2017.eng.453>
19. Carvalho da Silva R, Grasel Barbosa D, Cardoso FL, Libardoni dos Santos JO, Pereira Gomes Felden É, Silva Beltrame T. Meninos e meninas obesas apresentam pior desempenho em tarefas motoras específicas. *Educación Física y Ciencia*. 2018;20(2):54-5. <https://doi.org/10.24215/23142561e051>
20. Biino V, Pellegrini B, Zoppirolli C, Lanza M, Gilli F, Giuriato M, Schena F. Gross motor coordination in relation to weight status: a longitudinal study in children and pre-adolescents. *FRONTIERS IN PUBLIC HEALTH*. 2023;11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1242712>
21. Fraga B, Salgado JVV, Moreira PED, Santos ASd. Desempenho motor e índice de massa corporal em crianças de cinco anos. *Rev bras ciênc mov*. 2021;29(1):[1-9]. <https://doi.org/10.31501/rbcm.v29i1.12036>
22. Queiroz DdR, Aguilar JA, Martins Guimaraes TG, Hardman CM, Lima RA, Duncan MJ, et al. Association between body mass index, physical activity and motor competence in children: moderation analysis by different environmental contexts. *ANNALS OF HUMAN BIOLOGY*. 2020;47(5):417-24. <https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1779815>
23. Chagas DDV, Batista LA. The three-way interplay of motor coordination, body fatness and physical activity in adolescents: a preliminary study. *Biomedical Human Kinetics*. 2019;11(1):97-102. <https://doi.org/10.2478/bhk-2019-0013>
24. Vidarte Claros JA, Vélez Álvarez C, Parra Sánchez JH. Coordinación motriz e índice de masa corporal en escolares de seis ciudades colombianas. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*. 2018;21(1):15-22. <https://doi.org/10.31910/rudca.v21.n1.2018.658>
25. Pelemiš V, Pavlović S, Mandić D, Radaković M, Branković D, Živanović V, et al. Differences and Relationship between Body Composition and Motor Coordination in Children Aged 6-7 Years. *Sports (Basel)*. 2024;12(6). <https://doi.org/10.3390/sports12060142>
26. Morrison KM, Bugge A, El-Naaman B, Eisenmann JC, Froberg K, Pfeiffer KA, Andersen LB. Inter-Relationships Among Physical Activity, Body Fat, and Motor Performance in 6- to 8-Year-Old Danish Children. *Pediatric Exercise Science*. 2012;24(2):199-209. <https://doi.org/10.3390/sports12060142>

Consumo de alimentos ultraprocesados y su relación con el sobrepeso y la obesidad en estudiantes universitarios de Honduras

Consumption of ultra-processed foods and their relationship with overweight and obesity in university students in Honduras

Staina VALCIN, Adriana HERNÁNDEZ, Raúl ESPINAL, Rocío MONCADA

Depto. de Agroindustria Alimentaria, U. Zamorano, Francisco Morazán, Honduras.

Recibido: 18/septiembre/2025. Aceptado: 15/diciembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El aumento del consumo de (AUP) representa un factor de riesgo importante para el desarrollo de sobrepeso, obesidad y enfermedades crónicas, con escasa evidencia en poblaciones universitarias.

Objetivo: Identificar el consumo de alimentos ultraprocesados (AUP), el nivel de sobrepeso y obesidad (SO), la actividad física (AF) y analizar su relación en estudiantes universitarios.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio transversal con una muestra de 43 estudiantes voluntarios de 18 a 20 años de la Universidad Zamorano (Honduras). Se aplicó un recordatorio de 24 horas (R24H), se emplearon mediciones antropométricas (en base a criterios de la OMS), bioimpedancia y se aplicó un cuestionario de actividad Física (IPAQ). Mediante el programa Food Processor™ versión 11.11.0 se analizaron los resultados del R24H, con SAS® se analizaron los resultados a través de estadística descriptiva y las correlaciones de Spearman se efectuaron mediante Jamovi® versión 2.7.11.

Resultados: 75,4% de los estudiantes reportó consumo de AUP, con ingesta promedio calórica (2.331 ± 1.317 kcal), de sodio (2.397 ± 1.164 mg) y azúcares ($29,62 \pm 69,92$ g) elevadas, 37,2% presentó SO, 46,5% riesgo cardio metabólico por circunferencia de cintura, 48,8% con nivel elevado de

porcentaje de grasa corporal y 23,2% con grasa visceral elevada. El 62,7% realizó AF alta. No hubo correlaciones significativas entre IMC y las variables dietéticas ($p > 0,10$).

Conclusión: Se identificó que los AUP de mayor consumo fueron las galletas dulces y rellenas, snacks salados, los refrescos y la pizza. Se observa una elevada ingesta de azúcares y sodio en los estudiantes universitarios, escaso consumo de fibra y elevado consumo de proteína. Una tercera parte se encuentra afectada por SO y uno de cada dos estudiantes tiene riesgo cardio metabólico. Entre otros, se requiere la reformulación de alimentos para incluir la oferta de alimentos reducidos en nutrientes críticos en las tiendas estudiantiles.

PALABRAS CLAVE

Alimentación saludable, dieta, hábitos de consumo, riesgo cardio metabólico, salud juvenil.

ABSTRACT

Introduction: Increased consumption of UPF represents an important risk factor for the development of overweight, obesity and chronic diseases, with little evidence in university populations.

Objective: To Identify the consumption of ultra-processed foods (UPF), the level of overweight and obesity (SO), physical activity (PA) and to analyze their relationship in university students.

Materials and methods: A cross-sectional study was carried out with a sample of 43 volunteer students aged 18

Correspondencia:
Adriana Hernández
ahernandez@zamorano.edu

to 20 years from the Zamorano University (Honduras). A 24-hour reminder (24H) was applied, anthropometric measurements were used (based on WHO criteria), bioimpedance and a physical activity questionnaire (PIAQ) was applied. The results of the R24H were analyzed using the Food Processor™ version 11.11.0 program, the results were analyzed with SAS® through descriptive statistics, and the Spearman correlations were made using Jamovi® version 2.7.11.

Results: 75,4% of the students reported consumption of UPF, with average caloric intake (2.331 ± 1.317 kcal), sodium (2.397 ± 1.164 mg) and sugars ($29,62 \pm 69,92$ g) elevated, 37,2% had SO, 46,5% cardiometabolic risk due to waist circumference, 48,8% with high body fat percentage and 23,2% with high visceral fat. A total of 62,7% had a high PA. There were no significant correlations between BMI and dietary variables ($p > 0,10$).

Conclusion: It was identified that the most consumed UPFs was sweet and filled cookies, salty snacks, soft drinks and pizza. A high intake of sugars and sodium is observed in university students, low fiber consumption and high protein consumption. A third are affected by SO and one in two students is at cardiometabolic risk. Food reformulation is required to include the supply of critical nutrient-reduced foods in student stores.

KEYWORDS

Cardio metabolic risk, consumption habits, diet, healthy eating, youth health.

INTRODUCCIÓN

La adolescencia es la etapa entre la infancia y la adultez, en la que ocurre un proceso creciente de maduración física, psicológica y social que lleva al ser humano a transformarse en adulto¹. Durante esta etapa también se consolidan conductas relacionadas con la salud, las cuales, suelen mantenerse en la adultez y ser difíciles de modificar más adelante; por ello, es clave promover desde la adolescencia la adquisición de hábitos saludables mediante conocimientos, habilidades y actitudes que favorezcan un estilo de vida sano².

Por ende, para un crecimiento y desarrollo adecuados, es importante, entre otros aspectos, consumir una dieta equilibrada, mantenerse hidratado y limitar la ingesta de alimentos procesados y azucarados. No obstante, estudios globales han mostrado que la prevalencia del sobrepeso y la obesidad en niños y adolescentes ha aumentado, especialmente en países industrializados, alcanzando proporciones alarmantes³. La obesidad en los adolescentes se ha convertido en una de las preocupaciones más serias en la salud pública del siglo XXI⁴. Esta pandemia de obesidad y sobrepeso está directamente relacionada con factores múltiples, incluyendo el alto consumo de alimentos ultraprocesados (AUP), los cuales, son de baja calidad nutricional⁵. Asimismo, Monteles et al⁶ demostraron que, a medida que aumenta el consumo de AUP, la ingesta de fibra dietética disminuye.

Los AUP son formulaciones de varios ingredientes que, además de sal, azúcar, aceites y grasas, incluyen ingredientes alimenticios no utilizados en las preparaciones culinarias. Particularmente, incluyen saborizantes, colorantes, edulcorantes, emulgentes y otros aditivos utilizados para imitar las cualidades sensoriales de los alimentos no procesados o mínimamente procesados y de sus preparaciones culinarias, o para enmascarar cualidades indeseables del producto final⁷. Estos productos se encuentran listos para consumir o calentar, y suelen ser ricos en grasas saturadas o trans y pobres en fibra dietética y diversos micronutrientes⁸. Por lo tanto, el alto consumo de estos productos está directamente asociado con perfiles nutricionales poco saludables y varias ENT relacionadas con la dieta⁹.

Un estudio en una población universitaria de Colombia demostró que un mayor consumo de AUP se asoció con un 37% de probabilidad de sobrepeso u obesidad. Esta asociación se atribuyó a la falta de conciencia sobre la salud, la ausencia de promoción y mantenimiento de la salud y un estilo de vida sedentario¹⁰. De manera similar, un estudio canadiense reportó una correlación positiva entre el consumo de alimentos ultraprocesados y la obesidad en personas de 18 años o más, recomendando como medida de salud pública la reducción de estos productos y la promoción de comidas frescas y mínimamente procesadas¹¹.

En este contexto, es importante subrayar la necesidad de evidencia en la población universitaria, cuyos resultados podrían contribuir a implementar medidas preventivas. El objetivo del presente estudio fue identificar el consumo de alimentos ultraprocesados (AUP), el nivel de sobrepeso y obesidad (SO), la actividad física (AF) y analizar su relación en estudiantes universitarios.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio observacional, descriptivo, transversal y correlacional. El protocolo fue aprobado (código 113-2024) por el Comité de Ética de Investigación Biomédica (CEIB #00003070) de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Los datos se manejaron confidencialmente protegiendo la privacidad de los participantes y cumpliendo con los estándares éticos, según declaración de Helsinki. Se aplicó el consentimiento informado (CI) escrito y voluntario, con la autorización de la universidad, y posteriormente se entregaron a los participantes los resultados de los análisis junto con recomendaciones de una profesional de la nutrición.

Criterios de inclusión

Estudiantes de primero, segundo y tercer año académico entre 18-20 años de cualquier raza, sexo, nacionalidad, religión, situación económica.

Haber brindado su consentimiento informado.

Criterios de exclusión

Hombres y mujeres que no sean estudiantes.

Estudiantes que por situaciones de enfermedad no les permitiera hacerlo.

Tener marcapasos.

Mujeres embarazadas.

Población y muestra

La población fue de 510 estudiantes de 18 a 20 años, matriculados en 2024 entre primero y tercer año académico en la Universidad Zamorano, ubicada en Honduras. La muestra de 60 estudiantes (36 hombres y 24 mujeres) se calculó con la fórmula para poblaciones finitas. Se utilizó un nivel de confianza del 90%, inferior al 95%, considerando las limitaciones del tamaño muestral y por la variabilidad esperada. La recolección de datos se llevó a cabo en noviembre 2024. La participación fue voluntaria y se seleccionaron 43 estudiantes (26 hombres y 17 mujeres) que reportaron haber consumido AUP. Por lo tanto, el análisis de datos se realizó exclusivamente con estos 43 participantes, excluyendo a los no consumidores de AUP con el fin de evitar sesgos en la interpretación de la relación entre el consumo de AUP y el estado nutricional.

Evaluación antropométrica

Se llevó a cabo una capacitación para garantizar el manejo adecuado de los instrumentos utilizados en el estudio. Esto incluyó la toma de medidas antropométricas, el análisis de indicadores de composición corporal, y la correcta aplicación de los cuestionarios sobre consumo de AUP y AF. El trabajo fue supervisado por profesionales de la nutrición asegurando la calidad de los datos.

Para la medición de la estatura y de la circunferencia de cintura (CC), se utilizó un estadiómetro SECA 360 y una cinta métrica SECA, respectivamente, y siguiendo las técnicas internacionales.

Los datos se registraron en centímetros, se ingresaron en el programa mBCA 514/515 y se interpretaron según los criterios establecidos por dicho sistema. Se consideró riesgo cardiometabólico cuando la circunferencia de cintura se ubicó en el percentil $\geq 90^{12}$, según referencias internacionales, categorizando en riesgo bajo, riesgo elevado y riesgo muy elevado a enfermedades cardio metabólicas.

En cuanto al peso y composición corporal, se utilizó el equipo mBCA 514/515, siguiendo procedimientos estandarizados. Los participantes, con ropa ligera, colocaron los dedos en los sensores manuales en ambos lados del dispositivo, el cual registró automáticamente el peso, el IMC, el porcentaje de grasa corporal y la grasa visceral. Para interpretación del IMC (en mayores de 18 años) y la grasa visceral, se utilizaron las referencias del software mBCA, estos puntos varían según características indi-

viduales como edad, estatura, peso, IMC y raza. En el caso de los estudiantes de 18 años, el IMC se clasificó según los criterios (utilizando percentiles) de la OMS como bajo peso $< p 15$, normal entre $p 15$ y $p 84$, sobrepeso entre $p 85$ y $p 94$, y obesidad $\geq p 95^{13}$. En el caso de los estudiantes de 19 y 20 años se utilizaron los criterios regulares de la OMS para adultos.

La clasificación del porcentaje de grasa corporal, diferenciada por sexo, se basó en los estudios de McCarthy et al¹⁴ y Gallagher et al¹⁵ y en los criterios de Omron Healthcare, de la siguiente manera, en mujeres, se consideró bajo un valor $< 21\%$, normal entre 21% y $32,95\%$, alto entre 33% y $38,9\%$, y muy alto $\geq 39\%$. En hombres, los criterios fueron: bajo $< 8\%$, normal entre 8% y $19,9\%$, alto entre 20% y $24,9\%$, y muy alto $\geq 25\%$.

Instrumentos

Recordatorio de consumo de alimentos de 24 horas

Para evaluar la ingesta de AUP, se aplicó un (1) recordatorio de 24 horas (R24H) utilizando un formato adaptado de Gibson (2005), apoyado con réplicas de alimentos para mayor precisión. Esta metodología permitió clasificar a los participantes según la presencia o ausencia de consumo de AUP durante el día anterior. Los datos se analizaron mediante el software Food Processor™ versión 11.11.0, lo que permitió estimar la ingesta por grupos de nutrientes y brindó recomendaciones nutricionales individualmente para cada estudiante en función de su sexo, peso, estatura y el IMC. Para este estudio, se enfatizó en el consumo de azúcares añadidos, grasas saturadas, grasas trans, sal, proteína y fibra comparándolo con las recomendaciones del software.

Actividad física

Se aplicó el Cuestionario de Actividad Física (IPAQ por sus siglas en inglés) que consta de una serie de preguntas que evalúan la frecuencia y duración del tiempo dedicado a caminar, permanecer sentado y realizar AF moderada y vigorosa durante los últimos siete días. La interpretación se realizó con el IPAQ automatic Report y los resultados se categorizaron según las pautas del IPAQ (2005), como se muestra en la tabla 1.

Análisis estadístico

Se construyó la base de datos en Microsoft Excel Office 2016 (Microsoft, Redmond, WA, EE. UU.) y los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistical Analysis System (SAS® studio, Viya 2025) y se reportaron mediante estadísticas descriptivas (medidas de tendencia central y dispersión e intervalos de confianza). Adicionalmente, se evaluó la correlación entre el IMC y las variables dietéticas (azúcar, grasas saturadas, grasas trans, sal, proteína y fibra) relacionadas al consumo de AUP. Previamente, se comprobó el supuesto de normalidad para cada variable mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Se optó

Tabla 1. Niveles de actividad física (AF) según los criterios establecidos por IPAQ

Categoría	Descripción
Bajo (Categoría 1)	No realiza ninguna actividad física.
	La actividad física que realiza no es suficiente para alcanzar las categorías 2 o 3.
Moderado (Categoría 2)	3 o más días de actividad física vigorosa por lo menos 20 min por día.
	5 o más días de actividad física de intensidad moderada o caminar por lo menos 30 min.
	5 o más días de cualquier combinación de actividad física leve, moderada o vigorosa que alcancen un registro de 600 METs-min/semana*.
Alto (Categoría 3)	3 o más días de actividad física vigorosa o que acumulen 1.500 METs-min-semana.
	7 o más días de cualquier combinación de actividad física leve, moderada o vigorosa que alcance un registro de 3.000 METs-min/semana*.

* Equivalente metabólico (Metabolic Equivalent of Task, en inglés).

por utilizar el coeficiente de correlación de Spearman (ρ), mediante Jamovi® versión 2.7.11, dado que las variables dietéticas no presentaron una distribución normal. Se consideró un nivel de confianza del 90%. Los datos desagregados por sexo se reportan con fines descriptivos. No obstante, los análisis estadísticos se realizaron de manera global.

RESULTADOS

La muestra de 43 estudiantes estuvo conformada por 39,5% ($n=17$) mujeres y 60,5% ($n=26$) hombres; la edad promedio fue $18,65 \pm 0,57$ años. Los valores antropométricos promedio fueron: $69,9 \pm 13,43$ kg de peso corporal, $168,7 \pm 8,86$ cm de estatura y $24,42 \pm 3,27$ kg/km² de IMC.

Tras el análisis del R24H, se identificó que los AUP de mayor consumo fueron las galletas dulces y rellenas, snacks salados, los refrescos y la pizza. La tabla 2 muestra la ingesta promedio calórica, los nutrientes críticos, proteínas y fibra en estudiantes universitarios.

La Tabla 3 resume la distribución porcentual de los estudiantes universitarios según categorías de riesgo cardio metabólico según diversos indicadores de composición corporal y niveles de AF.

El exceso de grasa corporal fue más frecuente en mujeres (64,8%) que en hombres (38,5%). La proporción de obesidad fue baja en ambos sexos (<8%), pero el 46,5% presentó riesgo cardio metabólico por circunferencia de cintura. Por último, los datos sobre actividad física revelan que más de la mitad de los estudiantes reportaron niveles altos de práctica regular, siendo menos frecuentes las categorías de actividad física moderada y baja.

El análisis del coeficiente de correlación de Spearman entre el IMC y las variables dietéticas, no mostraron asociaciones

estadísticamente significativas ($p>0,10$). Se observó que los coeficientes de Spearman (ρ) se sitúan entre -0.21 y 0.15, lo que indica una correlación negativa débil o prácticamente nulas entre IMC y las variables analizadas, aunque no significativa (Tabla 4).

DISCUSIÓN

Según los datos recolectados mediante el 24HR en este estudio, el 75,4% ($n=43$) de los estudiantes evaluados ($n=57$) reportaron haber consumido AUP. Este hallazgo es consistente con el estudio realizado en Perú, donde se evidenció que más del 50,0% de los estudiantes consumen regularmente los AUP, en un contexto marcado por la escasa regulación en su comercialización y una cultura alimentaria deficiente entre los jóvenes¹⁶. Se estimó una ingesta calórica promedio de $2,331 \pm 1,317$ kcal y de grasas saturadas de $27,8 \pm 20,0$ g, ambos valores por debajo de las recomendaciones proporcionadas por el Food Processor™ ($3.189,87 \pm 863,96$ kcal; $32,1 \pm 7,9$ g, respectivamente). Sin embargo, la elevada variabilidad observada y la presencia de los valores que excedieron el límite sugieren un patrón alimentario heterogéneo en la población estudiada. Resultados similares de una ingesta promedio por debajo de las recomendaciones, con gran variabilidad entre individuos han sido reportados en el estudio de Hilger et al¹⁷ quienes también reportaron una ingesta promedio por debajo de las recomendaciones, con gran variabilidad entre individuos. Asimismo, estudios en Bélgica y Estados Unidos han documentado que detrás de un promedio aparentemente bajo, existe un subgrupo de estudiantes que consume dietas de baja calidad, caracterizadas por un alto contenido de grasas saturadas y AUP^{18,19}. En cuanto a la grasa saturada se reportó una ingesta de $0,47 \pm 0,71$ g lo cual fue significativamente inferior al límite máximo recomendado por la OMS²⁰.

Tabla 2. Media y rango de energía y variables dietéticas en el consumo de alimentos de los estudiantes universitarios (n=43), por sexo y total

Sexo	Nutriente	Media $\pm$ DE*	Mínimo	Máximo
Femenino (n =17)	Energía (kcal)	2.079 $\pm$ 1.447	831	5.984
	Azúcar añadido (g)	29,62 $\pm$ 69,92	0	108,57
	Sodio (mg)	2.397 $\pm$ 1.164	671	4.075
	Grasas saturadas (g)	25,25 $\pm$ 24,44	5,10	94,25
	Grasas trans (g)	0,502 $\pm$ 0,71	0	2,99
	Fibra (g)	13,13 $\pm$ 8,51	0,76	27,75
	Proteína (g)	62,11 $\pm$ 36,56	21,52	141,94
Masculino (n=26)	Energía (kcal)	2.495 $\pm$ 1.226	698	5.592
	Azúcar añadido (g)	32,44 $\pm$ 34,44	0	122,16
	Sodio (mg)	3.264 $\pm$ 1.589	781	7.484
	Grasas saturadas (g)	29,43 $\pm$ 16,79	3,16	69,38
	Grasas trans (g)	0,455 $\pm$ 0,717	0	2,78
	Fibra (g)	17,89 $\pm$ 12,28	0,52	54,27
	Proteína (g)	85,62 $\pm$ 37,14	27,87	182,23
Total (n=43)	Energía (kcal)	2.331 $\pm$ 1.317	698	5.984
	Azúcar añadido (g)	31,3 $\pm$ 33,7	0	122,16
	Sodio (mg)	2.921 $\pm$ 1.485	671	7.484
	Grasas saturadas (g)	27,8 $\pm$ 20	3,160	94,3
	Grasas trans (g)	0,474 $\pm$ 0,71	0	2,99
	Fibra (g)	16,0 $\pm$ 11,1	0,520	54,3
	Proteína (g)	76 $\pm$ 38	22	182

Fuente: elaboración propia. * DE: Desviación estándar.

Este resultado concuerda con estudios recientes en poblaciones universitarias, como el estudio de Sánchez et al²¹ en España, que reportó una ingesta del 0,56% de la energía total, lo que constituye un factor protector para la salud.

La ingesta promedio diaria de sodio 2.921 $\pm$ 1.485 mg superó el umbral recomendado de 2.300 mg/día, lo cual constituye un factor de riesgo para el desarrollo de hipertensión y otras enfermedades cardiovasculares²². De igual forma, la ingesta promedio de azúcares añadidos superó los límites propuestos por el Comité de Nutrición de la Sociedad Europea de Gastroenterología, Hepatología y Nutrición Pediátrica (ESPGHAN), que

establece un consumo menor al 5% de la ingesta calórica total, sugiriendo que la población estudiada presenta una elevada susceptibilidad a la SO y a las enfermedades crónicas relacionadas con la alimentación²³.

La ingesta de fibra (16 $\pm$ 11,1 g/día) se encontró por debajo de las recomendaciones dietéticas consideradas (44,9 $\pm$ 11,3 g/día), sugiriendo una baja inclusión de alimentos de origen vegetal, cereales integrales y con predominancia de AUP que son bajos en fibra, con potencial impacto negativo sobre el estado nutricional y la salud metabólica de los adolescentes²⁴. Respecto a la ingesta promedio de proteína

Tabla 3. Porcentaje de estudiantes universitarios por sexo, según la circunferencia de la cintura (cm), IMC (kg/m²), porcentaje de grasa corporal, grasa visceral y nivel de actividad física en estudiantes universitarios (n=43)

Circunferencia de cintura			
Sexo	Riesgo bajo	Riesgo elevado	Riesgo Muy elevado
Femenino (n = 17)	29,4% (n = 5)	52,9% (n = 9)	17,7% (n = 3)
Masculino (n = 26)	69,2% (n = 18)	26,9% (n = 7)	3,9% (n = 1)
Total (n = 43)	53,5% (n = 23)	37,2% (n = 16)	9,3% (n = 4)
Categoría de IMC			
Sexo	Peso normal	Sobrepeso	Obesidad
Femenino (n = 17)	64,7% (n=11)	29,4% (n=5)	5,9% (n=1)
Masculino (n =26)	61,5% (n=16)	30,8% (n=8)	7,7% (n=2)
Total (n = 43)	62,8% (n=26)	30,2% (n=13)	7,0% (n=3)
Porcentaje de grasa corporal*			
Sexo	Bajo	Elevado	Muy elevado
Femenino (n = 17)	0,0% (n=0)	47,1% (n=8)	17,7% (n=3)
Masculino (n = 26)	3,9% (n=1)	15,4% (n=4)	23,1% (n=6)
Total (n = 43)	2,3% (n=1)	27,9% (n=12)	20,9% (n=9)
Grasa visceral			
Sexo	Normal	Elevado	Muy elevado
Femenino (n = 17)	82,4% (n=14)	17,7% (n=3)	0,0% (n=0)
Masculino (n = 26)	73,1% (n=19)	23,1% (n=6)	3,9% (n=1)
Total (n = 43)	76,7% (n=33)	20,9% (n=9)	2,3% (n=1)
Actividad física			
Sexo	Bajo	Moderado	Alto
Femenino (n=17)	5,9% (n=1)	41,2% (n=7)	52,9% (n=9)
Masculino (n=26)	3,9% (n=1)	26,9% (n=7)	69,2% (n=18)
Total (n=43)	4,7% (n=2)	32,6% (n=14)	62,7% (n=27)

Fuente: elaboración propia.

* Por cuestiones de organización de datos, no se colocó el valor de porcentaje de población con %grasa corporal normal.

(76 ± 38 g/día), se estimó un consumo mayor que el recomendado (55 ± 12,8 g/día), debido a que el comedor universitario brinda carne dos veces al día durante todo el año académico.

En el presente estudio se estimó que el 62,8% del total de la población se clasificó dentro del rango normal del estado nutricional según los criterios internacionales. Sin embargo, el

37,2% de los estudiantes presentó SO. Resultados similares fueron reportados en un estudio realizado en México, en el que 40,0% de 154 estudiantes universitarios presentó SO según su IMC²⁵, lo cual representa una importante proporción de jóvenes afectados y con riesgo de enfermedades crónicas.

En cuanto a la CC, el nivel elevado y muy elevado en los participantes en este estudio sugiere la acumulación pronun-

Tabla 4. Correlación de Spearman entre el IMC y las variables dietéticas relacionadas con el consumo energético, de nutrientes críticos, proteína y fibra, en estudiantes universitarios que consumen AUP (n=43)

Variables	Coefficiente de Correlación (rho)	p-valor*
IMC y Energía (Kcal)	-0,21	0,18
IMC y Azúcar	-0,21	0,18
IMC y Grasas saturadas	-0,20	0,19
IMC y Grasas trans	0,15	0,35
IMC y Sodio	0,04	0,79
IMC y Proteína	-0,16	0,31
IMC y Fibra	-0,12	0,46

Fuente: Elaboración propia.

Ho: No existe una correlación lineal ($p > 0,10$); Ha: Existe una correlación lineal ($p < 0,10$).

* rho: coeficiente de correlación de Spearman.

** No hubo variación en la clasificación de los resultados.

ciada de grasa visceral o abdominal, estos hallazgos concuerdan con estudios que destacan a la CC como un indicador más sensible y específico para estimar el riesgo cardio metabólico que el IMC. Este tiene limitaciones en la predicción de obesidad y sobrepeso, por lo cual es importante realizar otras medidas de composición corporal, como porcentaje de masa corporal, grasa visceral, etc²⁶.

La proporción de participantes que presenta un alto y muy alto riesgo de enfermedades cardiovasculares según su porcentaje de grasa corporal fue 48,8%, que difiere de lo estimado por Yaguachi et al²⁷, que el 19,4% de la población estudiada reflejaba un nivel alto de grasa y obesidad. Este tipo de hallazgos refuerza la importancia de considerar varios indicadores al evaluar el estado nutricional y la composición corporal. De hecho, a diferencia de los indicadores anteriores, la grasa visceral mostró una distribución más favorable, ya que el 23,2% de los estudiantes universitarios presentaron niveles elevados y muy elevados de grasa visceral, sugiriendo que esta parte de la población presenta riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas como la diabetes tipo 2 y la resistencia a insulina²⁸.

En contraste con algunos estudios²⁹ en los que predominaron niveles bajos y moderados de AF, la población del presente estudio mostró una prevalencia considerablemente más alta de AF. Este resultado podría explicarse por el estilo de vida particular de los estudiantes de la Universidad Zamorano, donde las actividades académicas se complementan con prácticas diarias (modelo "aprender haciendo") que demandan esfuerzo físico, además de las distancias que se deben recorrer a pie o en bicicleta entre las residencias, los salones de clase, las áreas de práctica y el comedor. Asimismo, la disponibilidad

de dos gimnasios dentro del campus puede favorecer una mayor frecuencia de ejercicio estructurado entre los estudiantes. De hecho, diversos estudios evidencian que la infraestructura accesible, la exigencia física incorporada al entorno académico y familiar, y el diseño de los campus son factores que influyen en la conducta en estudiantes universitarios³⁰.

El análisis de correlación entre el IMC y las variables dietéticas no mostró asociaciones estadísticamente significativas ($p > 0,10$). Este resultado podría estar relacionado con aspectos metodológicos como el uso de un solo recordatorio de 24 horas y el tamaño limitado de la muestra, lo cual restringe la capacidad para detectar asociaciones sutiles y generar los resultados de la población estudiada. Estos hallazgos han sido identificados en la revisión sistemática de Robles et al³¹ quienes concluyeron que la evidencia actual sobre la relación entre el consumo de AUP y el exceso de adiposidad en adolescentes es inconclusa. Mientras que algunos estudios de cohorte encontraron asociaciones positivas, la mayoría de los estudios transversales no reportaron relaciones significativas, destacando así las limitaciones metodológicas y la necesidad de realizar investigaciones longitudinales sobre este tema³² y más robustas a través de un mayor tamaño de muestra.

CONCLUSIÓN

El patrón alimentario se caracterizó por una ingesta elevada de nutrientes críticos (azúcar, sodio) relacionada con el consumo de AUP, así como un consumo elevado de proteína, pero insuficiente consumo de fibra. Asimismo, un tercio de la población presentó sobrepeso y obesidad.

La circunferencia de cintura reveló riesgo cardio metabólico en uno de cada dos estudiantes, reforzado por los ha-

llazgos de grasa corporal y visceral. No obstante, aunque se observó un nivel alto de actividad física, esto no resultó suficiente para disminuir los porcentajes de grasa visceral y corporal. Por otra parte, no se evidenció una relación estadísticamente significativa entre el consumo de AUP y el estado nutricional según el IMC.

Se recomienda promover la reformulación de alimentos para incluir la oferta de alimentos reducidos en nutrientes críticos y mejorar el contenido de fibra, así como implementar de manera constante programas extracurriculares, competencias deportivas y maratones dirigidos a los estudiantes, con el fin de promover la práctica regular de ejercicios físicos, favoreciendo la reducción de la grasa corporal.

AGRADECIMIENTO

Los autores expresan su agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este estudio, y en especial al Institute for Technology in Health Care (ITHC) por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS

- Gaete V. Adolescent psychosocial development. *Rev Chil Pediatr*. 2015;86(6):436-43. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.07.005>
- Villa S, Agamez N, Robles C, Mozo L, Baena R. Lifestyles related to cardiovascular risk factors in Health Sciences students. 2020; 14(3). e14307 http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1988-348X2020000300007&lng=es
- Keller A, Bucher Della Torre S. Sugar-sweetened beverages and obesity among children and adolescents: A review of systematic literature reviews. *Child Obes*. 2015; 11(4): 338-346. doi:10.1089/chi.2014.0117
- Vergara DRC, Salazar AM, Cornejo V, Andrews M, Agüero SD, Leal-Witt MJ. Ultra-processed foods and their relationship with obesity and other chronic non-communicable diseases: a systematic review. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2021;27(3):214-222. https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2021_3_art_10.pdf
- Juul F, Martinez-Steele E, Parekh N, Monteiro CA, Chang VW. Ultra-processed food consumption and excess weight among US adults. *Br J Nutr*. 2018;120(1): 90-100. DOI: 10.1017/S0007114518001046
- Monteles N L, Santos O K dos, Gomes KRO, Pacheco R MT, Gonçalves F K de M. The impact of consumption of ultra-processed foods on the nutritional status of adolescents. *Revista Chilena de Nutrición*. 2019;46(4):429-435. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182019000400429>.
- Martínez Steele E, Baraldi LG, Louzada ML da C, Moubarac J-C, Mozaffarian D, Monteiro CA. Ultra-processed foods and added sugars in the US diet: evidence from a nationally representative cross-sectional study. *BMJ Open*. 2016; 6(3): e009892. DOI: 10.1136/bmjopen-2015-009892
- Monteiro CA, Cannon G, Moubarac J-C, Levy RB, Louzada MLC, Jaime PC. The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing. *Public Health Nutr*. 2018;21(1):5-17. doi: 10.1017/S1368980017000234
- Vergara DRC, Salazar AM, Cornejo V, Andrews M, Agüero SD, Leal-Witt MJ. Ultra-processed foods and their relationship with obesity and other chronic non-communicable diseases: a systematic review. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2021;27(3):214-222. [internet]. [cited august 23, 2025]. https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/RENC_2021_3_art_10.pdf
- Rodríguez LAJ, Suárez RG, Ospina JSJ. Relationship between ultra-processed food intake and quality of life in the university population. *Foes*. 2021;3(02):65-80. [internet]. [cited july 23, 2025]. <https://formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/108>
- Nardocci M, Leclerc B-S, Louzada M-L, Monteiro CA, Batal M, Moubarac J-C. Consumption of ultra-processed foods and obesity in Canada. *Can J Public Health*. 2019;(110) 4-14 DOI: 10.17269/s41997-018-0130-x
- Maffeis C, Banzato C., Talamini G. Waist to height ratio, a useful index to identify high metabolic risk in overweight children. *J Pediatr*, 2008; 152: 207-213. DOI: 10.1016/j.jpeds.2007.09.021
- World Health Organization. Growth reference data for 5-19 years. Ginebra, 2007. [internet]. [cited august 20, 2025]. <https://www.who.int/tools/growth-reference-data-for-5to19-years>
- McCarthy HD, Cole TJ, Fry T, Jebb SA, Prentice AM. Body fat reference curves for children. *Int J Obes (Lond)*. 2006;30(4):598-602. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803232
- Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(3): 694-701. DOI: 10.1093/ajcn/72.3.694
- Garrido-Arismendis J-J, Huaman-Romani Y-L, Calla-Chumpisuca Y-R, Leon-Ramirez A, Bellido-Ascarza Y. Perspective on the consumption of ultra-processed foods among university students. 2024;7(2):784-794. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v7i2.2892>
- Hilger J, Loerbroks A, Diehl K. Eating behaviour of university students in Germany: Dietary intake, barriers to healthy eating and changes in eating behaviour since the time of matriculation. *Appetite* 2017; 109:100-107 <http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2016.11.016>
- Yahia N, Brown CA, Rapley M, Chung M. Level of nutrition knowledge and its association with fat consumption among college students. *BMC Public Health*. 2016;16(1):1047. <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-016-3728-z>
- Sogari G, Velez-Argumedo C, Gómez MI, Mora C. College students and eating habits: A study using an Ecological Model for healthy behavior. *Nutrients*. 2018;10(12):18-23. <http://dx.doi.org/10.3390/nu10121823>
- World Health Organization. Trans fats. Ginebra WHO; 2024. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/trans-fat>
- Sánchez Socarrás V, Aguilar Martínez A. Food habits and health-related behaviors in a university population. *Nutr Hosp*. 2014; 31(1):449-457. <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7412>

22. World Health Organization. WHO guidance on sodium intake in adults and children. Geneva: WHO; 2013. [Internet]. [cited July 24, 2025]. Available from: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/77985/9789241504836_eng.pdf
23. Fidler Mis N, Braegger C, Bronsky J, Campoy C, Domellöf M, Embleton ND, et al. Sugar in infants, children and adolescents: A position paper of the European society for paediatric gastroenterology, hepatology and nutrition committee on nutrition. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2017;65(6):681-696. DOI: 10.1097/MPG.0000000000001733
24. Louzada ML da C, Baraldi LG, Steele EM, Martins APB, Canella DS, Moubarac J-C, et al. Consumption of ultra-processed foods and obesity in Brazilian adolescents and adults. *Prev Med.* 2015; 81:9-15. DOI: 10.1016/j.ypmed.2015.07.018
25. Aschner P, Ruiz A, Balkau B, Massien C, Haffner SM, Latin America and the Caribbean International Day for Evaluation of Abdominal Adiposity (IDEA) National Coordinators and Investigators. Association of abdominal adiposity with diabetes and cardiovascular disease in Latin America. *J Clin Hypertens (Greenwich).* 2009;11(12): 769-774. DOI: 10.1111/j.1559-4572.2008.00051.x
26. Lizana PA, Lera L, Albala C. Obesity in Chilean schoolchildren and the importance of the diagnostic criteria: Body mass index, body fat percentage, and biotype. En: Human Growth and Nutrition in Latin American and Caribbean Countries. Cham: *Springer International Publishing*; 2023; 291-304. DOI: 10.1007/978-3-031-27848-8_14
27. Yaguachi Alarcón RA, Reyes López MF, González Narváez MA, Poveda Llor CL. Patrones alimentarios, estilos de vida y composición corporal de estudiantes admitidos a la universidad. *Nutr clín diet hosp.* 2020;40(2):173-80. <http://dx.doi.org/10.12873/402yaguachi>
28. Sollano Trejo OA, Romero García T, Jaramillo Ramírez HJ, Trejo Trejo M, Leija Montoya AG, Vázquez Jiménez JG. Association between visceral fat and components of metabolic syndrome in young Mexicans: a preliminary study. *Nutr clín diet hosp.* [Internet]. 2025 Jul. 31 [cited 2025 Nov. 7];45(2). Available from: <http://dx.doi.org/10.12873/452sollano>
29. Herreros-Irarrázabal D, González-López MF, Nuche-Salgado R, de Souza-Lima J, Mahecha-Matsudo S. Physical activity levels and sedentary behaviour according to sex, age, BMI, academic year, and country among medical students in Latin America. *BMC Public Health.* 2024;24(1):16-99. DOI: 10.1186/s12889-024-19133-1
30. Caro-Freile A, Rebolledo-Cobo R, Yépez-Charris Y, Jurado-Castro V, Barrios-Pertuz Y. Factores ambientales relacionados con la actividad física en universitarios de una institución en Barranquilla, Colombia. *Duazary.* 2022;19(1):15-27. DOI: 10.21676/2389783X.4492
31. Robles B, Mota-Bertran A, Saez M, Solans M. Association between ultraprocessed food consumption and excess adiposity in children and adolescents: A systematic review. *Obes Rev.* 2024;25(10): e13796. DOI: 10.1111/obr.13796
32. De Amicis R, Mambrini SP, Pellizzari M, Foppiani A, Bertoli S, Battezzati A, et al. Ultra-processed foods and obesity and adiposity parameters among children and adolescents: a systematic review. *Eur J Nutr.* 2022;61(5):2297-2311. DOI: 10.1007/s00394-022-02873-4

Consumo de alimentos ultraprocesados y estado nutricional en gestantes peruanas atendidas en un centro de salud materno infantil

Consumption of ultra-processed foods and nutritional status in pregnant peruvian women treated at a maternal and child health center

Angie Silvana PAJUELO MADUEÑO¹, Sandra Nataly TTUPA CAPISTRANO¹, Yuliana Yessy GOMEZ RUTTI¹, Maria Antonieta TOURIZ BONIFAZ², Angela Germania MONSERRATE ROMERO³, William Johnny JIMÉNEZ JIMÉNEZ³

¹ Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle- Perú.

² Universidad Católica de Santiago de Guayaquil -Ecuador.

³ Universidad de Guayaquil – Ecuador.

Recibido: 1/octubre/2025. Aceptado: 15/diciembre/2025.

RESUMEN

Introducción: El embarazo requiere una nutrición adecuada, pues una dieta deficiente puede afectar la salud materno-fetal.

Objetivo: Determinar la relación entre el consumo de alimentos ultraprocesados y el estado nutricional en gestantes peruanas atendidas en un Centro de Salud Materno Infantil.

Materiales y Métodos: Estudio no experimental, transversal descriptivo-correlacional. La muestra estuvo conformada por 159 gestantes que se encuentran en el 2.º y 3.º trimestre de embarazo, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia. La encuesta fue validada y aplicada por nutricionistas entrevistadores, consta de 17 preguntas sobre consumo de ultraprocesados, se consideraron los puntajes del baremo con los niveles bajo consumo (17-51 puntos) y alto consumo (52-85 puntos). El IMC pregestacional y la ganancia de peso se obtuvo de las tarjetas de control de embarazo del Centro de Salud. Se analizaron los datos empleando la prueba estadística de Spearman para relacionar el consumo de alimentos ultraprocesados y los indicadores antropométricos, con un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Resultados: Respecto al IMC pregestacional, el 40,3% de las gestantes presentó sobrepeso y el 22,6% obesidad. El 39,0% tuvo una ganancia de peso elevada y el 32,7% una ganancia adecuada. Asimismo, el 58,5% reportó un alto consumo de alimentos ultraprocesados. Existe asociación positiva entre los alimentos ultraprocesados y el IMC PG ($Rho = 0,215$; $p = 0,006$), especialmente los snacks, galletas, cereales endulzados, queques y bizcochos, golosinas, bebidas gaseosas, energizantes, yogurt, leche chocolatada y sazónadores, que se asocian con un mayor IMC en gestantes ($p < 0,05$).

Conclusión: El consumo de alimentos ultraprocesados se relaciona con un mayor IMC pregestacional. La elevada frecuencia de ingesta de productos como snacks, galletas, cereales endulzados, queques y bizcochos, golosinas, bebidas gaseosas, energizantes, yogurt industrializado, leche chocolatada y sazónadores refleja un patrón alimentario poco saludable en las gestantes.

PALABRAS CLAVE

Patrones alimentarios; IMC pregestacional; Ganancia ponderal gestacional; Salud materna.

ABSTRACT

Introduction: Pregnancy requires adequate nutrition, as a poor diet can affect maternal and fetal health.

Correspondencia:
Yuliana Yessy Gomez Rutti
ygomez@une.edu.pe

Objective: To determine the relationship between the consumption of ultra-processed foods and nutritional status in Peruvian pregnant women treated at a Maternal and Child Health Center.

Materials and Methods: Non-experimental, cross-sectional descriptive-correlational study. The sample consisted of 159 pregnant women in their second and third trimesters of pregnancy. Sampling was non-probabilistic and based on convenience. The survey was validated and administered by nutritionist interviewers and consisted of 17 questions on the consumption of ultra-processed foods. Scores were considered on a scale of low consumption (17-51 points) and high consumption (52-85 points). Pre-pregnancy BMI and weight gain were obtained from the Health Center's pregnancy check-up cards. The data were analyzed using Spearman's statistical test to relate the consumption of ultra-processed foods and anthropometric indicators, with a significance level of $p < 0.05$.

Results: Regarding pre-pregnancy BMI, 40.3% of pregnant women were overweight and 22.6% were obese. Thirty-nine point zero percent had high weight gain and 32.7% had adequate weight gain. Likewise, 58.5% reported high consumption of ultra-processed foods. There is a positive association between ultra-processed foods and PG BMI ($Rho = 0.215$; $p = 0.006$), especially snacks, cookies, sweetened cereals, cakes and biscuits, sweets, soft drinks, energy drinks, yogurt, chocolate milk, and seasonings, which are associated with a higher BMI in pregnant women ($p < 0.05$).

Conclusion: The consumption of ultra-processed foods is related to a higher pre-pregnancy BMI. The high frequency of intake of products such as snacks, cookies, sweetened cereals, cakes and biscuits, sweets, soft drinks, energy drinks, industrialized yogurt, chocolate milk, and seasonings reflects an unhealthy eating pattern in pregnant women.

KEYWORDS

Eating patterns; Pregnancy weight gain; Maternal health; Pre-pregnancy BMI.

LISTA DE ABREVIATURAS

OMS: Organización Mundial de la Salud.

IMC: Índice de masa corporal.

PG: Pregestacional.

MINSA: Ministerio de Salud.

INS: Instituto Nacional de Salud.

INTRODUCCIÓN

Tres mil millones de personas en todo el mundo viven con sobrepeso u obesidad¹, lo que aumenta el riesgo de enfer-

medades no transmisibles y muerte prematura². Una de las causas se debe a los importantes cambios en el entorno alimentario, en particular, a la mayor accesibilidad y consumo de alimentos ultraprocesados³.

Las ventas de alimentos ultraprocesados han ido en aumento en el Perú; esto se vincula al incremento de peso corporal e hipertensión, sobre todo en la población adulta joven y adolescente⁴.

Los alimentos ultraprocesados, formulados a partir de sustancias extraídas de alimentos o derivadas de sus componentes, pueden ser un factor de riesgo conductual que puede provocar resultados adversos en la salud materna e infantil, como los cambios de peso materno, la salud cardiometabólica y el crecimiento infantil⁵. Estos alimentos tienen altos niveles de sodio, grasas saturadas y azúcar⁶, que son factores importantes relacionados con la morbilidad y mortalidad en la gestante⁷.

Los alimentos ultraprocesados se han vuelto cada vez más frecuentes en las dietas modernas y se caracterizan por su alta densidad energética, contenido elevado de azúcares añadidos, grasas trans, grasas saturadas y sodio, además de su bajo aporte de fibra y micronutrientes esenciales. Este tipo de productos, de bajo valor nutricional y excesivamente procesados, están desplazando a los alimentos frescos y mínimamente procesados que forman la base de las dietas saludables tradicionales. Su consumo se ha asociado con consecuencias negativas para la salud, como el desarrollo de enfermedades crónicas. No obstante, pese al posible impacto que la ingesta de los alimentos ultraprocesados durante el embarazo podría tener en la salud maternoinfantil, la investigación disponible en este campo aún es limitada⁸.

Existe poca evidencia sobre las variables del estudio, es por ello que el presente estudio determinó la relación entre la ingesta de alimentos ultraprocesados durante el embarazo y el estado nutricional materno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y área de estudio

El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, diseño no experimental, transversal, descriptivo y correlacional. Desarrollado en gestantes que acuden al Centro de Salud Materno Infantil ubicado en Jicamarca, Lima, entre los meses de junio y agosto de 2024.

Población y muestra

La población de estudio está conformada por un grupo de 198 gestantes que acudieron al centro de salud materno-infantil. La muestra estuvo consolidada por 159 gestantes de 18 a 40 años que se encuentran en el 2.º y 3.er trimestre de embarazo; el muestreo fue no probabilístico por conveniencia.

Se incluyó a gestantes de 18 a 40 años de edad, que se encuentren en el 2.º y 3.er trimestre de embarazo, con embarazo único, que tengan completos los datos antropométricos en su tarjeta de control de peso, talla antes y durante la gestación, con dos atenciones perinatales mínimas y acepten participar voluntariamente en la investigación. Se excluyeron a gestantes que tengan algún tipo de discapacidad que interfiera con su capacidad para comprender y participar en la investigación, con embarazo múltiple, con patologías crónicas o agudas que puedan modificar de manera importante la ingesta alimentaria, el metabolismo o el estado nutricional (diabetes mellitus pregestacional, enfermedad tiroidea no controlada, enfermedad renal o hepática crónica, enfermedades gastrointestinales con malabsorción, cáncer en tratamiento, infección por VIH/SIDA, así como trastornos psiquiátricos graves y de la conducta alimentaria), carencia de apetito, náuseas o vómitos.

Instrumentos y variables

La técnica utilizada fue la antropometría, el estado nutricional se determinó a través de la medición del IMC PG, la ganancia de peso, recolectada de las tarjetas de control de embarazo.

Para la variable estado nutricional, se utilizó la medida antropométrica IMC antes del embarazo. El procedimiento incluyó la evaluación del peso habitual y la altura de las gestantes para calcular el IMC pregestacional mediante el tallímetro y la balanza, en el cual se consideró el IMC PG delgadez ($< 18,5 \text{ kg/m}^2$), normal ($18,5 - 24,9 \text{ kg/m}^2$), sobrepeso ($25 - 29,9 \text{ kg/m}^2$), obesidad ($\geq 30 \text{ kg/m}^2$)⁸.

Posteriormente, se registró la ganancia de peso a partir de la diferencia entre el peso actual y el peso habitual de las gestantes y se clasificó según el índice de masa corporal (IMC) pregestacional, la ganancia de peso recomendada durante la gestación varía de la siguiente manera: en mujeres con bajo peso ($\text{IMC} < 18,5 \text{ kg/m}^2$) se sugiere un incremento de peso de 12,5 a 18,0 kg; en aquellas con IMC normal ($18,5 - 24,9 \text{ kg/m}^2$), entre 11,5 y 16,0 kg; en gestantes con sobrepeso ($25 - 29,9 \text{ kg/m}^2$), de 7,0 a 11,5 kg; y en mujeres con obesidad ($\text{IMC} \geq 30 \text{ kg/m}^2$), de 5,0 a 9,0 kg, para determinar la evolución del estado nutricional de las embarazadas^{9,10}. De acuerdo a los resultados obtenidos, la ganancia de peso se categorizó como ganancia adecuada si se encuentra en los rangos establecidos, baja ganancia de peso si no alcanza los valores mínimo y alta ganancia de peso si el valor de peso ganado se encuentra fuera de los valores máximos mencionados anteriormente^{9,10}.

La técnica utilizada fue la encuesta de frecuencia de consumo de alimentos ultraprocesados, creada por Mamani, la cual fue modificada y adaptada¹¹. El instrumento constó de 13 indicadores (Snacks dulces y salados, galletas, cereales endulzados, queques y bizcochos, golosinas y caramelos, helados industriales, sopas instantáneas envasadas, cremas

instantáneas envasadas, embutidos, comida rápida, untables, sazónadores y bebidas), en el cual se presentó un laminario para la exhibición de alimentos ultraprocesados. Tuvo 17 preguntas con una puntuación de 1 a 5 por cada pregunta fueron: nunca = 1, 1 a 3 veces al mes = 2, 1 vez a la semana = 3; 2 a 6 veces a la semana = 4 y diario = 5, resultando el puntaje mínimo 17 puntos y el máximo 85, se construyó la escala de valoración para los niveles bajo consumo (17-51 puntos), y alto consumo (52-85 puntos), siendo la escala de baremación del percentil 50.

Este cuestionario contó con una validez mediante un juicio de expertos; fueron cinco los profesionales en nutrición quienes realizaron la validez de contenido por juicio de expertos, obteniendo una validez de 100%. Además, se desarrolló una prueba piloto en 17 gestantes. La confiabilidad se estableció por el coeficiente de alfa de Cronbach, siendo el valor de 0,834.

Procedimiento de recopilación de datos

Se identificó a las gestantes que acudieron al Centro de Salud Materno Infantil. La entrevista con las gestantes inició con un saludo y se explicaron los objetivos de la investigación. Se consiguió que voluntariamente participaran de la investigación firmando el consentimiento informado. La encuesta de frecuencia de consumo de alimentos ultraprocesados tuvo una duración aproximada de 15 minutos por gestante; además, se recopiló la información nutricional (peso, talla, IMC PG y ganancia de peso) de su tarjeta de control prenatal del Centro de Salud Materno Infantil. Se finalizó agradeciendo por su participación.

Análisis Estadístico

El análisis de los datos se realizó utilizando el programa estadístico SPSS versión 27. Se efectuó un análisis descriptivo de las variables y posteriormente se aplicó la prueba de correlación de Spearman, considerando como variable ordinal el consumo de ultraprocesados y como variables cuantitativas la ganancia de peso y el IMC pregestacional. Se estableció un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Cuestiones éticas

La investigación aplicó las normas bioéticas establecidas por la Declaración de Helsinki¹², el Código Nacional de Integridad Científica, emitido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC)¹³. El proyecto fue aprobado con RESOLUCIÓN N°283-2025-D-FAN por la Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.

RESULTADOS

La edad promedio de las gestantes fue de 28 años ($DE=5,8$). La mayoría de las gestantes tuvieron entre 30 y 35 años (35,9%), con predominio de estudios secundarios (57,9%); el

52,8% se encontraron en el tercer trimestre de embarazo. En relación con el IMC pregestacional, el 40,3% de las gestantes presentó sobrepeso y el 22,6% obesidad. En cuanto a la ganancia de peso, el 39,0% mostró una ganancia elevada y el 32,7% una ganancia adecuada. Finalmente, más de la mitad de las participantes, el 58,5%, reportaron un alto consumo de alimentos ultraprocesados (Tabla 1).

En la tabla 2, el peso pregestacional promedio fue de 62,6 kg y el actual de 68,9 kg, la ganancia de peso fue de 6,24 kg y el IMC PG fue de 26,97 kg/m².

En la figura 1, se evidenció una correlación positiva baja y estadísticamente significativa entre el IMC pregestacional y el consumo de alimentos ultraprocesados ($Rho = 0,215$; $p = 0,006$); sin embargo, no se encontró relación entre la ganancia de peso ($Rho = 0,043$; $p = 0,587$).

Se evidenció que la mayoría de las gestantes presentó un consumo predominantemente semanal de alimentos ultraprocesados, resaltando los snacks dulces y salados (59,1%), las galletas (59,8%), los cereales endulzados (61,6%), los queques y bizcochos (60,3%) y las bebidas gaseosas (62,3%).

Además, se encontró una asociación positiva baja y significativa entre la ingesta de estos productos y el IMC PG, especialmente en snacks, galletas, cereales endulzados, queques, bebidas azucaradas y energizantes ($p < 0,05$; Rho entre 0,18 y 0,25). Los demás alimentos ultraprocesados no mostraron relaciones estadísticamente significativas.

En la Figura 2 se observó que una mayor frecuencia de consumo de cereales endulzados y yogurt industrializado en las gestantes se asoció con un incremento estadísticamente significativo del IMC PG ($p = 0,005$). No obstante, la magnitud de la asociación fue baja ($Rho = 0,221$ y $Rho = 0,147$, respectivamente).

DISCUSIÓN

Los resultados del estudio muestran que el consumo de alimentos ultraprocesados guarda una relación positiva y significativa con el IMC pregestacional, lo cual concuerda con la evidencia científica que vincula este tipo de productos con un mayor riesgo de sobrepeso y obesidad. La nutrición en la mujer gestante constituye un desafío de interés, ya que en el embarazo se produce un aumento del gasto metabólico y los requerimientos energéticos, de manera que el aporte de nutrientes debe ser adecuado en cantidad, calidad y distribución, para garantizar un proceso de embriogénesis y desarrollo fetal adecuados¹⁴.

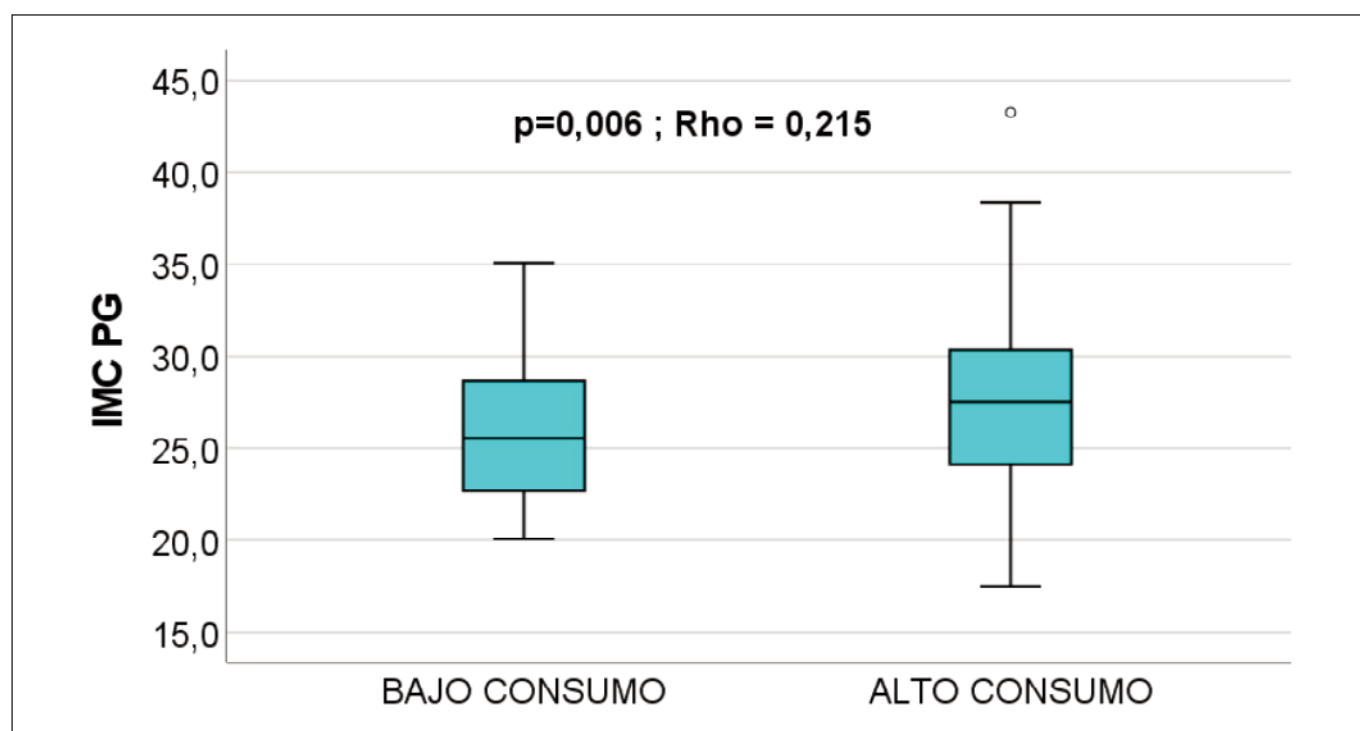
La investigación halló una asociación positiva y significativa entre la ingesta de estos productos y el IMC PG, especialmente en snacks, galletas, cereales endulzados, queques, bebidas azucaradas y energizantes ($p < 0,05$; Rho entre 0,18 y 0,25).

Tabla 1. Características sociodemográficas y antropométricas de las gestantes atendidas en el Centro Materno Infantil de Jicamarca

Variables	n	%
Características sociodemográficas		
Edad		
18-23	35	22,01
24-29	43	27,04
30-35	57	35,86
36-40	24	15,09
Grado de instrucción		
Sin estudios	2	1,3
Primaria	17	10,6
Secundaria	92	57,9
Superior	48	30,2
Trimestre de embarazo		
2° trimestre	75	47,2
3° trimestre	84	52,8
Indicadores antropométricos		
IMC PG (Kg/m²)		
Delgadez	2	1,3
Normal	57	35,8
Sobrepeso	64	40,3
Obesidad	36	22,6
Ganancia de peso		
Baja ganancia	45	28,3
Adecuada ganancia	52	32,7
Alta ganancia	62	39,0
Nivel de consumo de ultraprocesados		
Alto	93	58,5
Bajo	66	41,5
Total	159	100

Tabla 2. Indicadores antropométricos de las gestantes atendidas en el Centro Materno Infantil de Jicamarca

Indicadores antropométricos	Media	DE	Mínimo	Máximo
Peso PG (kg)	62,63	11,72	41,00	100,00
Peso actual (kg)	68,87	11,11	45,00	100,00
IMC actual (Kg/m ²)	29,68	4,26	20,66	43,28
IMC PG (Kg/m ²)	26,97	4,54	17,51	43,28
Ganancia de peso (kg)	6,24	5,03	-5,00	21,00
Semana de gestación	27,57	8,06	14,00	40,00

**Figura 1.** Consumo de alimentos ultraprocesados e IMC PG

El estudio evidenció una elevada frecuencia de ingesta de snacks, galletas, cereales endulzados, queques, golosinas, bebidas azucaradas, energizantes, yogurt industrializado, leche chocolatada y sazonzadores refleja la influencia de patrones alimentarios poco saludables en el estado nutricional de las gestantes¹⁵. El ultraprocesado, por su alta densidad calórica, exceso de azúcares añadidos, grasas saturadas, sodio y aditivos, afecta la programación fetal humana, en particular la acumulación de grasas fetal^{16,17}. Esto ocasiona el riesgo de futuras enfermedades metabólicas.

Whyte et al; establecieron que las gestantes consumieron más calorías de las proporcionadas y aumentaron más de

peso a pesar de recibir dietas calóricas adaptadas, por el consumo de alimentos ultraprocesados¹⁸. Srou et al, en algunos estudios de diferentes países informan asociaciones significativas entre el consumo de alimentos ultraprocesados y la obesidad, las enfermedades no transmisibles (ENT) y otras perturbaciones metabólicas en las poblaciones a lo largo del ciclo de vida¹⁹. Otro estudio evidenció que una mayor proporción de la dieta compuesta por UPF aumenta el riesgo de complicaciones maternas como diabetes gestacional y preeclampsia²⁰. El consumo elevado de alimentos ultraprocesados durante el embarazo se asoció positivamente con diversos resultados adversos materno-infantiles,

Tabla 3. Frecuencia del consumo de alimentos ultraprocesados e IMC PG de las gestantes atendidas en el Centro Materno Infantil de Jicamarca

Alimento	Nunca n (%)	Mensual n (%)	Semanal n (%)	Diario n (%)	p-valor	Rho	IC95%
Snacks dulces y salados	22 (13,8)	33 (20,8)	94 (59,1)	10 (6,3)	0,002	0,246	0,094 – 0,387
Galletas (saladas, dulces o sin relleno)	19 (11,9)	40 (25,2)	95 (59,8)	5 (3,1)	0,004	0,230	0,077 – 0,372
Cereales endulzados (granola, cereal en barra y cereal en hojuelas)	12 (7,5)	41 (25,8)	98 (61,6)	8 (5,0)	0,005	0,221	0,068 – 0,364
Queques y bizcochos (premezcla empaquetada y queques industrializados)	12 (7,5)	43 (27,0)	96 (60,3)	8 (5,0)	0,009	0,256	0,105 – 0,396
Golosinas y caramelos	22 (13,8)	49 (30,8)	81 (51,0)	7 (4,4)	0,050	0,156	0,000 – 0,304
Helados industriales	23 (14,5)	64 (40,3)	63 (39,6)	9 (5,7)	0,131	0,120	-0,036 – 0,271
Sopas instantáneas envasadas	33 (20,8)	66 (41,4)	54 (34,0)	6 (3,8)	0,499	0,050	-0,106 – 0,204
Crema instantáneas envasadas (mayonesa, mostaza, ketchup y ají envasado)	16 (10,1)	58 (36,5)	72 (45,2)	13 (8,2)	0,089	0,135	-0,021 – 0,285
Embutidos	21 (13,2)	32 (20,1)	102 (64,2)	4 (2,5)	0,197	0,103	-0,054 – 0,255
Comida rápida (nuggets congelados, pizza y hamburguesas)	34 (21,4)	61 (38,4)	58 (36,5)	6 (3,8)	0,188	0,105	-0,051 – 0,256
Untables (margarina, mermelada y queso crema)	15 (9,5)	47 (29,6)	89 (55,9)	8 (5,0)	0,272	0,088	-0,069 – 0,240
Sazonadores (sillao, ajinomoto)	15 (9,4)	45 (28,3)	75 (47,1)	24 (15,1)	0,020	0,185	0,030 – 0,331
Bebidas gaseosas	17 (10,7)	34 (21,4)	99 (62,3)	9 (5,7)	0,023	0,180	0,025 – 0,327
Bebidas energizantes	16 (10,1)	34 (21,4)	97 (61,0)	12 (7,5)	0,011	0,201	0,047 – 0,346
Yogurt industrializado	18 (11,3)	27 (17,0)	102 (64,2)	11 (6,9)	0,005	0,147	-0,009 – 0,296
Leche chocolatada envasada	18 (11,3)	26 (17,0)	103 (64,8)	11 (6,9)	0,006	0,222	0,069 – 0,365
Bebidas de néctar de fruta	16 (10,1)	33 (20,7)	102 (64,2)	8 (5,0)	0,064	0,215	0,061 – 0,359

como diabetes mellitus gestacional, aumento de peso gestacional, control glucémico deficiente, biomarcadores nutricionales negativos, marcadores inflamatorios y trastornos hipertensivos durante el embarazo. También afectó negativamente el crecimiento y el desarrollo infantil y se asoció con aumento de adiposidad, posibles trastornos mentales adversos, indicadores de mala nutrición y mala calidad general de la dieta²¹.

Si bien la obesidad es un problema mundial ampliamente reconocido, a menudo se pasa por alto el desarrollo de obesidad debido a un peso corporal excesivo en mujeres en edad fértil. Aunque la obesidad es un problema global ampliamente reconocido, suele ignorarse su aparición vinculada al exceso

de peso en mujeres en edad reproductiva. Durante la gestación, la ingesta habitual de alimentos ultraprocesados se asocia con un mayor consumo de azúcares añadidos, grasas y sodio, junto con una menor ingesta de micronutrientes esenciales. Por ello, resulta fundamental mejorar la calidad de la dieta en este periodo, ya que un aporte insuficiente de nutrientes clave y el exceso de energía y azúcares añadidos pueden comprometer la salud tanto de la madre como del hijo²².

En consecuencia, es recomendable evitar el consumo elevado de ciertos alimentos ultraprocesados, como la comida rápida, las carnes procesadas y los refrigerios con alto contenido de azúcar, durante el embarazo. A su vez, se debe fomentar la incorporación de alimentos integrales y míni-

mamente procesados que aporten un perfil nutricional más saludable²³.

Por lo tanto, los resultados refuerzan la necesidad de implementar programas de educación nutricional y políticas de salud pública que promuevan la reducción del consumo de ultraprocesados, favorezcan alimentos frescos y nutritivos, y contribuyan a mejorar los desenlaces maternos y perinatales.

CONCLUSIÓN

El consumo de alimentos ultraprocesados se encuentra asociado con un mayor IMC pregestacional, lo que evidencia su contribución al sobrepeso y la obesidad en gestantes. La elevada frecuencia de ingesta de productos como snacks, galletas, cereales endulzados, queques y bizcochos, golosinas, bebidas gaseosas, energizantes, yogurt industrializado, leche

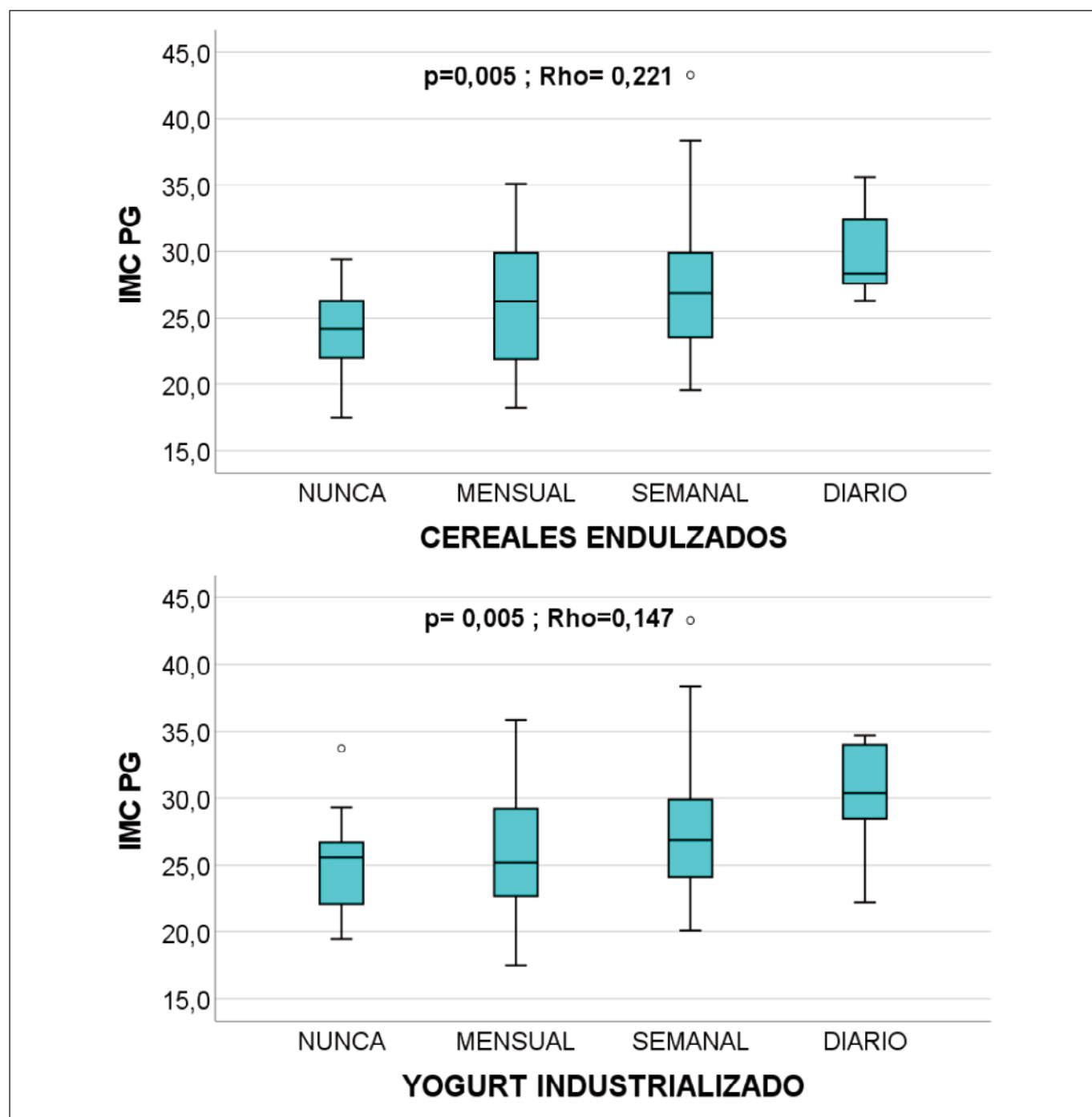


Figura 2. Consumo de cereales endulzados y yogurt industrializado e IMC PG

chocolatada y sazónadores. Estos resultados resaltan la importancia de implementar estrategias de educación nutricional orientadas a disminuir el consumo de ultraprocesados y a promover una alimentación equilibrada durante la gestación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las participantes que acuden al Centro de Salud Materno Infantil que voluntariamente contribuyeron con esta investigación.

REFERENCIAS

1. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in underweight and obesity from 1990 to 2022: a pooled analysis of 3663 population-representative studies with 222 million children, adolescents, and adults. *Lancet*. 2024;403(10431):1027-1050. doi:10.1016/S0140-6736(23)02750-2
2. The Global BMI Mortality Collaboration. Body-mass index and all-cause mortality: individual-participant-data meta-analysis of 239 prospective studies in four continents. *Lancet*. 2016. 388, 776–786. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30175-1
3. Popkin BM, Ng SW. The nutrition transition to a stage of high obesity and noncommunicable disease prevalence dominated by ultra-processed foods is not inevitable. *Obes Rev*. 2022;23(1):e13366. https://doi.org/10.1111/obr.13366
4. OPS. Alimentos y bebidas ultraprocesados en América Latina: ventas, fuentes, perfiles de nutrientes e implicaciones normativas. Organización Panamericana de la Salud. 2019. http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/7698/9789275318645_esp.pdf?sequence=5
5. Cummings J, Lipsky L, Schwedhelm C, Liu A, Nansel T. Associations of ultra-processed food intake with maternal weight change and cardiometabolic health and infant growth. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2022 May 26; 19:61. https://doi.org/10.1186/s12966-022-01298-w.
6. Moubarac JC, Martins AP, Claro RM, Levy RB, Cannon G, Monteiro CA. Consumption of ultra-processed foods and likely impact on human health Evidence from Canada. *Public Health Nutr*. 2013; 16:2240–2248. https://doi.org/10.1017/S1368980012005009.
7. World Health Organization. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Geneva: World Health Organization; 2003.
8. Baucé G. Índice de masa corporal, peso ideal y porcentaje de grasa corporal en personas de diferentes grupos etarios. *Rev Digit Postgrado*. 2022;11(1):331-331. https://doi.org/10.37910/RDP.2022.11.1.e331
9. MINSA. Guía técnica para la valoración nutricional antropométrica de la gestante. 2019. https://www.gob.pe/institucion/ins/informes-publicaciones/4209173-guia-tecnica-para-la-valoracion-nutricional-antropometrica-de-la-gestante
10. Institute of Medicine; National Research Council. Weight Gain During Pregnancy: Reexamining the Guidelines. Washington (DC): National Academies Press; 2009.
11. Mamani V, Domínguez C, Sosa M, Torres L, Bustamante A. Estudio exploratorio sobre conocimientos y frecuencia de consumo de productos procesados y ultraprocesados en estudiantes universitarios de Perú. *Rev. Esp. Nutr. Comunitaria*. 2022;28(1):1-11. https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-205800
12. Manzini JL. Declaración de Helsinki: Principios éticos para la investigación médica sobre sujetos humanos. *Acta bioética*. 2000; 6(2):321-34.
13. CONCYTEC. Código Nacional de Integridad Científica, emitido por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 2019. Perú. https://portal.concytec.gob.pe/images/publicaciones/Codigo-integridad-cientifica.pdf
14. Montoya Jaramillo VL, Cuenca González AC. Prácticas alimentarias, conocimientos y suplementación en gestantes usuarias de la Clínica Hospital Municipal de Loja. *MetroCiencia* 2025;33(1):38-52. https://doi.org/10.47464/MetroCiencia/vol33/1/2025/38-52.
15. Shapiro AL, Kaar JL, Crume TL, et al. Maternal diet quality in pregnancy and neonatal adiposity: the Healthy Start Study. *Int J Obes (Lond)*. 2016;40(7):1056-1062. https://doi.org/10.1038/ijo.2016.79
16. Horan MK, McGowan CA, Gibney ER, Donnelly JM, McAuliffe FM. Maternal low glycaemic index diet, fat intake and postprandial glucose influences neonatal adiposity—secondary analysis from the ROLO study. *Nutr J*. 2014; 13:78. https://doi.org/10.1186/1475-289113-78.
17. Norman JE, Reynolds RM. The consequences of obesity and excess weight gain in pregnancy. *Proc Nutr Soc*. 2011;70(4):450–6. https://doi.org/10.1017/S0029665111003077.
18. Whyte K; Contento L, Wolf R, Guerra L, Martinez E, Pi-Sunyer X, Gallagher D. A Secondary Analysis of Maternal Ultra-processed Food Intake in Women with Overweight Or Obesity and Associations with Gestational Weight Gain and Neonatal Body Composition Outcomes. *J Mother Child*. 2022 Mar 23;25(4):244–259. https://doi.org/10.34763/jmotherandchild.20212504.d-21-00025.
19. Srouf B, Fezeu LK, Kesse-Guyot E, Allès B, Debras C, Druet-Pecolle N. Ultraprocessed food consumption and risk of type 2 diabetes among participants of the NutriNet-Santé Prospective Cohort. *JAMA Intern Med*. 2020;180(2):283–91. https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2019.5942.
20. Talebi S, Mehrabani S, Ghoreishy SM, et al. The association between ultra-processed food and common pregnancy adverse outcomes: a dose-response systematic review and meta-analysis. *BMC Pregnancy Childbirth*. 2024;24(1):369. https://doi.org/10.1186/s12884-024-06489-w
21. Morales-Suárez-Varela M, et al. Impact of ultra-processed food consumption during pregnancy on maternal-child outcomes: review. *Food & Nutrition Journal / ScienceDirect*. 2024. https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2024.12.006
22. Granich-Armenta A, Contreras-Manzano A, Cantoral A, et al. Differential dietary intake and contribution of ultra-processed foods during pregnancy according to nutritional status. *Front Nutr*. 2024;11:1400513. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1400513
23. Almulla, AA, Augustin, H., Ahmed, LA et al. Ingesta de alimentos ultraprocesados, calidad de la dieta y riesgo de diabetes mellitus gestacional: un análisis transversal del estudio Mutaba'ah. *Nutr Metab (Londres)*, 2025; 22, 53. https://doi.org/10.1186/s12986-025-00950-z

Efecto del consumo de cáscara de *Citrus aurantifolia* (limón) sobre la modulación del metabolismo lipídico de ratas con hígado graso inducido

Effect of consumption of *Citrus aurantifolia* (lemon) peel on the modulation of lipid metabolism in rats with induced fatty liver

Frank Brandon SAMANIEGO TIAHUALLPA¹, Jossue Humberto PAREDES CONTRERAS², Sharon CÓRDOVA YAMAUCHI³, Brayan André SEGOVIA CUEVA⁴, Oscar Gustavo HUAMÁN GUTIÉRREZ⁵

¹ Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

² Unidad de Posgrado, Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.

³ Facultad de Medicina. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

⁴ Escuela Profesional de Nutrición - Facultad de Medicina - Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

⁵ Instituto de Investigación de Bioquímica y Nutrición – Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Recibido: 7/octubre/2025. Aceptado: 17/diciembre/2025.

RESUMEN

Objetivos: Evaluar el efecto de la ingesta del pulverizado de cáscara de *Citrus aurantifolia* "limón" sobre la modulación del metabolismo lipídico de ratas con hígado grado inducido.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio experimental, prospectivo y analítico en modelo animal. Se emplearon 30 ratas Holtzman machos, distribuidos aleatoriamente en cinco grupos (n=6). El pulverizado de cáscara de *Citrus aurantifolia* "limón" se obtuvo mediante deshidratación y pulverización. Los grupos I y II recibieron dieta normal, mientras que los grupos III, IV y V recibieron una dieta suplementada con pulverizado de cáscara de *C. aurantifolia* al 1%, 3% y 9%, respectivamente, durante 22 días. La hepatotoxicidad se indujo administrando una solución al 15% fructosa y 5% etanol en los bebederos de los grupos II al V. Al finalizar el tratamiento, se determinaron los niveles de triglicéridos, PPAR- α , PPAR- γ , SREBP y análisis histológico en tejido hepático.

Resultados: El grupo II presentó un incremento significativo en los valores triglicéridos y SREBP (148 ± 40 $\mu\text{g}/\text{mg}$

proteína y 4.69 ± 1.02 ng/mg proteína), en comparación con el grupo I (88.3 ± 21.4 $\mu\text{g}/\text{mg}$ proteína y 3.12 ± 0.97) ($p < 0.05$). Los grupos suplementados con pulverizado al 1% (95.5 ± 18.1), 3% (89.4 ± 18.3), y 9% (82.3 ± 22.3) presentaron reducción significativa de triglicéridos respecto al grupo II ($p < 0.05$). El grupo V evidenció una reducción significativa del SREBP (2.42 ± 1.60) comparado con el grupo II ($p < 0.05$). A nivel histológico, los grupos III, IV y V, mostraron esteatosis micro y macrovesicular en 66% del tejido y degeneración balonizante focal, a diferencia del grupo II que presentó esteatosis en el 33% del tejido, sin degeneración balonizante.

Conclusión: La ingesta del pulverizado de cáscara de *Citrus aurantifolia* "Limón" presenta efecto hepatoprotector, expresado en la disminución de triglicéridos y SREBP frente al consumo de etanol y fructosa en ratas.

PALABRAS CLAVES

Metabolismo lipídico, estrés hepático, esteatosis hepática, *Citrus aurantifolia*.

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the effect of ingesting powdered *Citrus aurantifolia* (lime) peel on the modulation of lipid metabolism in rats with induced fatty liver disease.

Correspondencia:

Frank Brandon Samaniego Tiahualpa
frank.piscis8@gmail.com

Materials and methods: An experimental, prospective, and analytical study was conducted using an animal model. Thirty male Holtzman rats were used, randomly distributed into five groups (n=6). The *Citrus aurantifolia* peel powder was obtained through dehydration and pulverization. Groups I and II received a normal diet, while groups III, IV, and V received a diet supplemented with *C. aurantifolia* peel powder at 1%, 3%, and 9%, respectively, for 22 days. Hepatotoxicity was induced by administering a solution of 15% fructose and 5% ethanol in the drinking water to groups II through V. At the end of the treatment, the levels of triglycerides, PPAR- α , PPAR- γ , and SREBP and histological analysis were determined in hepatic tissue.

Results Group II showed a significant increase in triglyceride and SREBP values (148 ± 40 ng/mg protein and 4.69 ± 1.02 ng/mg protein) compared to Group I (88.3 ± 21.4 ng/mg protein and 3.12 ± 0.97 ng/mg protein) ($p < 0.05$). The groups supplemented with the powder at 1% (95.5 ± 18.1), 3% (89.4 ± 18.3), and 9% (82.3 ± 22.3) showed a significant reduction in triglycerides compared to Group II ($p < 0.05$). Group V evidenced a significant reduction in SREBP (2.42 ± 1.60) compared to Group II ($p < 0.05$). Histologically, groups III, IV, and V showed micro and macrovesicular steatosis in 66% of the tissue and focal ballooning degeneration, unlike Group II which presented steatosis in 33% of the tissue, without ballooning degeneration.

Conclusion: Ingestion of powdered *Citrus aurantifolia* (lime) peel has a hepatoprotective effect, expressed by the decrease in triglycerides and SREBP in rats consuming ethanol and fructose.

KEYS WORDS

Lipid metabolism, hepatic stress, hepatic steatosis, *Citrus aurantifolia*.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad de hígado graso no alcohólico (EHGNA) es cada vez más predominante en nuestro medio. Se estima que del 25% al 30% de la población mundial la padecen. En América del sur, la estimación de casos es de 30,45%, siendo una de las regiones con mayor prevalencia. Dentro de los factores clínicos con mayor asociación se encuentran la obesidad, dislipidemias, diabetes, el síndrome metabólico, entre otros¹.

En países de Iberoamérica, como el Perú, la prevalencia de obesidad en el 2017 fue de un 21% en personas mayores de 15 años; y respecto a la diabetes mellitus, se diagnosticaron un 3.3% de la población peruana mayor de 15 años². El desarrollo de la EHGNA se puede asociar con un elevado consumo de alimentos ultra procesados que contienen una elevada concentración de fructosa, grasas saturadas, así como un incremento de consumo de alcohol³⁻⁵.

A nivel hepático, la fructosa y el alcohol inducen la acumulación de lípidos, como triglicéridos y ésteres de colesterol en los hepatocitos, estos compuestos estimulan, directa o indirectamente, la lipogénesis *de novo*, por la expresión de las enzimas ácido graso sintasa (FAS), acetil-CoA carboxilasa I y la proteína de unión al elemento receptor de esterol 1c (SREBP-1c); a la vez que inhiben los receptores activados por proliferadores peroxisómicos tipo alfa (PPAR α)^{6,7}. Además, el metabolismo del alcohol activa el citocromo P450 2E1 (CYP2E1), lo que incrementan la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), que afectan la estabilidad de la membrana del hepatocito y promueve la actividad de citoquinas proinflamatorias como interleuquinas e interferones⁸.

La elevada prevalencia de hepatopatías ha impulsado la búsqueda de productos de origen natural con propiedades para su prevención⁹. Los alimentos funcionales presentan compuestos bioactivos, que ejercen efectos beneficiosos al organismo y ayudan a prevenir, manejar o tratar las enfermedades agudas y crónicas. La producción y demanda de este tipo de alimentos ha estado en incremento, representando hasta un 5% del mercado global de alimentos y alcanzando un aumento de la oferta del 16% en Europa¹⁰.

Los fitonutrientes están presentes en la cáscara, pulpa, semillas, raíces, entre otras podrían proporcionar un beneficio para la salud, son de fácil acceso y económicos. Frente a este panorama, el aprovechamiento de la cáscara de limón se presenta como una opción natural para contribuir a la prevención del hígado graso; además, al tratarse de un subproducto que usualmente se desecha, constituye una alternativa accesible, económica y segura para la población. El *Citrus aurantifolia* (limón) presenta diversas actividades biológicas, entre las que destacan sus propiedades antioxidantes, antibacterial, neuroprotectora y protección frente al síndrome metabólico¹¹⁻¹³. La cáscara y las hojas de esta planta presentan compuestos bioactivos como la rutina, apigenina, quercetina, kaempferol y nobiletina¹⁴. Se ha reportado que el extracto hidroetanólico de la fruta de *Citrus aurantifolia* presentó un efecto hepatoprotector, al disminuir los niveles séricos de aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT), Fosfatasa alcalina (ALP), malondialdehído (MDA), triglicéridos y colesterol, e incrementar superóxido dismutasa, catalasa, albúmina y proteínas totales^{15,16}.

Estudios previos han reportado el efecto hepatoprotector del *Citrus aurantifolia* frente a la injuria por etanol y tetracloruro de carbono; sin embargo, se desconoce su efecto en el hígado graso. El propósito de la investigación es evaluar el efecto del pulverizado de cáscara de *Citrus aurantifolia* (limón) sobre la modulación del metabolismo lipídico hepático en ratas con hígado graso inducido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de diseño experimental completamente aleatorizado, prospectivo y analítico en modelo animal. Se uti-

lizaron 30 ratas albinas Holtzman machos adultos ($n = 6$ por grupo), adquiridas en el Bioterio certificado del Instituto de Nacional de Salud, de dos meses de edad, con peso promedio fueron entre 210 ± 20 . Las ratas fueron mantenidas en jaulas individuales, en un ambiente de temperatura constante, con ciclos alternados de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad.

La muestra de *Citrus aurantifolia* "limón" se adquirió del mercado de productores de Santa Anita – Lima, Perú. La cáscara fue extraída mediante el raspado del mesocarpio y endocarpio, con un rayador casero. Posterior a ello, la cáscara se deshidrató en una estufa precalentada a una temperatura de 40° durante 72 horas, luego se pulverizó por medio de una licuadora y cernidas (tamaño de abertura de $250 \mu\text{m}$) tres veces hasta obtener un polvo fino. El pulverizado se conservó en un frasco de ámbar con cierre hermético y se pesó con precisión para su incorporación en las dietas.

Tras siete días de aclimatación, la evaluación del **efecto hepatoprotector** los animales fueron distribuidos aleatoriamente en cinco grupos ($n=6$ por grupo). Posterior al periodo de aclimatación, se indujo la hepatotoxicidad, mediante una solución de alcohol 5% y fructosa al 15% en los bebederos, en un periodo de 22 días¹⁷. El tamaño muestral se estableció con base en estudios previos sobre hígado graso en modelos murinos, donde este número de animales por grupo ha sido suficiente para detectar diferencias estadísticamente significativas. Los grupos experimentales recibieron:

- **Grupo I:** dieta balanceada + agua.
- **Grupo II:** dieta balanceada + solución de etanol (5%) y fructosa (15%).
- **Grupo III:** dieta balanceada con 1% de peso de pulverizado de cáscara de *Citrus aurantifolia* "limón" + solución de etanol (5%) y fructosa (15%).
- **Grupo IV:** dieta balanceada con 3% de peso de pulverizado de cáscara de *Citrus aurantifolia* + solución de etanol (5%) y fructosa (15%).
- **Grupo V:** dieta balanceada con 9% de peso de pulverizado de cáscara de *Citrus aurantifolia* + solución de etanol (5%) y fructosa (15%).

Durante los 22 días del periodo experimental, no se observó mortalidad ni signos de toxicidad o efectos adversos en ninguno de los grupos.

Al finalizar el periodo experimental, los animales fueron anestesiados con pentobarbital sódico vía subcutánea, y se realizó la laparotomía para la extracción del hígado. El órgano extraído se perfundió vía vena porta, con buffer fosfato pH 7,4 a 0,02 mol/L, para la eliminación del exceso de sangre a fondo.

Determinación Moleculares y bioquímicas

Se preparó un homogenizado para determinar los niveles de PPAR- α y SREBP, empleando el tejido hepático perfundido

y buffer fosfato pH 7,2 a 0,02 mol/L en la proporción tejido/buffer 1/1. El segundo homogenizado se empleó para la determinación de PPAR- γ , se empleó fue buffer fosfato pH 7,4 a 0.02 mol/L en la proporción tejido/buffer 1/40.

Los homogenizados obtenidos, se sometieron a dos ciclos de congelación y descongelación para ruptura de las membranas celulares. Después de ello, los homogenizados se centrifugaron durante 15 minutos a 5000 rpm, para obtener el sobrenadante.

La determinación de **Receptores activados por proliferadores peroxisomales- α (PPAR- α)** se realizó siguiendo los instructivos de la empresa, mediante un ensayo competitivo ELISA (Cat. MBS744380), con sensibilidad de 1.0 pg/mL y variabilidad intraensayo de 4.4–5.6% e interensayo de 6.6–7.9%, utilizando una curva estándar de seis concentraciones (0–500 pg/mL).

Para la determinación de **Receptores activados por proliferadores peroxisomales- γ (PPAR- γ)** se efectuó mediante un kit ELISA tipo sandwich (Cat. MBS160956), con un límite de detección de 0.01 ng/mL, CV intraensayo <8% y CV interensayo <10%, con curva estándar de seis puntos (0.75–12 ng/mL).

La determinación de **Proteína de unión a elementos reguladores de esteroides (SREBP)** se efectuó mediante el kit sandwich ELISA (Cat. MBS739573), cuyo límite de detección es 0.1 ng/mL, con coeficientes de variación intraensayo e interensayo de 4.4% y 6.6%, respectivamente, empleando una curva estándar de seis puntos (0–25 ng/mL).

Todos los análisis se realizaron por duplicado y siguiendo las recomendaciones de control de calidad del fabricante (Laboratorios MyBiosource).

Análisis histopatológico

Para el **análisis histológico**, definida como un desenlace secundario, el tejido hepático fue conservado en formol al 10% en buffer fosfato (pH 7,4 a 0,05 mol/L). Se empleó la tinción de hematoxilina-eosina y se evaluó los aspectos de inflamación, localización de la inflamación, congestión, dilatación sinusoidal, esteatosis, balonización y fibrosis. La evaluación de las láminas fue realizada por un patólogo experto bajo condiciones de ciego simple, para garantizar la objetividad del análisis.

El **análisis estadístico** se llevó a cabo considerando la naturaleza del diseño experimental con grupos de muestra reducida. Inicialmente, se evaluó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk (adecuada para $n < 50$), confirmando que todos los indicadores (triglicéridos, PPAR- α , PPAR- γ , SREBP, PPAR- α / PPAR- γ y PPAR- α /SREBP) presentaron distribución paramétrica ($p \geq 0.05$). Posteriormente, se aplicó la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas, donde cinco de los seis indicadores (triglicéridos,

PPAR- α , PPAR- γ , SREBP, y PPAR- α / PPAR- γ) mostraron homocedasticidad ($p \geq 0.05$). Con base en estos resultados, se aplicó el análisis de varianza ANOVA y, posteriormente, la prueba post-hoc de Tukey para las variables paramétricas con varianzas iguales. En contraste, el indicador PPAR- α /SREBP resultó heterocedástico; por lo que, a pesar de su normalidad, se seleccionó el Welch-ANOVA para la comparación de medias. En caso de significancia del Welch-ANOVA, el análisis post-hoc se realizaría idealmente mediante la prueba de Games-Howell. Se consideró un nivel de significancia de $p < 0.05$ en todas las pruebas. El procesamiento de los datos se realizó en el paquete estadístico SPSS 25.

Durante la intervención se respetó las **consideraciones éticas**, los animales de experimentación fueron manejados de acuerdo con las normas de ética de experimentación animal de la Ley N°30407 "Ley de Protección y bienestar animal" y los principios de las tres R (reducir, refinar y reemplazar).

RESULTADOS

Respecto a los niveles de triglicéridos, el grupo II, que recibió fructosa y etanol, presentó una acumulación de triglicéridos de $148,7 \pm 40,0$ $\mu\text{g}/\text{mg}$ proteína, un valor significativamente mayor que el grupo control I ($88,3 \pm 21,4$ $\mu\text{g}/\text{mg}$ proteína) (ANOVA $p=0.001$). En contraste, la suplementación con pulverizado de cáscara de limón al 1% ($95,5 \pm 18,1$), 3% ($89,4 \pm 18,3$) y 9% ($82,3 \pm 22,3$) presentaron valores menores frente al grupo II, siendo estadísticamente significativa (Tukey HSD, $p<0.05$ para los tres grupos). (Tabla 1).

Los niveles de PPAR- α disminuyeron en el grupo II ($4,3 \pm 0,01$), respecto al grupo I ($5,1 \pm 0,02 \times 10^2$ ng/mg proteína). Por otro lado, los grupos suplementados con pulverizado de

cáscara de limón (1%, 3% y 9%) presentaron niveles mayores de PPAR- α respecto al grupo dañado II, sin diferencia significativa ($p<0.05$).

Respecto a la actividad del PPAR- γ , en el grupo II ($68,8 \pm 5,49 \times 10^2$ ng/mg proteína) mostró una mayor concentración estadísticamente significativa respecto al grupo I ($42,8 \pm 7,32 \times 10^2$ ng/mg proteína) (Tukey HSD, $p<0.05$); sin embargo, ninguno de los grupos suplementados con pulverizado de cáscara de limón (1%, 3% y 9%) logró reducir, de forma significativa, estos niveles, pero se observó una disminución progresiva. (Tabla 1).

En contraste, el factor pro lipogénico SREBP, que incrementó en el grupo II ($4,69 \pm 1,02 \times 10^2$ ng/mg proteína), solo se redujo de manera estadísticamente significativa con la suplementación del pulverizado de cáscara al 9% ($2,42 \pm 1,60 \times 10^2$ ng/mg proteína) (Tukey HSD, $p<0.05$) (Tabla 1).

La relación entre los factores de transcripción proporciona una medida integrada de la homeostasis lipídica. El ratio PPAR- α /SREBP-1c, que refleja el balance entre la oxidación y la síntesis lipídica, fue el más bajo en el Grupo II ($1.0 \pm 0.01 \times 10^2$). La suplementación con 9% de pulverizado de cáscara de limón (Grupo V) ($2.5 \pm 1.30 \times 10^2$) evidencia un valor mayor comparado al grupo II, pero sin diferencia significativa (Games-Howell, $p<0.005$) (Tabla 2).

De manera similar, el ratio PPAR- α /PPAR- γ del grupo II ($6.9 \pm 1.5 \times 10^2$) disminuyó estadísticamente significativa (Tukey HSD, $p<0,05$) en comparación con el grupo control I. Sin embargo, los grupos suplementados con el pulverizado de cáscara de limón (1%, 3% y 9%) lograron un incremento, pero no significativo de esta ratio (Tukey HSD, $p<0,05$) (Tabla 2).

Tabla 1. Niveles de triglicéridos y marcadores moleculares hepáticos en ratas con hígado graso inducido tras tratamiento con pulverizado de *Citrus aurantifolia*

Grupos: Tratamiento	Triglicéridos* $\mu\text{g}/\text{mg}$ proteína	PPAR- α * $\times 10^2$ ng/mg proteína	PPAR- γ * $\times 10^2$ ng/mg proteína	SREBP* $\times 10^2$ ng/mg proteína
	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE
Grupo I: Dieta balanceada (DB)	$88,3 \pm 21,4$ ^(a)	$5,1 \pm 0,02$	$42,8 \pm 7,32$ ^(a)	$3,12 \pm 0,97$ ^(a)
Grupo II: DB + etanol/fructosa	$148,7 \pm 40,0$	$4,3 \pm 0,01$	$68,8 \pm 5,49$	$4,69 \pm 1,02$
Grupo III: 1% limón + etanol/fructosa	$95,5 \pm 18,1$ ^(a)	$5,6 \pm 0,01$	$66,4 \pm 6,86$	$3,81 \pm 0,48$
Grupo IV: 3% limón + etanol/fructosa	$89,4 \pm 18,3$ ^(a)	$4,9 \pm 0,01$	$64,9 \pm 4,11$	$3,61 \pm 0,91$
Grupo V: 9% limón + etanol/fructosa	$82,3 \pm 22,3$ ^(a)	$5,00 \pm 0,02$	$62,6 \pm 6,69$	$2,42 \pm 1,60$ ^(a)

* Shapiro-Wilk ($p>0,05$). ANOVA ($p<0,05$) Tukey HSD ($p<0,05$).

(a) HSD Tukey ($p<0,05$) comparados con el grupo II.

Tabla 2. Ratios PPAR- α /SREBP-1c y PPAR- α /PPAR- γ en tejido hepático de ratas con hígado graso inducido tras tratamiento con pulverizado de *Citrus aurantifolia*

Grupos - Tratamiento	PPAR- α /SREBP ($\times 10^2$) (*)	PPAR- α /PPAR- γ ($\times 10^2$) (**)
Grupo I	1.8 $\pm$ 0.7	12.2 $\pm$ 3.3 ^(a)
Grupo II	1.0 $\pm$ 0.01	6.9 $\pm$ 1.5
Grupo III	1.4 $\pm$ 0.03	8.0 $\pm$ 1.5
Grupo IV	1.5 $\pm$ 0.50	7.8 $\pm$ 1.8
Grupo V	2.5 $\pm$ 1.30	7.6 $\pm$ 1.8

(*) Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Welch-ANOVA ($p < 0,05$) Games-Howell ($p < 0,05$) Media $\pm$ DE. (**) Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). ANOVA ($p < 0,05$) Tukey HSD ($p < 0,05$) Media $\pm$ DE.

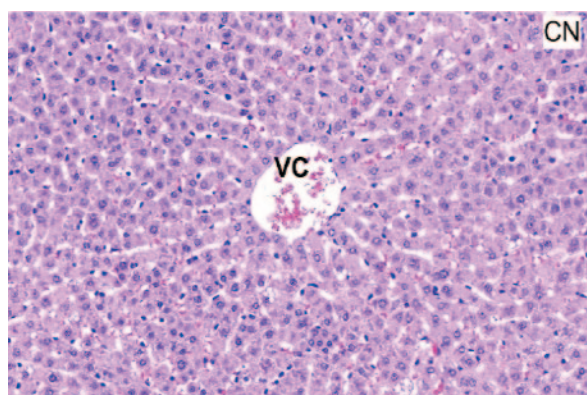
^(a) $p < 0.05$ comparado con el Grupo II.

Descripción histológica del tejido hepático

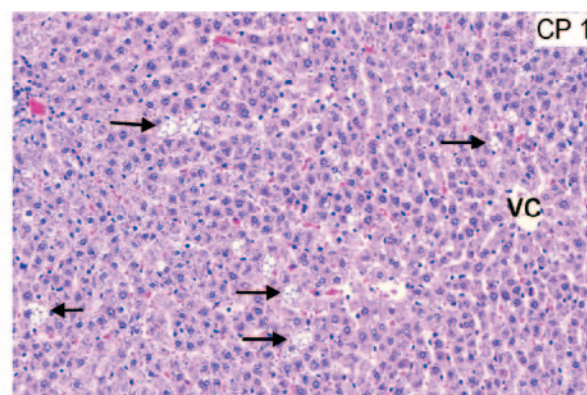
Grupo I Arquitectura hepática conservada, sin fibrosis ni esteatohepatitis. Se identificaron cambios mínimos consistentes con inflamación leve (periportal/sinusoidal), congestión venosa leve y se observó esteatosis microvesicular en menos del 5% del tejido.

Grupo II, Arquitectura conservada, sin fibrosis ni esteatohepatitis. La principal diferencia respecto al grupo I fue una esteatosis microvesicular a diferencia del grupo I, la esteatosis microvesicular afecta entre un tercio y dos tercios del tejido hepático (33 – 66%) con inflamación leve sin congestión venosa.

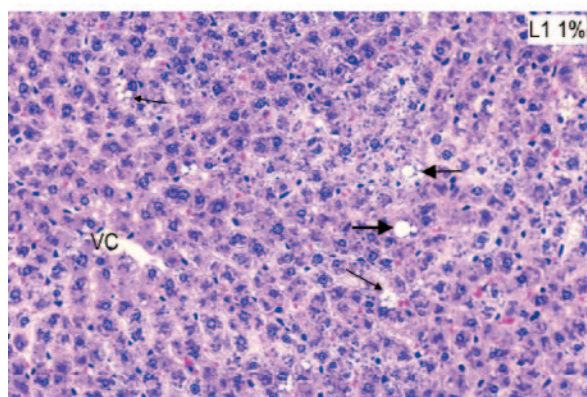
Grupo III. Arquitectura conservada, con esteatosis microvesicular en dos tercios (66%) del parénquima. En este grupo se identificó esteatosis macrovesicular y la degeneración balonizante, indicando daño celular diferente a los grupos control.



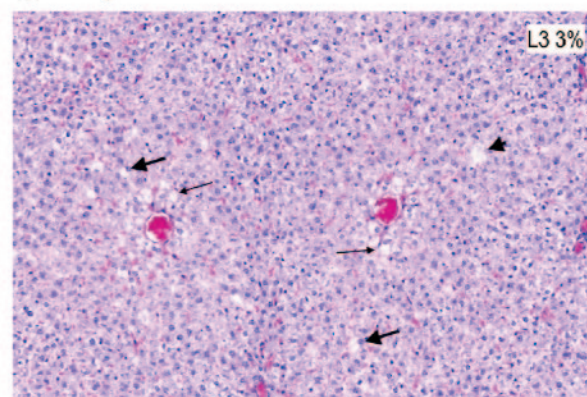
Microfotografía 1. Grupo I se observa leve congestión de la vena centrolobulillar (VC), escasos linfocitos y hepatocitos con esteatosis microvesicular (menos del 5% de la biopsia).



Microfotografía 2. Grupo II se observan escasos linfocitos y hepatocitos con esteatosis microvesicular (flechas) en menos del 33% de la biopsia.



Microfotografía 3. Grupo III. Inflamación periportal y sinusoidal leve, congestión leve. Esteatosis microvesicular en dos tercios de la biopsia (flechas delgadas), esteatosis macrovesicular en menos de un tercio de la biopsia (flechas gruesas).



Microfotografía 4. Grupo IV. Inflamación periportal y sinusoidal moderada, congestión moderada. Esteatosis microvesicular en dos tercios de la biopsia (flechas delgadas), esteatosis macrovesicular en menos de un tercio de la biopsia (flechas gruesas) y balonización focal (punta de flecha).

Figura 1. Microfotografía de los cortes histológico de hígados de ratas

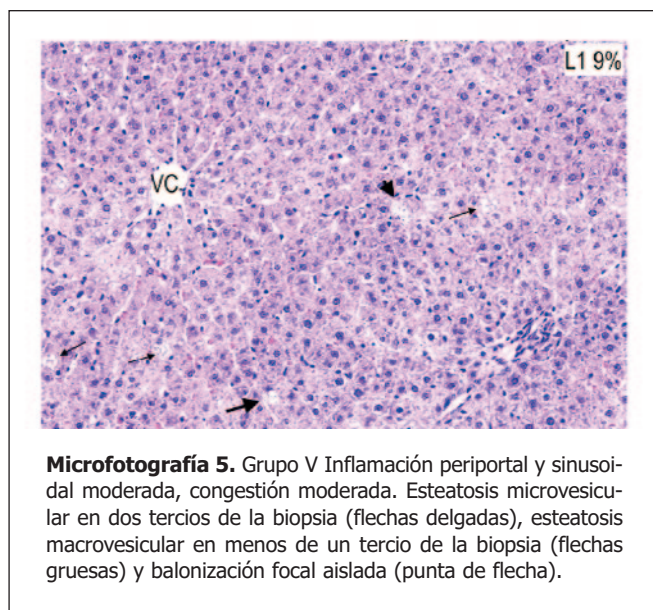


Figura 1 continuación. Microfotografía de los cortes histológico de hígados de ratas

Grupo IV. La arquitectura se mantuvo conservada. La inflamación es moderada. Presentaron también esteatosis microvesicular, esteatosis macrovesicular y la degeneración balonizante focal se convirtieron en hallazgos consistentes en este grupo, caracterizando un daño mayor en los hepatocitos.

Grupo V. La arquitectura general se mantuvo conservada. La inflamación es leve y moderada. También presentaron esteatosis microvesicular y macrovesicular, así como la degeneración balonizante focal en las muestras, como cambios hepatocelulares observados en los otros grupos que recibieron el pulverizado.

DISCUSIÓN

El modelo experimental con fructosa y etanol replicó eficazmente las alteraciones metabólicas del hígado graso, causando una acumulación de triglicéridos. Esto se reflejó en una disminución del receptor PPAR- α y un aumento del pro-lipogénico SREBP y el marcador PPAR- γ , hallazgos consistentes con la evidencia científica.

La suplementación con pulverizado de cáscara de *Citrus aurantifolia* mejoró los niveles de triglicéridos del metabolismo lipídico. En los grupos III, IV y V, que recibieron la suplementación con *C. aurantifolia*, redujo los triglicéridos significativamente. Además, la suplementación más alta (grupo V), también suprimió el factor de lipogénesis (SREBP). Los efectos bioquímicos positivos, como la reducción de triglicéridos, se puede atribuir a la presencia a los flavonoides de la cáscara. Pese a ello, el tratamiento no logró reducir los niveles de PPAR- γ , un regulador clave del almacenamiento de lípidos y la inflamación.

Los estudios demuestran que diferentes fitoquímicos, desde flavonoides polimetoxilados como la nobiletina hasta cumarinas como el aurapteno y monoterpenos como el d-limoneno¹⁸, ejercen sus efectos a través de una diversidad de vías moleculares que incluyen la modulación del metabolismo lipídico, la activación de receptores nucleares, la inhibición de la apoptosis y la reducción de la inflamación y el estrés oxidativo¹⁹.

Una de las vías más estudiadas es la activación de la Proteína Quinasa Activada por AMP (AMPK), un sensor energético celular clave por parte de la nobiletina²⁰. El trabajo de Yuk et al. demostró *in vitro* que la nobiletina inhibe la lipogénesis en células HepG2 mediante la fosforilación y activación de AMPK, lo que a su vez reduce la expresión de factores lipogénicos como SREBP-1c y FAS²¹. De manera similar, Shu et al observaron que un extracto acuoso de *Citrus aurantium* L, rico en compuestos fenólicos, también activaba la vía AMPK/SIRT1 como parte de su mecanismo protector contra la apoptosis celular inducida por paracetamol (APAP)²².

El estudio de Takahashi et al. identificó al aurapteno, una cumarina de la cáscara de cítricos, como un agonista del receptor nuclear PPAR α . La activación de PPAR α es fundamental para estimular la β -oxidación de los ácidos grasos, y el estudio demostró que el aurapteno no solo regulaba al alza los genes diana de PPAR α (como ACO y CPT1A), sino que también aumentaba la captación de ácidos grasos en los hepatocitos²³.

De forma complementaria, Wang et al. demostraron que el aurapteno también es un agonista del Receptor Farnesoide X (FXR), un regulador maestro de la homeostasis de los ácidos biliares. El aurapteno alivió la colestasis inducida por estrógenos al modular los transportadores y enzimas dependientes de FXR, como Bsep, Mrp2 y Cyp7a1²⁴. Estos hallazgos posicionan a los receptores nucleares PPAR α y FXR como dianas moleculares clave para las cumarinas cítricas, ofreciendo una vía alternativa a la de AMPK para la regulación del metabolismo hepático.

Limitaciones del estudio. No se pudieron medir marcadores de estrés oxidativo, se utilizó un pulverizado crudo sin análisis fitoquímico y su corta duración impidió evaluar la fibrosis, lo que requeriría un seguimiento más prolongado para determinar las consecuencias crónicas de la lesión histológica observada. Futuras investigaciones deben utilizar extractos estandarizados de *C. aurantifolia* o fitoquímicos aislados (ej. nobiletina) para desvincular los efectos terapéuticos deseados de los efectos lesivos. Es fundamental cuantificar marcadores de daño celular y estrés oxidativo para validar la hipótesis del daño directo celular.

Conclusión. La cáscara de *C. aurantifolia* ejerce una potente actividad bioquímica que modula favorablemente el metabolismo lipídico hepático, demostrado por la reducción significativa de los triglicéridos hepáticos y la supresión de la expresión de SREBP a la dosis del 9%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Velasco José VRA, Lydia MJA, Marcos BGM, Óscar PFE, José BÁR. Enfermedad hepática por hígado graso no alcohólico ¿Dónde estamos y a dónde vamos? [Internet]. 2018. Available from: www.revistamedicam.com
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. PERÚ Enfermedades No Transmisibles y Transmisibles, 2017. 2017. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1526/index.html
- Buso C, Galdame O, Figueroa J, Sersing LL, Ojeda M, Pesce V, et al. Síndrome metabólico, hígado graso no alcohólico y hepatocarcinoma. Actualización en Nutrición. 2020;21(2):43–9. https://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_21/num_2/RSAN_21_2_43.pdf
- Lanuz F, Sapunar J, Hofmann E. Análisis crítico del tratamiento de la enfermedad hepática grasa no alcohólica. Rev Med Chil. 2018;146(8):894–901. <http://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872018000800894>
- Kong LZ, Chandimali N, Han YH, Lee DH, Kim JS, Kim SU, et al. Pathogenesis, early diagnosis, and therapeutic management of alcoholic liver disease. Int J Mol Sci. 2019 Jun 2;20(11). <https://doi.org/10.3390/ijms20112712>
- Carvalho P, Carvalho E, Barbosa-Da-Silva S, Mandarin-De-Lacerda A, Del Sol M. NAFLD e Ingesta de Fructosa en Altas concentraciones. Una Revisión de la Literatura. International Journal of Morphology. 2017;35(2):676–83. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000200047>
- Carvalho P, Carvalho E, Barbosa-Da-Silva S, Mandarin-De-Lacerda CA, Hernández A, Del Sol M. Efectos Metabólicos del Consumo Excesivo de Fructosa Añadida. Int J Morphol. 2019;37(3):1058–66. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022019000301058>
- Teschke R. Alcoholic liver disease: Current mechanistic aspects with focus on their clinical relevance. Biomedicine. 2019 Sep 5;7(3):1–12. <https://doi.org/10.3390/biomedicine7030068>
- Simón J, Casado-Andrés M, Goikoetxea-Usandizaga N, Serrano-Maciá M, Martínez-Chantar ML. Nutraceutical properties of polyphenols against liver diseases. Nutrients. 2020 Nov 1;12(11):1–19. <https://doi.org/10.3390/nu12113517>
- Fuentes-Nerrio L, Acevedo-correa D, Gelvez-Ordoñez M. Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana artículo de revisión. Vol. 13, Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. [http://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(13\)140-149](http://dx.doi.org/10.18684/BSAA(13)140-149)
- Oboh G, Bello FO, Ademosun AO, Akinyemi AJ, Adewuni TM. Antioxidant, hypolipidemic, and anti-angiotensin-1-converting enzyme properties of lemon (*Citrus limon*) and lime (*Citrus aurantifolia*) juices. Comp Clin Path. 2015 Nov 1;24(6):1395–406. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00580-015-2088-x>
- Karim N, Jia Z, Zheng X, Cui S, Chen W. A recent review of citrus flavanone naringenin on metabolic diseases and its potential sources for high yield-production. Trends Food Sci Technol. 2018 Sep 1;79:35–54. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.012>
- Chriscensia E, Wibowo EC, Enriko G, Chrisian Wijaya O, Anania A, Sahamastuti T. Phytochemical Screening, Therapeutic Benefits, and Adverse Effects of *Citrus aurantifolia* - A Review. Indonesian Journal of Life Sciences [Internet]. 2020 Sep;2(2):55–69. Available from: <http://journal.i3l.ac.id/ojs/index.php/IJLS/55>
- Loizzo MR, Tundis R, Bonesi M, Menichini F, De Luca D, Colica C, et al. Evaluation of *Citrus aurantifolia* peel and leaves extracts for their chemical composition, antioxidant and anti-cholinesterase activities. J Sci Food Agric. 2012 Dec;92(15):2960–7. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5708>
- Zhou T, Zhang YJ, Xu DP, Wang F, Zhou Y, Zheng J, et al. Protective effects of lemon juice on alcohol-induced liver injury in mice. Biomed Res Int. 2017;2017. <https://doi.org/10.1155/2017/7463571>
- Oghenevwookohwo Okoro I. Hepatoprotective effects of hydroethanol extracts of *Citrus aurantifolia* fruits in CCl₄-induced hepatotoxic rats. Sokoto J Med Lab Sci. 2019;4(4):65–75. <https://sokjmls.com.ng/index.php/SJMLS/article/view/170>
- Alwahsh SM, Xu M, Schultze FC, Wilting J, Mihm S, Raddatz D, et al. Combination of alcohol and fructose exacerbates metabolic imbalance in terms of hepatic damage, dyslipidemia, and insulin resistance in rats. PLoS One. 2014 Aug 7;9(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104220>
- Liu N, Li X, Zhao P, Zhang X, Qiao O, Huang L, et al. A review of chemical constituents and health-promoting effects of citrus peels. Food Chem. 2021 Dec 15;365:1–13. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130585>
- Mohib M, Afnan K, Paran TZ, Khan S, Sarker J, Hasan N, et al. Beneficial Role of Citrus Fruit Polyphenols Against Hepatic Dysfunctions: A Review. Vol. 15, Journal of Dietary Supplements. Taylor and Francis Ltd; 2018. p. 223–50. <https://doi.org/10.1080/19390211.2017.1330301>
- Morrow NM, Burke AC, Samsoondar JP, Seigel KE, Wang A, Telford DE, et al. The citrus flavonoid nobiletin confers protection from metabolic dysregulation in high-fat-fed mice independent of AMPK. J Lipid Res. 2020;61(3):387–402. <https://doi.org/10.1194/jlr.ra119000542>
- Yuk T, Kim Y, Yang J, Sung J, Jeong HS, Lee J. Nobiletin Inhibits Hepatic Lipogenesis via Activation of AMP-Activated Protein Kinase. Evidence-based Complementary and Alternative Medicine. 2018;2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7420265>
- Shu Y, He D, Li W, Wang M, Zhao S, Liu L, et al. Hepatoprotective effect of citrus aurantium I. Against apap-induced liver injury by regulating liver lipid metabolism and apoptosis. Int J Biol Sci. 2020;16(5):752–65. <https://doi.org/10.7150/ijbs.40612>
- Takahashi N, Kang MS, Kuroyanagi K, Goto T, Hirai S, Ohyama K, et al. Auraptene, a citrus fruit compound, regulates gene expression as a PPARα agonist in HepG2 hepatocytes. Vol. 33, BioFactors. IOS Press; 2008. <https://doi.org/10.1002/biof.5520330103>
- Wang J, Fu T, Dong R, Wang C, Liu K, Sun H, et al. Hepatoprotection of auraptene from the peels of citrus fruits against 17α-ethinylestradiol-induced cholestasis in mice by activating farnesoid X receptor. Food Funct. 2019 Jul 1;10(7):3839–50. <https://doi.org/10.1039/c9fo00318e>

Transformando entornos alimentarios, análisis comparativo de políticas públicas en México y Chile

Transforming food environments, a comparative analysis of public policies in Mexico and Chile

Magdalena JENSEN¹, Gislaine GRANFELDT², Ana Laura GONZALEZ ALEJO³, Alejandra CONTRERAS MANZANO⁴, Octelina CASTILLO RUÍZ⁵

1 Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepcion, Concepcion, Chile.

2 Departamento de Nutrición y Dietética, Facultad de Farmacia, Universidad de Concepcion, Concepcion, Chile.

3 Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra (ENCIT), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Ciudad de México, México.

4 Center for Research on Nutrition and Health, National Institute of Public Health, Cuernavaca, Morelos, Mexico.

5 Universidad Autónoma de Tamaulipas, Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán, Departamento de Seguridad Alimentaria. Ciudad Reynosa, Tamaulipas, México.

Recibido: 8/octubre/2025. Aceptado: 29/diciembre/2025.

RESUMEN

Objetivo: Comparar las políticas públicas alimentarias implementadas en México y Chile para transformar entornos alimentarios más saludables y sostenibles.

Métodos: Se empleó un análisis documental comparativo de 18 documentos oficiales de políticas alimentarias (2010-2024) y NDC (2015-2022), obtenidos de registros gubernamentales y UNFCCC, categorizando estrategias de sistemas alimentarios según alcance normativo y enfoque.

Resultados: Ambos países implementaron estrategias convergentes de etiquetado frontal octagonal e impuestos a bebidas azucaradas, evidenciando pantanos alimentarios que afectan poblaciones marginadas. México aprobó la Ley General de Alimentación Adecuada y Sostenible (2024) creando SISAMAC, Chile lanzó la ENSSA (2023) con 84 medidas. Las NDC (Contribuciones Nacionalmente Determinadas) muestran trayectorias divergentes: México desarrolló conceptualización sistémica de seguridad alimentaria como justicia climática, Chile mantuvo enfoque en soluciones basadas en la naturaleza.

Correspondencia:

Magdalena Jensen
mjensen@udec.cl

Conclusiones: Las políticas regulatorias han reducido compras de productos no saludables con potencial para disminuir huella ambiental, no obstante, no se evidencian cambios positivos en los indicadores de salud en la población general (sobrepeso/obesidad, diabetes, hipertensión y dislipidemia). Los marcos normativos de México y Chile ofrecen modelos adaptables para la transformación regional de sistemas alimentarios, aunque requieren sistemas de monitoreo multidimensional para evaluar su efectividad longitudinal y facilitar la transferencia de experiencias hacia sistemas más equitativos en América Latina.

PALABRAS CLAVE

Sistemas alimentarios, regulación nutricional, impuestos saludables, NDC, sustentabilidad.

ABSTRACT

Objective: Compare the public food policies implemented in Mexico and Chile to transform their food environments into healthier, more sustainable ones.

Methods: A comparative documentary analysis was conducted on 18 official food policy documents (2010–2024) and NDCs (2015–2022), which were obtained from government records and the UNFCCC. The analysis categorized food system strategies according to regulatory scope and approach.

Results: Both countries implemented similar strategies, such as octagonal front-of-package labeling and taxes on sugary drinks, which highlight food deserts that affect marginalized populations. Mexico passed the General Law on Adequate and Sustainable Food in 2024, creating SISAMAC, while Chile launched the ENSSA in 2023 with 84 measures. The NDCs (Nationally Determined Contributions) demonstrate divergent trajectories. Mexico developed a systemic conceptualization of food security as climate justice, while Chile maintained its focus on nature-based solutions.

Conclusions: Regulatory policies have reduced the purchase of unhealthy products, which has the potential to reduce environmental footprints. However, there is no evidence of positive changes in health indicators (overweight/obesity, diabetes, hypertension, and dyslipidemia) in the general population. The regulatory frameworks in Mexico and Chile offer adaptable models for the regional transformation of food systems. However, they require multidimensional monitoring systems to evaluate their long-term effectiveness and facilitate the transfer of experiences to more equitable systems in Latin America.

KEYWORDS

Food systems, nutritional regulation, healthy taxes, NDC, sustainability.

INTRODUCCIÓN

El modelo actual de producción, procesamiento y distribución de alimentos ha generado una paradoja caracterizada por simultáneamente causar malnutrición en sus diversas formas y contribuir significativamente a la degradación ambiental local y global¹. Los sistemas alimentarios contemporáneos enfrentan una crisis multidimensional caracterizada por su insostenibilidad estructural y sus profundos efectos adversos en la salud de la población². Esta crisis se manifiesta en la creciente prevalencia de enfermedades no transmisibles relacionadas con la dieta³. La industrialización alimentaria ha privilegiado la eficiencia económica por sobre la calidad nutricional y la sostenibilidad ambiental, resultando en sistemas que generan aproximadamente el 30% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero⁴, consumen desproporcionadamente recursos hídricos y contribuyen a la pérdida de biodiversidad⁵. Esta insostenibilidad no solo compromete la seguridad alimentaria futura, sino que también perpetúa ciclos de inequidad social y deterioro ecosistémico^{1,6}.

Los sistemas agrícolas mundiales en general y latinoamericanos en particular, presentan una alta vulnerabilidad ante el cambio climático, debido a su alta dependencia de condiciones climáticas específicas y su limitada capacidad adaptativa actual. La región enfrenta amenazas crecientes como sequías prolongadas, eventos climáticos extremos y cambios en los patrones de precipitación⁶, que comprometen la productivi-

dad agrícola y la seguridad alimentaria de poblaciones ya vulnerables. En este contexto, los sistemas alimentarios sostenibles emergen como un paradigma fundamental que busca garantizar la seguridad alimentaria y nutricional para todos, sin comprometer las bases económicas, sociales y ambientales para las generaciones futuras. Estos sistemas integran toda la cadena de valor alimentaria, desde la producción hasta el consumo, incorporando principios de resiliencia climática, equidad social y regeneración ecosistémica.

Uno de los factores que condiciona las decisiones de compra y consumo son los entornos alimentarios, que involucran factores físicos, económicos, políticos y socioculturales que influyen en la disponibilidad, accesibilidad, asequibilidad y calidad de los alimentos en un lugar determinado⁷. Desde esta perspectiva el entorno alimentario toma un papel determinante en la transición a sistemas alimentarios sostenibles, pues permite propiciar la disponibilidad de alimentos, bebidas y comidas que contribuyen a una dieta equilibrada y saludable, facilitando la adopción de hábitos alimentarios saludables y sostenibles en un contexto comunitario de interacción.

Tanto Chile como México evidencian transiciones nutricionales caracterizadas por el deterioro progresivo de los indicadores de salud poblacional, con cambios en los patrones alimentarios hacia mayor consumo de alimentos ultraprocesados en detrimento de alimentos frescos. En Chile, las cifras de la ENS (Encuesta Nacional de Salud) 2016-2017 muestran que el 74.2% de la población presenta malnutrición por exceso, con incrementos sostenidos en enfermedades crónicas no transmisibles como hipertensión arterial (27.6%), diabetes mellitus (12.3%) y dislipidemia. México presenta un patrón similar de deterioro, con la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad en adultos aumentando de 71.2% en 2012 a 75.2% en 2022, acompañada de incrementos significativos en diabetes (de 9.2% a 18.3%) e hipertensión arterial (de 25% a 47% entre 2016-2022).

En el contexto latinoamericano, México y Chile representan casos de estudio relevantes para analizar la transformación de entornos alimentarios obesogénicos, ya que ambos países enfrentan desafíos nutricionales similares caracterizados por la doble carga de obesidad y desnutrición. Ambas naciones han desarrollado marcos normativos innovadores en política alimentaria, incluyendo sistemas de etiquetado frontal⁸, que los posicionan como referentes regionales para modificar entornos alimentarios. Este artículo busca comparar las estrategias implementadas en México y Chile para la transformación hacia sistemas más saludables y sostenibles, que puedan mostrar el desarrollo de políticas alimentarias con mayor efectividad en la región.

METODOLOGÍA

Este estudio empleó un diseño de análisis documental comparativo con codificación temática para examinar las po-

líticas públicas alimentarias de México y Chile. Se analizaron documentos oficiales de políticas alimentarias implementadas desde 2010, así como las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) entre 2015 y 2022, obtenidos de registros gubernamentales y del repositorio de la UNFCCC. Los documentos analizados tienen un componente explícito de regulación alimentaria, sostenibilidad, etiquetado, impuestos saludables, entornos alimentarios y compromisos climáticos vinculados a sistemas alimentarios. La búsqueda excluyó políticas piloto, documentos no oficiales e iniciativas hiperlocales. La Tabla 1 detalla las fuentes de documentos analizados. Se identificaron convergencias y divergencias entre ambos países, con énfasis en el alcance normativo, los resultados reportados y la integración de criterios de sostenibilidad ambiental.

sentan cambios relevantes. Además, aún existe la meta de incorporar la sostenibilidad en la producción alimentaria, así como, aumentar la accesibilidad económica y física a alimentos saludables, especialmente en poblaciones más vulnerables donde los patrones alimentarios y decisiones de compras no reflejan cambios.

Por su parte, las políticas y medidas regulatorias de México, si bien abarcan herramientas similares, como los impuestos a las bebidas azucaradas y las regulaciones de comercialización, han enfrentado desafíos en cuanto a mensajes claros y medidas de gobernanza sólida para mitigar impacto negativo de los productos ultraprocesados, mejorar la disponibilidad y la asequibilidad de las opciones nutritivas y llevar a cabo campañas educativas para fomentar prácticas alimentarias más saluda-

Tabla 1. Características del análisis documental

Período de análisis	Políticas alimentarias: 2010-2024. NDC: 2015-2022
Fuentes consultadas	México: Diario Oficial de la Federación, Secretaría de Salud, Cámara de Diputados. Chile: Biblioteca del Congreso Nacional, Ministerio de Salud. Ambos: UNFCCC.
Fecha de búsqueda	Junio-agosto 2025.
Términos de búsqueda	Etiquetado nutricional, impuestos bebidas azucaradas, regulación alimentaria, entornos alimentarios, sistemas alimentarios sostenibles, NDC.
Tipos de documentos	Leyes, reglamentos, normas oficiales, estrategias nacionales, NDC.
Documentos analizados	México: n=10 Chile: n=8.
Criterios de inclusión	Documentos oficiales vigentes con componente regulatorio en alimentación, etiquetado nutricional, impuestos a alimentos o compromisos climáticos alimentarios.
Criterios de exclusión	Políticas piloto, documentos no oficiales, iniciativas subnacionales, guías sin carácter normativo.
Categorías de análisis	Etiquetado frontal de alimentos, impuestos a alimentos, publicidad infantil, regulación escolar, marcos legales integrales, compromisos NDC.

RESULTADOS

Las políticas públicas alimentarias y medidas regulatorias implementadas en Chile han sido reconocidas a nivel internacional como pioneras e impulsoras de cambios en el entorno alimentario. Tras la implementación del impuesto a las bebidas azucaradas y la ley de etiquetado y comercialización de alimentos, en su primera etapa, se pudo constatar una disminución de las compras de productos “altos en” en todas las categorías⁹. En las etapas posteriores, se redujo la proporción de alimentos ofertados con etiquetado de advertencia¹⁰. Si bien estas medidas han arrojado resultados positivos, sigue existiendo el desafío de reflejar estos cambios en los indicadores de salud en toda la población, que a la fecha no pre-

bles¹¹. Es relevante mencionar que México, además, incorporó una medida adicional complementando el etiquetado con impuestos a alimentos ultraprocesados, medida ausente en Chile¹², además de nuevos lineamientos en escuelas, así como una estrategia nacional escolar de Vida Saludable (2025).

El entorno alimentario condiciona los comportamientos de consumo alimentario entre la población, por lo que reconocer su configuración espacial es fundamental para entender las disparidades en el acceso a los alimentos desde una perspectiva territorial. En este sentido, México y Chile han sido pioneros, desde el Sur Global, en la evaluación de los niveles de acceso a los distintos tipos de alimentos. En Ciudad de México se reveló que el 58% del territorio urbanizado de la ciudad se

encuentra bajo la influencia de un pantano alimentario, que es un área donde abunda la oferta de alimentos de alta densidad energética, altos en sodio, azúcar, grasas saturadas y bajos en fibra. Además, se reveló que estos pantanos afectan principalmente a las personas con altos y medios niveles de marginación urbana¹³. Este hallazgo es consistente con las investigaciones realizadas en Santiago de Chile, donde se encontró, en un estudio de entornos escolares, que las escuelas con los niveles más altos de marginación se encuentran más próximos y en áreas con mayor densidad de establecimientos de alimentos no saludables¹⁴.

En 2024 se aprobó en México la Ley General de Alimentación Adecuada y Sostenible que, además de buscar garantizar el derecho de todas las personas a una alimentación nutritiva, suficiente y de calidad, está enfocada a promover sistemas alimentarios sostenibles y justos a través de la implementación de políticas públicas orientadas a prácticas agrícolas y alimentarias que cuiden el medio ambiente y la biodiversidad y que prioricen la producción local de alimentos. Para este fin, se creó el Sistema Intersectorial Nacional de Salud, Alimentación, Medio Ambiente y Competitividad (SISAMAC) para coordinar intersectorialmente las políticas de alimentación que integren salud, agricultura y medio ambiente.

En mayo de 2023, Chile lanzó oficialmente la Estrategia Nacional de Soberanía para la Seguridad Alimentaria (ENSSA), cuyo plan de implementación incluye 84 medidas operacionables. Entre las iniciativas destacan los Microbancos de Alimentos para la recuperación de alimentos no comercializados, el programa "Juntos Más Barato" que capacita a familias en compras colectivas, las Nuevas Guías Alimentarias para Chile y programas de I+D para diversificación productiva sostenible, como parte de un enfoque integral que abarca desde la producción hasta el consumo de alimentos.

El análisis comparativo de las NDC de México y Chile entre 2015 y 2022 evidencia marcos conceptuales progresivamente divergentes hacia los sistemas alimentarios sostenibles. Mientras ambos países partieron en 2015 con enfoques limitados centrados en compromisos forestales y tecnificación agrícola, para 2022 México evolucionó hacia una conceptualización sistémica estableciendo el "Eje B. Sistemas productivos resilientes y seguridad alimentaria" con líneas de acción específicas que incluyen prácticas agroecológicas, sistemas agrosilvopastoriles y la incorporación del riesgo climático en cadenas de valor. En contraste, Chile mantuvo una aproximación sectorial que privilegia la conservación de recursos naturales sin desarrollar marcos específicos de seguridad alimentaria diferenciados, evidenciando trayectorias divergentes donde México operacionaliza la seguridad alimentaria como componente central de justicia climática, mientras Chile mantiene su enfoque en soluciones basadas en la naturaleza sin explicitar los sistemas alimentarios.

DISCUSIÓN

Los cambios en el entorno alimentario impulsado por las medidas regulatorias aún presentan desafíos relevantes, pues existe un énfasis en la restricción de los nutrientes críticos, pero no se favorece con igual fuerza el consumo de alimentos naturales o mínimamente procesados como una medida que favorezca el cambio de comportamiento a largo plazo, además es necesario implementar estrategias relacionadas con campañas de comunicación masiva y en redes sociales, o intervenciones periódicas de educación e información desde edades tempranas de formación.

Por su parte, la sostenibilidad de los sistemas alimentarios en México y Chile evidencia enfoques diferenciados en la integración de criterios ambientales. México ha desarrollado una aproximación sistémica que operacionaliza los sistemas alimentarios como dominio sectorial específico en sus NDC, con prácticas agroecológicas y sistemas agrosilvopastoriles. Chile mantiene un enfoque centrado en soluciones basadas en la naturaleza, privilegiando la conservación de recursos naturales sin marcos específicos para sistemas alimentarios. Las políticas de etiquetado frontal y fiscales implementadas en ambos países no solo modifican patrones de consumo hacia alternativas más saludables, sino que también tienen potencial para reducir la huella ambiental al desincentivar productos ultraprocesados que requieren mayor intensidad de recursos en su producción. Sin embargo, la integración efectiva de criterios ambientales en políticas alimentarias requiere avanzar hacia marcos normativos que fomenten explícitamente la producción local, agricultura sustentable, y la regulación en el uso de agrotóxicos, conectando las regulaciones de entornos alimentarios con incentivos para sistemas productivos resilientes que fortalezcan simultáneamente la seguridad alimentaria y sostenibilidad ecosistémica regional.

Tanto la Ley General de Alimentación Adecuada y Sostenible en México, como la Estrategia Nacional de Soberanía para la Seguridad Alimentaria en Chile, tienen un enfoque intersectorial que integra salud, agricultura y sostenibilidad ambiental, priorizando la producción local y el acceso equitativo a alimentos nutritivos. Sin embargo, dada la reciente implementación de estas políticas públicas, resulta fundamental desarrollar sistemas de monitoreo y evaluación que permitan medir su efectividad real en la transformación de los sistemas alimentarios, el cumplimiento del derecho a la alimentación y el logro de la sostenibilidad, especialmente considerando que ambos países enfrentan desafíos similares de obesidad, inseguridad alimentaria y degradación ambiental que requieren evidencia empírica sobre el impacto de estas estrategias integrales.

La evaluación de la efectividad de las políticas alimentarias en México y Chile enfrenta limitaciones debido a la falta de estudios longitudinales que midan impactos sostenidos. La reciente implementación de marcos normativos integrales en

ambos países requiere el desarrollo urgente de sistemas de monitoreo multidimensional que capturen cambios en salud poblacional, equidad social y sostenibilidad ambiental. Esta brecha representa una limitación crítica para informar el diseño de políticas alimentarias futuras, especialmente considerando que la transformación hacia sistemas alimentarios sostenibles demanda evidencia empírica sobre los efectos sinérgicos de intervenciones multisectoriales a largo plazo.

Este estudio presenta limitaciones inherentes al análisis documental. La revisión se circunscribió a documentos oficiales publicados, excluyendo posibles iniciativas en desarrollo o no formalizadas. Además, la evaluación del impacto de las políticas se basó en estudios secundarios, sin acceso a datos primarios que permitieran un análisis más profundo de efectividad.

CONCLUSIONES

Chile y México representan casos de estudio importantes para analizar la efectividad de políticas alimentarias innovadoras en América Latina, ya que ambos países han sido pioneros en implementar marcos normativos integrales que vinculan la salud poblacional con la sostenibilidad ambiental, posicionándose como referentes regionales en la transformación hacia sistemas alimentarios más equitativos y sostenibles.

La sistematización y transferencia de las experiencias de México y Chile representa una oportunidad estratégica para acelerar la transformación de sistemas alimentarios en América Latina. Los marcos normativos desarrollados por ambos países, incluyendo etiquetado frontal, impuestos específicos e instrumentos de seguridad alimentaria, ofrecen modelos adaptables que pueden ser implementados en contextos nacionales específicos, considerando las particularidades epidemiológicas, socioeconómicas y culturales de cada país.

La creación de plataformas de intercambio de experiencias y redes de colaboración puede facilitar la adopción de mejores prácticas, fortalecer capacidades institucionales y generar sinergias que potencien el impacto de las políticas alimentarias hacia sistemas más equitativos y sostenibles a escala regional.

AGRADECIMIENTOS

VRID-UDEC 2022000641INT.

REFERENCIAS

1. FAO, FIDA, OMS, PMA y, UNICEF. *El Estado de La Seguridad Alimentaria y La Nutrición En El Mundo 2021. Transformación de Los Sistemas Alimentarios En Aras de La Seguridad Alimentaria, Una Nutrición Mejorada y Dietas Asequibles y Saludables Para Todos.*; 2021. doi:<https://doi.org/10.4060/cb4474es>
2. Willett W, Rockström J, Loken B, et al. Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*. 2019;393(10170):447-492. doi:10.1016/S0140-6736(18)31788-4
3. Afshin A, Sur PJ, Fay KA, et al. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *The Lancet*. 2019;393(10184):1958-1972. doi:10.1016/S0140-6736(19)30041-8
4. Crippa M, Solazzo E, Guizzardi D, Monforti-Ferrario F, Tubiello FN, Leip A. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nat Food*. 2021;2(3):198-209. doi:10.1038/s43016-021-00225-9
5. Campbell BM, Beare DJ, Bennett EM, et al. Agriculture production as a major driver of the earth system exceeding planetary boundaries. *Ecology and Society*. 2017;22(4). doi:10.5751/ES-09595-220408
6. IPCC. *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press; 2022. doi:10.1017/9781009325844
7. Downs SM, Ahmed S, Fanzo J, Herforth A. Food environment typology: Advancing an expanded definition, framework, and methodological approach for improved characterization of wild, cultivated, and built food environments toward sustainable diets. *Foods*. 2020;9(4). doi:10.3390/foods9040532
8. Dorantes Ugalde D, Naranjo Modad S. Etiquetado frontal: entre la mercadotecnia y las políticas de salud pública. *Nutr Clín Diet Hosp*. 2011;3(31):52-61. Accessed December 1, 2025. <https://revista.nutricion.org/PDF/ Etiquetado-frontal.pdf>
9. Taillie LS, Bercholz M, Popkin B, Rebolledo N, Reyes M, Corvalán C. Decreases in purchases of energy, sodium, sugar, and saturated fat 3 years after implementation of the Chilean food labeling and marketing law: An interrupted time series analysis. *PLoS Med*. 2024;21(9). doi:10.1371/journal.pmed.1004463
10. Rebolledo N, Ferrer-Rosende P, Reyes M, Smith Taillie L, Corvalán C. Changes in the critical nutrient content of packaged foods and beverages after the full implementation of the Chilean Food Labelling and Advertising Law: a repeated cross-sectional study. *BMC Med*. 2025;23(1). doi:10.1186/s12916-025-03878-6
11. Pano O. Nutritional policies for health in Mexico: the message is (not) clear. *Nutr Hosp. ARAN Ediciones S.A.* 2022;39(1):3-4. doi:10.20960/nh.04038
12. Rivera JA, Colchero MA, Pérez-Ferrer C, Barquera S. Perspective: Mexico's Experience in Building a Toolkit for Obesity and Non-communicable Diseases Prevention. *Advances in Nutrition*. 2024; 15(3). doi:10.1016/j.advnut.2024.100180
13. González-Alejo AL, Frejomil EP, Rosales-Tapia AR. Spatial patterns of access to retail food outlets in Mexico City. *Finisterra*. 2019; 54(111):133-152. doi:10.18055/finis16456
14. Kain J, Sandoval MH, Orellana Y, Cruz N, Díez J, Weisstaub G. Socio-Spatial Segregation of Unhealthy Food Environments across Public Schools in Santiago, Chile. *Nutrients*. 2023;16(1):108. doi:10.3390/nu16010108

Oral supplementation with a collagen milk product enhances skin elasticity in adult women: a randomized, placebo-controlled clinical trial

Dien KURTANTY¹, Prita DHYANI SWAMILAKSITA², HARNA², Mertien SA'PANG², Ade HERYANA¹, Diah MULYAWATI UTARI³

¹ Department of Nutrition Science, Faculty of Health Sciences, Esa Unggul University.

² Department of Public Health, Faculty of Health Sciences, Esa Unggul University.

³ Departement of Public Health Nutrition, Faculty of Public Health, University of Indonesia.

Recibido: 14/octubre/2025. Aceptado: 29/diciembre/2025.

ABSTRACT

Introduction: Skin aging is influenced by genetic, hormonal, environmental, and nutritional factors. Collagen, the main structural protein in the dermis, decreases with age, leading to reduced elasticity and firmness. Nutritional strategies such as oral collagen supplementation have been proposed to improve skin health. However, evidence from Southeast Asian populations, particularly Indonesian women, remains limited.

Methods: This randomized, placebo-controlled clinical trial involved 60 adult women aged 30–50 years in Bogor, Indonesia. Subjects were randomly assigned to receive either collagen-enriched milk or a placebo for eight weeks. Anthropometric parameters, nutrient intake, and collagen loss score were measured before and after intervention. Data were analyzed using paired and independent t-tests, followed by ANCOVA adjusted for age, BMI ($p < 0.05$).

Results: No significant changes were observed in body weight or BMI ($p > 0.05$), indicating no effect on energy balance. However, collagen loss significantly decreased in the intervention group (from $66.87 \pm 16.0\%$ to $57.53 \pm 17.2\%$, ($p = 0.012$), while remaining unchanged in the control group ($p = 0.957$). ANCOVA revealed a significant between-group difference ($p = 0.042$; $\eta^2 = 0.051$), suggesting a small-to-moderate effect of collagen milk on dermal collagen metabolism. Nutrient intake remained stable across both groups.

Conclusion: Eight weeks of collagen-enriched milk supplementation significantly improved dermal collagen integrity without altering nutritional status or energy intake. This supports the potential role of collagen-based functional foods in promoting skin health and delaying early aging among adult women.

KEYWORDS

Skin aging, nutritional intervention, dermal integrity, functional supplementation, collagen protein.

INTRODUCTION

Skin aging is a multifactorial process influenced by genetic, hormonal, environmental, and nutritional factors¹. As the largest organ in the human body, the skin undergoes structural and functional changes with age, including reduced dermal collagen, loss of elasticity, and dryness². Among these factors, nutrition plays a pivotal role in maintaining skin integrity and elasticity through its contribution to collagen synthesis, antioxidant defense, and hydration regulation³. Dietary interventions that enhance collagen metabolism have therefore attracted growing attention as potential strategies to support *skin health from within*, a concept often referred to as *nutricosmetics*⁴.

Collagen is the primary structural protein of the skin, accounting for nearly 70% of the dermal dry weight. Its degradation and decreased synthesis are hallmarks of aging, leading to wrinkles and loss of firmness⁵. Several clinical trials have demonstrated that oral supplementation with collagen peptides or collagen-enriched food products can increase dermal collagen density and improve skin elasticity⁶. For instance, Inoue and colleagues (2016) reported that adult

Correspondencia:

Dien Kurtanty
dien.kurtanty@esaunggul.ac.id

women consuming a collagen-fortified milk product showed significantly greater improvement in skin elasticity compared to a placebo group after eight weeks of intervention. These effects are attributed to the bioavailability of di- and tri-peptides such as prolyl-hydroxyproline, which stimulate fibroblast activity and extracellular matrix synthesis in the dermis⁷.

Beyond collagen itself, several nutrients are known to influence skin health and structure. Protein provides the amino acid building blocks for collagen production, while micronutrients such as vitamin C, zinc, and calcium are essential cofactors in collagen cross-linking, keratinocyte proliferation, and epidermal differentiation^{3,8}. Deficiencies or suboptimal intakes of these nutrients may exacerbate signs of skin aging and impair barrier function. Recent studies also emphasize that nutritional modulation of skin properties does not necessarily require pharmacological doses—consistent, balanced intake of dietary protein and micronutrients can provide measurable dermal benefits over time^{7,9}.

Despite this growing evidence, most interventional studies on collagen supplementation and dietary skin health have been conducted in Western or East Asian populations, where dietary patterns, baseline protein intake, and skin phototypes differ significantly from those of Southeast Asian populations. Data among Indonesian women remain limited, even though the prevalence of overweight and early signs of skin aging are increasing in urban adults^{6,10}. Investigating the effect of collagen-enriched milk supplementation within this demographic context could provide locally relevant evidence on how dietary interventions contribute to dermal health and overall well-being. Such findings could support the development of culturally appropriate nutritional strategies for healthy aging and skin health promotion. Therefore, this study aimed to examine the effect of collagen-enriched milk intervention on collagen loss among Indonesian women.

RESEARCH METHOD

Study Design and Location

This study employed an experimental design to evaluate the effects of collagen-enriched milk supplementation on collagen fiber integrity. The research was conducted as a randomized, placebo-controlled clinical trial in Ciparigi District, Bogor City, Indonesia. Subjects were recruited using a convenience sampling method and subsequently randomized into either the intervention group receiving collagen-enriched milk or the control group receiving a placebo beverage. The placebo formulation was prepared and standardized at the Food Technology Laboratory, Esa Unggul University, to ensure sensory similarity with the collagen-enriched milk while containing no active collagen components. Data collection and intervention procedures were carried out within a standardized time frame to ensure uniform environmental and physiological conditions, thereby minimizing external variability and temporal bias.

The study utilized a **double-blind design**. Randomization codes were generated by an independent statistician not involved in data collection. Both the participants and the research team (including outcome assessors and statistical analysts) remained blinded to group allocation until the completion of the statistical analysis. The placebo and collagen products were packed in identical cans coded only with random numbers to ensure allocation concealment.

Subject and Ethical Clearance

The target population consisted of adult women aged 30–50 years residing in the Ciparigi area. A total of 60 subjects were selected based on specific inclusion and exclusion criteria. Inclusion criteria included: (1) Female gender; (2) Age between 30 and 50 years; and (3) Willingness to participate by signing an informed consent form. Exclusion criteria were: (1) Individuals with a history of chronic diseases (e.g., diabetes, liver or kidney disorders); (2) Those currently taking supplements or medications affecting skin or collagen metabolism; (3) Pregnant or lactating women; and (4) Participants with allergies to milk or collagen-containing products.

Ethical clearance was obtained from the Health Research Ethics Committee of the University of Indonesia with the approval reference number KET-1057/UN2.F1/ETIK/PPM.00.02/2025, and all participants provided written informed consent prior to data collection.

Measurement Instruments and Scales

Skin parameters were assessed using the **Bitmoji Facial Skin Analyzer**, a non-invasive optical imaging system. The measurement of dermal collagen integrity relies on **fluorescence spectroscopy principles**. The device utilizes specific excitation light to induce autofluorescence in dermal collagen and elastic fibers, a method well-documented for evaluating connective tissue structure¹¹.

The primary outcome, '**Collagen Loss Score**', is a quantitative index (scale 0–100) derived from the analysis of fluorescence signal density and distribution. According to the instrument's algorithm, the detection of denser intermittent fluorescence patterns corresponds to the disintegration of the regular collagen mesh structure in the deep dermis. In this scoring system, a higher numerical score indicates a higher degree of structural degradation and collagen loss (negative status), while a lower score reflects better dermal integrity¹². This optical evaluation correlates with clinical signs of aging by quantifying the disruption of the dermal support matrix.

Intervention Procedure

Subjects were randomly assigned into two groups: (1) Intervention group, which received Collagena milk from PT Tirta Fresindo Jaya; and (2) Control group, which received a

placebo with identical appearance and flavor. The intervention lasted for eight weeks, during which subjects consumed one serving of their assigned product daily. They were instructed to maintain their usual dietary habits and physical activities throughout the intervention period to minimize confounding factors related to energy intake or lifestyle changes. Both beverages had identical flavor, color, and appearance to ensure blinding during the intervention period.

Collagen fiber loss was quantified using the analyzer's built-in index ranging from **0 to 100**, where:

- Higher scores indicate greater collagen degradation, reduced dermal density, and lower elasticity.
- Lower scores indicate more intact collagen structure and better dermal support. The index is derived from contrast analysis, dermal pixel distribution uniformity, and textural pattern mapping of collagen-rich regions. Although not an absolute biophysical measure, it provides a reproducible **relative indicator** of collagen integrity used for within-subject and between-group comparison. The interpretation and scoring system follow the manufacturer's operational guidelines and prior studies utilizing similar optical collagen indices.

Table 1. Nutritional composition of collagen milk and placebo beverage (189 ml)

Nutrient Component	Collagen Milk	Placebo Beverage	Unit
Energy	130	107	kcal
Protein	8	0,09	g
Total Fat	6	2,6	g
Carbohydrate	11	21	g
Sodium	200	17	mg
Collagen	1000	-	g
Vitamin A	135	-	µg RE
Phosphor	105	1,9	mg
Calcium	150	2	mg

Data Processing and Statistical Analysis

All collected data were analyzed using IBM SPSS Statistics version 25. Descriptive statistics were used to summarize subject characteristics. Prior to hypothesis testing, the normality of data distribution was verified using the Shapiro-

Wilk test ($p > 0.05$), and the homogeneity of variances was assessed using Levene's test.

Bivariate analysis was conducted using independent samples t-tests to compare mean differences between the intervention and control groups. To further evaluate the effects of the intervention while controlling for potential confounders, Analysis of Covariance (ANCOVA) was performed with age and BMI as covariates. Before interpreting ANCOVA results, the **assumption of homogeneity of regression slopes** was verified by testing the interaction term between the intervention group and the covariates. No significant interaction was found ($p > 0.05$), confirming that the effect of covariates was consistent across groups.

RESULTS

The study included 60 adult women, divided equally into the intervention and control groups. Baseline characteristics, including age, height, weight, and BMI, showed no statistically significant differences between groups ($p > 0.05$). Nutrient intake variables—protein, carbohydrate, vitamin C, calcium, and zinc—were also comparable at baseline ($p > 0.05$).

Body weight and BMI did not show significant changes within or between groups over the intervention period ($p > 0.05$). The intervention group showed a mean weight change of 0.58 ± 4.0 kg, while the control group showed a change of 0.30 ± 4.0 kg.

A significant reduction in collagen loss was observed in the intervention group, decreasing from $66.87 \pm 16.0\%$ to $57.53 \pm 17.2\%$ ($p = 0.012$). In contrast, the control group showed no significant change in collagen loss ($62.53 \pm 17.3\%$ to $62.70 \pm 19.3\%$; $p = 0.957$). Between-group comparison indicated a statistically significant difference in post-intervention collagen loss ($p = 0.046$).

Post-intervention nutrient intake comparisons showed no significant between-group differences for all variables ($p > 0.05$), except zinc intake, which increased significantly within the control group ($p < 0.05$) but did not differ significantly between groups.

ANCOVA analysis, adjusting for age and BMI, demonstrated a significant group effect on collagen loss ($F = 2.98$; $p = 0.042$; $\eta^2 = 0.051$). The adjusted mean collagen loss was $56.32 \pm 3.09\%$ for the intervention group and $63.91 \pm 3.09\%$ for the control group. All findings are reported without interpretation, limited to numerical outcomes, statistical significance, and differences between groups as required for the Results section.

DISCUSSION

The subjects in this study were adult women with a mean age of 40.47 ± 6.4 years in the intervention group and 38.10 ± 5.3 years in the control group. The average height of the subjects was 148.6 ± 8.1 cm in the intervention group and

150.5 ± 4.8 cm in the control group, while the mean body weight was 59.85 ± 9.7 kg and 58.89 ± 9.9 kg, respectively. Based on these values, the calculated Body Mass Index (BMI) was 27.03 ± 3.6 kg/m² for the intervention group and 26.07 ± 4.8 kg/m² for the control group, both of which fall within the overweight category according to the WHO Asia-Pacific classification (WHO Expert Consultation, 2004). These findings are consistent with national data showing that the prevalence of overweight and obesity among Indonesian adult women aged 35–49 years has reached 44.4%¹⁰. Similar trends are observed globally, where approximately 39% of adults are classified as overweight and 13% as obese, with a higher prevalence in women¹³.

The average protein intake of respondents in the intervention and control groups showed relatively balanced values, namely 35.29 ± 12.3 g and 34.81 ± 11.8 g, respectively, with a *p*-value of 0.883, indicating no significant difference between the two groups. Similarly, carbohydrate intake showed an average value of 126.74 ± 30.5 g in the intervention group and 119.03 ± 36.3 g in the control group (*p* = 0.444). Vitamin C intake also showed no significant difference, with an average of 22.16 ± 30.5 mg in the intervention group and 18.60 ± 23.0 mg in the control group (*p* = 0.587). Meanwhile, calcium intake reached 388.70 ± 229.2 mg in the intervention group and 380.97 ± 207.8 mg in the control group (*p* = 0.898), while zinc (Zn) intake was 2.75 ± 1.80 mg and 2.34 ± 1.59 mg, respectively (*p* = 0.328).

Overall, these results indicate that there were no significant differences in macro- and micronutrient intake between the intervention and control groups before the intervention (*p* > 0.05). These findings indicate that the initial conditions of the two groups were relatively homogeneous in terms of nutritional intake status, thereby minimizing potential bias due to nutritional differences. This homogeneity of intake is important to ensure that changes occurring after the intervention are more likely to be caused by the treatment administered rather than by variations in the respondents' daily nutritional intake.

As shown in Table 3, the mean body weight of subjects in the intervention group was 59.85 ± 9.7 kg before the intervention and slightly increased to 60.43 ± 9.9 kg after supplementation. In the control group, weight changed from 58.89 ± 9.9 kg to 59.19 ± 9.9 kg. Paired *t*-tests revealed no significant within-group differences (*p* = 0.445 and *p* = 0.691, respectively), and the between-group comparison was also non-significant (*p* = 0.792). Similarly, mean BMI values changed marginally from 27.03 ± 3.6 kg/m² to 27.33 ± 3.8 kg/m² in the intervention group and from 26.07 ± 4.8 kg/m² to 26.20 ± 4.7 kg/m² in the control group—with no statistically significant differences (*p* > 0.05).

According to Table 4, a significant difference was observed in Collagen Loss content, which decreased from 66.87 ± 16.0% to 57.53 ± 17.2% in the intervention group (*p* = 0.012), whereas

Table 2. Distribution of Subject Characteristics

Variable	Group (mean±SD)		p
	Intervention	Control	
Age (years)	40.47±6.4	38.10±5.3	0.125
Height (cm)	148.59±8.1	150.54±4.8	0.264
Body Weight (kg)	59.85±9.7	58.89±9.9	0.707
BMI (kg/m ²)	27.03±3.6	26.07±4.8	0.391
Protein intake (g)	35,29 ± 12,3	34,81 ± 11,8	0,883
Carbohydrate Intake (g)	126,74 ± 30,5	119,03 ± 36,3	0,444
Vit. C Intake (mg)	22,16 ± 30,5	18,60 ± 23,0	0,587
Calcium Intake (mg)	388,70 ± 229,2	380,97 ± 207,8	0,898
Zn Intake (mg)	2,75 ± 1,80	2,34 ± 1,59	0,328

p-values were obtained using the independent samples *t*-test.

Table 3. Differences in Nutritional Status of Subjects Between Intervention and Control Groups

Variable	Group (mean±SD)		p*
	Intervention	Control	
Body Weight (Kg)			
Baseline	59.85±9.7	58.89±9.9	0.792
Endline	60.43±9.9	59.19±9.9	
p**	0.445	0.691	
Δ	0.58±4.0	0.30±4.0	
Δ (%)	0,96%	0,50%	

*p** = independent samples *t*-test; *p*** = paired samples *t*-test.

the control group remained relatively stable (*p* = 0.957). The between-group comparison revealed a statistically significant difference (*p* = 0.046), suggesting that the collagen milk intervention exerted a measurable effect on dermal collagen structure.

As shown in Table 5, the mean intake of macronutrients and micronutrients before and after the intervention showed minimal and statistically nonsignificant changes (*p* > 0.05) in both the intervention and control groups. Micronutrient in-

Table 4. Differences in Collagen Loss Between Intervention and Control Groups

Variable	Group (mean±SD)		p
	Intervention	Control	
Collagen Loss (%)			
Baseline	66.87±16.0	62.53±17.3	0.046*
Endline	57.53±17.2	62.70±19.3	
p**	0.012*	0.957	
Δ	-9.33±19	0.17±16.8	
Δ (%)	-13,96%	0,27%	

p* = independent samples *t*-test; p** = paired samples *t*-test. * Significant at $p < 0.05$.

take, including calcium, zinc, and vitamin C, also showed no significant change post-intervention.

An ANCOVA (Table 6) was conducted to evaluate the effect of collagen milk supplementation on skin collagen loss content after adjusting for potential covariates such as age and body mass index. The results revealed a significant difference between the intervention and control groups in collagen loss levels ($F = 2.98$; $p = 0.042$; $\eta^2 = 0.051$). The partial eta squared value of 0.051 indicates a small-to-moderate effect size (Cohen, 1988), suggesting that approximately 5.1% of the variation in skin collagen could be attributed to the supplementation. After adjustment for covariates, the adjusted mean collagen loss content was $56.32 \pm 3.09\%$ in the intervention group and $63.91 \pm 3.09\%$ in the control group.

The age range of subjects is from early middle adulthood, a life stage commonly associated with the initial physiological signs of skin aging, such as decreased elasticity and dermal hydration¹⁴. At this age, endogenous collagen synthesis begins to decline by approximately 1% per year, while environmental factors such as UV exposure and oxidative stress accelerate the degradation of dermal matrix components^{1,4,15}. Thus, this population is an appropriate target group for investigating the potential benefits of collagen supplementation on skin health.

The subjects' anthropometric characteristics suggest a mild excess in body weight, consistent with nutrition transition patterns in urban populations due to lower physical activity levels and high-calorie dietary patterns¹⁶. Importantly, excess body weight has been associated with increased oxidative stress and disturbances in collagen homeostasis, both of which may accelerate skin aging¹⁷. However, mild overweight without metabolic complications may still serve as a stable baseline condition for assessing nutritional interventions with-

Table 5. Differences in subjects' nutrient intake based on intervention and control groups

Variable	Group (mean±SD)		p
	Intervention	Control	
Protein (g)			
Baseline	35.29±12.3	34.81±11.8	0.553
Endline	44.19±13.3	45.03±15.5	
p**	0.000*	0.000*	
Δ	8.90±7.56	10.22±9.56	
Δ (%)	25,21%	29,35%	
Carbohydrates (g)			
Baseline	126.74±30.5	119.03±36.3	0.241
Endline	158.10±49.9	161.48±46.8	
p**	0.000*	0.000*	
Δ	31.3±35.5	42.44±36.9	
Δ (%)	24,69%	35,65%	
Vitamin C (mg)			
Baseline	22.16±30.5	18.6±23.0	0.973
Endline	22.65±20.2	19.03±17.9	
p**	0.863	0.888	
Δ	0.49±15.5	0.36±14.1	
Δ (%)	2,21%	1,93%	
Calcium (g)			
Baseline	388.70±229.2	380.97±207.8	0.381
Endline	605.98±188.2	560.22±234.5	
p**	0.000*	0.000*	
Δ	217.2±140	179.25±180	
Δ (%)	55,92%	47,10%	
Seng (mg)			
Baseline	2.75±1.8	2.34±1.59	0.161
Endline	3.05±1.1	3.42±1.36	
p**	0.441	0.008*	
Δ	0.31±2.1	1.08±2.08	
Δ (%)	11,27%	46,15%	

p* = independent samples *t*-test; p** = paired samples *t*-test.

Table 6. Effects of collagen milk supplementation on outcome variables after adjustment for covariates (ANCOVA)

Variable	Adjusted Mean (Intervention) ± SE	Adjusted Mean (Control) ± SE	F (1, df)	p-value	η ² (partial)
Collagen Loss (%)	56.32±3.09	63.91±3.09	2.98	0.042*	0.051

out the confounding effect of undernutrition. In this study, *p*-values greater than 0.05 for all baseline characteristics (age, height, weight, BMI) indicate no significant differences between the intervention and control groups, confirming a well-balanced allocation and the internal validity of the trial design¹⁸. The average BMI observed among participants represents a common profile of urban Indonesian women, thereby increasing the ecological validity of this study. Inclusion of women within this BMI range provides a realistic representation of the target population and extends current evidence regarding the efficacy of collagen-enriched foods across diverse nutritional statuses.

The absence of significant changes in body weight and BMI indicates that collagen-enriched milk supplementation did not affect overall energy balance during the study period. This finding is consistent with the results reported in Japan, where eight weeks of collagen milk consumption significantly improved skin elasticity but did not alter body weight or BMI. Similarly, observed no significant anthropometric changes after 8–12 weeks of oral collagen peptide supplementation, despite measurable improvements in skin structure and hydration^{4,7}.

These findings may be explained by the relatively low caloric contribution of collagen supplementation and the higher thermogenic effect of dietary protein, which together are unlikely to substantially affect overall energy balance¹⁹. Furthermore, the relatively short intervention period and controlled dietary conditions likely limited energy fluctuations. From a metabolic perspective, collagen intake primarily supports structural tissue regeneration rather than altering body composition or fat metabolism⁸. Thus, stable anthropometric measures suggest that any observed changes in physiological skin markers can be attributed to the specific effects of collagen peptides rather than weight loss or gain. Energy and carbohydrate intake remained relatively stable, indicating that collagen milk supplementation did not alter subjects' overall dietary patterns during the study. A slight increase in protein intake was observed in the intervention group, consistent with the additional protein contribution from the collagen milk; however, this increase was not sufficient to produce a significant difference between groups.

Overall, the subjects' average protein intake was close to or slightly above the Indonesian Recommended Dietary Allowance (AKG 2020) for adult women (approximately 56 g/day). This finding aligns with data from the Indonesian National Health

Survey, which reported that 72.3% of urban women of reproductive age had adequate to good protein intake¹⁰. The additional protein provided by the collagen milk is rich in glycine, proline, and hydroxyproline—amino acids essential for collagen synthesis and triple-helix stability²⁰. While these amino acids did not significantly increase total energy intake, they contribute functionally to skin and bone regeneration, as reflected in the physiological outcomes discussed in previous tables.

Nevertheless, these nutrients are essential cofactors for optimal collagen metabolism. Calcium serves as the major mineral in bone tissue and acts synergistically with collagen during bone mineralization²¹. Vitamin C is required for the hydroxylation of proline and lysine residues in collagen, catalyzed by the enzymes *prolyl hydroxylase* and *lysyl hydroxylase*, to form a stable triple helix structure⁹. Similarly, zinc supports *collagenase* activity and tissue remodeling, contributing to skin and connective tissue integrity. The lack of significant change in micronutrient intake may reflect consistent eating patterns among subjects and the relatively short intervention period, which was insufficient to modify habitual dietary behavior²².

These findings are consistent with previous clinical studies showing that oral collagen supplementation does not markedly affect macronutrient or energy intake, as collagen contributes only a small proportion of total daily protein without altering core dietary habits. For example, no changes in nutrient intake following collagen supplementation, suggesting that the observed physiological benefits were due to bioactive effects of collagen peptides rather than alterations in total nutrient consumption⁷.

The findings of this study indicate that collagen-enriched milk supplementation can influence dermal collagen metabolism, supporting the growing evidence that nutrition plays a functional role in maintaining skin structure and delaying the aging process. Recent studies emphasize that dietary collagen peptides act not as passive protein sources but as bioactive molecules capable of modulating skin physiology through specific signaling pathways. These dipeptides and tripeptides, particularly prolyl-hydroxyproline (Pro-Hyp) and hydroxyprolyl-glycine (Hyp-Gly), have been shown to stimulate fibroblast proliferation, increase hyaluronic acid synthesis, and upregulate genes associated with collagen type I and elastin formation^{4,23}. This mechanism underlies the concept of "beauty from within," where skin improvement is achieved through internal metabolic activation rather than topical application.

At baseline, participants exhibited severe collagen fiber disruption characterized by reduced elasticity, fragmentation, and breakage, leading to the collapse of the skin's natural supportive structure, with a collagen fiber loss value of 78. After eight weeks of intervention, a substantial improvement was observed, with collagen fiber loss decreasing to 42, indicating enhanced dermal support to the epidermis. This visual improvement, as illustrated in Figure 1, corroborates the quantitative findings that collagen-enriched milk supplementation promotes dermal collagen remodeling and restores extracellular matrix organization. The increased collagen density and alignment reflect a regenerative response induced by bioactive peptides, particularly *prolyl-hydroxyproline* (*Pro-Hyp*) and *hydroxyprolyl-glycine* (*Hyp-Gly*), which stimulate fibroblast proliferation and collagen synthesis within the dermis.

At baseline, participants demonstrated noticeable degradation of collagen fiber integrity, characterized by decreased dermal density, non-uniform fiber alignment, and evident fragmentation within the extracellular matrix. These structural irregularities reflected diminished skin elasticity and reduced collagen network cohesion, corresponding to a collagen fiber loss score of 79. After eight weeks of placebo administration, only a slight improvement was observed, with collagen fiber

loss declining marginally to 75. As illustrated in Figure 2, the post-intervention image continues to exhibit dispersed and uneven collagen distribution, indicating that the placebo treatment did not elicit a meaningful regenerative response. The persistence of fragmented fibers and low dermal compactness suggests limited fibroblast activity and an absence of collagen synthesis stimulation. Collectively, these findings corroborate the quantitative results, demonstrating that placebo administration failed to significantly enhance collagen fiber integrity or restore the structural organization of the dermal matrix.

These results support previous evidence that oral collagen supplementation does not alter general nutritional status but may produce tissue-specific benefits, particularly on skin collagen metabolism and elasticity. Several randomized controlled trials have shown that collagen's effects are localized to dermal physiology through stimulation of fibroblast activity and extracellular matrix remodeling, rather than systemic metabolic changes^{4,7}. This suggests that collagen-based functional foods can be safely used among overweight adult women without concerns of weight gain, providing a targeted nutritional strategy for maintaining skin health and promoting *healthy aging*.

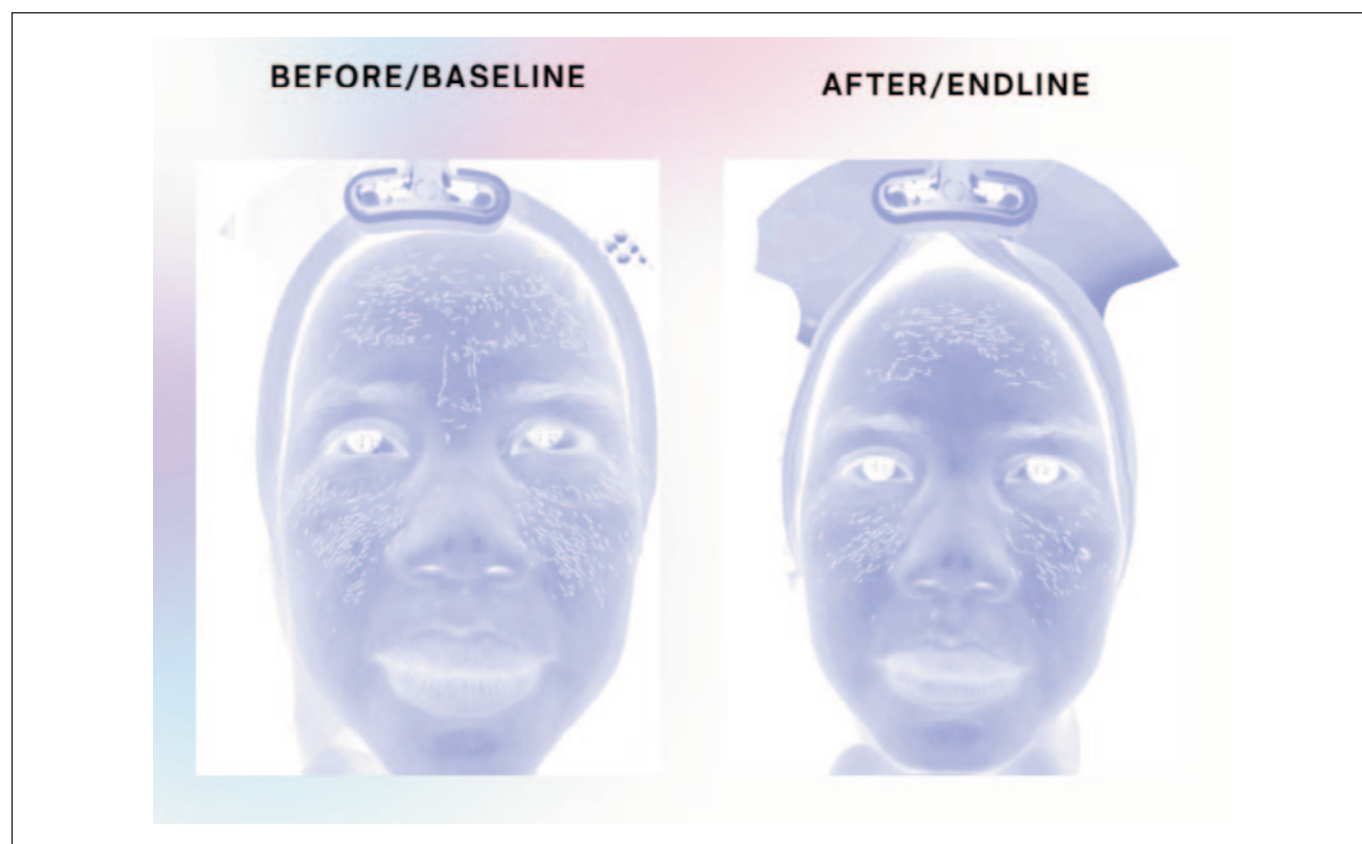


Figure 1. Changes in Collagen Fiber Integrity Observed Before (Baseline) and After (Endline) Eight Weeks of Collagen-Enriched Milk Supplementation



Figure 2. Changes in Collagen Fiber Integrity Observed Before (Baseline) and After (Endline) Eight Weeks of Placebo

Beyond structural effects, collagen supplementation is increasingly viewed as part of a systemic regenerative nutrition approach. Several meta-analyses have demonstrated that hydrolyzed collagen not only improves skin elasticity but also enhances joint function, reduces inflammation, and supports bone metabolism^{6,21}. The shared mechanism involves enhanced extracellular matrix turnover and modulation of oxidative stress through bioactive peptides generated during collagen digestion. Experimental evidence indicates that collagen hydrolysates possess antioxidant properties, contributing to reactive oxygen species scavenging, redox balance, and preservation of extracellular matrix integrity²⁴. These findings expand the implications of collagen supplementation from cosmetic enhancement to connective tissue health and healthy aging.

The outcomes observed in this study also reflect the complex dynamics of collagen remodeling. The temporary decline in collagen loss score in the intervention group, as identified through ANCOVA, may represent the initial phase of extracellular matrix renewal rather than deterioration. Dermal collagen naturally undergoes continuous turnover, which can be accelerated by bioactive peptide supplementation. Long-term trials lasting twelve weeks or more have consistently reported recovery and even improvement in dermal density after early

remodeling phases⁴. These findings suggest that shorter interventions may capture transitional rather than steady-state responses. Understanding the temporal sequence of dermal regeneration is therefore crucial for interpreting short-duration collagen studies.

The efficacy of collagen supplementation also depends on nutritional and physiological context. Adequate intake of vitamin C, zinc, and amino acids such as glycine and proline is essential cofactors for collagen biosynthesis and cross-link stability^{9,22}. The stable micronutrient intake observed in this study suggests that dermal changes are primarily attributable to collagen supplementation rather than dietary confounding. However, interindividual variability—shaped by age, metabolic factors, skin phototype, hormonal status, and glycation burden—remains an important determinant of treatment responsiveness²⁵. Future precision-nutrition research should explore genetic and metabolic predictors of collagen response, including peptide bioavailability, receptor interaction, and extracellular matrix gene polymorphisms.

Overall, this study contributes new insight into the potential of collagen-enriched milk as a functional food for maintaining skin health in Southeast Asian populations, a demographic group underrepresented in previous research dominated by

Western and East Asian cohorts. With the rising prevalence of early skin aging and oxidative stress-related conditions among urban Indonesian women, collagen-based dietary strategies may offer a culturally appropriate, non-pharmacological approach to promote healthy aging. Future investigations should adopt longer follow-up periods, standardized collagen peptide profiles, and combined biomarker analyses such as skin elasticity, dermal density, and oxidative markers to establish mechanistic causality and dose-response relationships.

Physiologically, although the adjusted collagen level appeared lower in the intervention group, this finding may indicate an active dermal remodeling process triggered by collagen peptide stimulation. Previous studies have shown that oral collagen intake enhances collagen turnover, characterized by the breakdown of aged collagen followed by the synthesis of new fibers^{4,8}. During the initial phase of supplementation, this turnover may transiently reduce measurable collagen density before a compensatory increase occurs with longer supplementation periods. Observing a significant increase in dermal collagen density after 12 weeks of bioactive collagen peptide supplementation^{4,7}. Therefore, the temporary reduction observed in this study is more likely to reflect adaptive metabolic remodeling rather than pathological degradation.

The ANCOVA results confirm that collagen milk supplementation exerted a significant effect on skin collagen parameters after adjustment for covariates. This finding supports the concept of "beauty from within," highlighting nutrition-based strategies to enhance skin health and elasticity through internal biological pathways. Although longer intervention periods are needed to confirm sustained collagen improvements, the current results strengthen the evidence that collagen-enriched milk can serve as a functional nutritional strategy for maintaining dermal integrity and delaying visible signs of aging among adult women.

CONCLUSION

The supplementation did not significantly alter subjects' body weight or BMI, confirming that collagen-enriched milk provides targeted physiological benefits without negatively affecting general energy balance or promoting weight gain. The intervention group showed a statistically significant decrease in collagen loss score while the control group remained stable. The ANCOVA analysis confirmed a significant difference in Collagen Loss between the intervention and control groups, even after adjusting for covariates (age, BMI, and protein intake). This suggests that the observed improvement in dermal structure is directly attributable to the bioactive effects of the collagen peptides.

LIMITATIONS OF THE STUDY

This study has several limitations that should be acknowledged. First, the sample size was relatively small ($n = 60$),

which may limit the statistical power and the generalizability of the findings. Second, the duration of the intervention was relatively short, restricting the ability to evaluate long-term effects of collagen supplementation on dermal parameters. Third, the measurement of collagen fiber loss relied on a semi-quantitative optical device, which, despite its practical utility, may introduce variability and does not represent a direct biochemical assessment of collagen structure. Additionally, the study population consisted exclusively of women aged 30–50 years from a single district, which limits the applicability of the results to broader or more diverse populations. Lastly, unmeasured lifestyle factors such as stress, sleep quality, and unreported dietary intake may have contributed to variability in outcomes.

REFERENCES

- Farage, M. A., Miller, K. W., Elsner, P., & Maibach, H. I. (2008). Intrinsic and extrinsic factors in skin ageing: a review. *International journal of cosmetic science*, 30(2), 87–95. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2494.2007.00415.x>
- Baumann L. (2007). Skin ageing and its treatment. *The Journal of pathology*, 211(2), 241–251. <https://doi.org/10.1002/path.2098>
- Zague V. (2008). A new view concerning the effects of collagen hydrolysate intake on skin properties. *Archives of dermatological research*, 300(9), 479–483. <https://doi.org/10.1007/s00403-008-0888-4>
- Proksch, E., Schunck, M., Zague, V., Segger, D., Degwert, J., & Oesser, S. (2014). Oral intake of specific bioactive collagen peptides reduces skin wrinkles and increases dermal matrix synthesis. *Skin pharmacology and physiology*, 27(3), 113–119. <https://doi.org/10.1159/000355523>
- Varani, J., Dame, M. K., Rittie, L., Fligiel, S. E., Kang, S., Fisher, G. J., & Voorhees, J. J. (2006). Decreased collagen production in chronologically aged skin: roles of age-dependent alteration in fibroblast function and defective mechanical stimulation. *The American journal of pathology*, 168(6), 1861–1868. <https://doi.org/10.2353/ajpath.2006.051302>
- Pu SY, Huang YL, Pu CM, Kang YN, Hoang KD, Chen KH, et al. Effects of Oral Collagen for Skin Anti-Aging: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* [Internet]. 2023 Apr 26;15(9):2080. Available from: <https://www.mdpi.com/2072-6643/15/9/2080>
- Inoue, N., Sugihara, F., & Wang, X. (2016). Ingestion of bioactive collagen hydrolysates enhance facial skin moisture and elasticity and reduce facial ageing signs in a randomised double-blind placebo-controlled clinical study. *Journal of the science of food and agriculture*, 96(12), 4077–4081. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7606>
- Boelsma, E., Hendriks, H. F., & Roza, L. (2001). Nutritional skin care: health effects of micronutrients and fatty acids. *The American journal of clinical nutrition*, 73(5), 853–864. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.5.853>
- Pullar, J. M., Carr, A. C., & Vissers, M. C. M. (2017). The Roles of Vitamin C in Skin Health. *Nutrients*, 9(8), 866. <https://doi.org/10.3390/nu9080866>

10. Kementerian Kesehatan RI. Kemenkes BKPK. 2023. Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023. Available from: <https://www.badankebijakan.kemkes.go.id/hasil-ski-2023/>
11. Kollias N, Gillies R, Moran M, Kochevar E, Andreson R. Endogenous skin fluorescence includes bands that may serve as quantitative markers of aging and photoaging. *J Invest Dermatol*. 1998;111(5):776–80. Available from: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1747.1998.00377.x>
12. Kirkpatrick N, Hoying J, Botting S, Weiss J, Utzinger U. In vitro model for endogenous optical signatures of collagen. *Biomed Opt*. 2006;11(5). Available from: <https://doi.org/10.1117/1.2360516>
13. WHO. World Health Statistic 2020 [Internet]. 2020. 92 p. Available from: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/332070/9789240005105-eng.pdf>
14. Luebberding S, Krueger N, Kerscher M. Skin physiology in men and women: in vivo evaluation of 300 people including TEWL, SC hydration, sebum content and skin surface pH. *Int J Cosmet Sci* [Internet]. 2013 Oct 6;35(5):477–83. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ics.12068>
15. Park S. (2022). Biochemical, structural and physical changes in aging human skin, and their relationship. *Biogerontology*, 23(3), 275–288. <https://doi.org/10.1007/s10522-022-09959-w>
16. Popkin, B. M., Corvalan, C., & Grummer-Strawn, L. M. (2020). Dynamics of the double burden of malnutrition and the changing nutrition reality. *Lancet (London, England)*, 395(10217), 65–74. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(19\)32497-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)32497-3)
17. Vollmer, D. L., West, V. A., & Lephart, E. D. (2018). Enhancing Skin Health: By Oral Administration of Natural Compounds and Minerals with Implications to the Dermal Microbiome. *International journal of molecular sciences*, 19(10), 3059. <https://doi.org/10.3390/ijms19103059>
18. Shadish W. R. (2010). Campbell and Rubin: A primer and comparison of their approaches to causal inference in field settings. *Psychological methods*, 15(1), 3–17. <https://doi.org/10.1037/a0015916>
19. Westerterp K. R. (2004). Diet induced thermogenesis. *Nutrition & metabolism*, 1(1), 5. <https://doi.org/10.1186/1743-7075-1-5>
20. Shoulders, M. D., & Raines, R. T. (2009). Collagen structure and stability. *Annual review of biochemistry*, 78, 929–958. <https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833>
21. König, D., Oesser, S., Scharla, S., Zdzieblik, D., & Gollhofer, A. (2018). Specific Collagen Peptides Improve Bone Mineral Density and Bone Markers in Postmenopausal Women-A Randomized Controlled Study. *Nutrients*, 10(1), 97. <https://doi.org/10.3390/nu10010097>
22. Nosrati, R., Kheirouri, S., Ghodsi, R., & Ojaghi, H. (2019). The effects of zinc treatment on matrix metalloproteinases: A systematic review. *Journal of trace elements in medicine and biology: organ of the Society for Minerals and Trace Elements (GMS)*, 56, 107–115. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2019.08.001>
23. Iwai, K., Hasegawa, T., Taguchi, Y., Morimatsu, F., Sato, K., Nakamura, Y., Higashi, A., Kido, Y., Nakabo, Y., & Ohtsuki, K. (2005). Identification of food-derived collagen peptides in human blood after oral ingestion of gelatin hydrolysates. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(16), 6531–6536. <https://doi.org/10.1021/jf050206p>
24. Deng, G., Huang, K., Jiang, X. et al. Developments for collagen hydrolysates as a multifunctional antioxidant in biomedical domains. *Collagen & Leather* 5, 26 (2023). <https://doi.org/10.1186/s42825-023-00131-9>
25. Chen, C. Y., Zhang, J. Q., Li, L., Guo, M. M., He, Y. F., Dong, Y. M., Meng, H., & Yi, F. (2022). Advanced Glycation End Products in the Skin: Molecular Mechanisms, Methods of Measurement, and Inhibitory Pathways. *Frontiers in medicine*, 9, 837222. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.837222>

Multimorbidity and breastfeeding practices: findings from a population-based survey in Peru during 2024

Dayana BARRIGA-RODRIGUEZ^{1,2}, José A. CHAQUILA²

¹ Carrera Profesional de Nutrición, Universidad Peruano Cayetano Heredia, Lima, Perú.

² Departamento de Investigación en Salud Pública, Sociedad Peruana de Nutrición, Lima, Perú.

Recibido: 9/diciembre/2025. Aceptado: 29/diciembre/2025.

ABSTRACT

Objective: To examine the association between multimorbidity and breastfeeding practices among Peruvian women of reproductive age who participated in a national survey.

Materials and Methods: This was a secondary analysis of the 2024 Peruvian Demographic and Family Health Survey. The exposure variable was multimorbidity, constructed from three possible non-communicable chronic diseases (NCDs): obesity, type 2 diabetes mellitus, and hypertension. This variable included three categories: no condition, one condition, and two or more conditions. The outcomes were two breastfeeding practices: exclusive breastfeeding (EBF) and early initiation of breastfeeding (EIB), both categorized dichotomously. Potential confounders were also considered. Bivariate and multivariable analyses were conducted using Poisson regression with robust variance.

Results: A total of 8,163 women were eligible for the analysis. Overall, 65.3% did not practice EBF, and 45.3% had a delayed initiation of breastfeeding. Additionally, 42.1% had one NCD and 4.4% had two or more. A higher number of NCDs was associated with a lower prevalence of optimal breastfeeding practices, showing a dose-response pattern. In the multivariable model, women with two or more NCDs had a 33% lower prevalence of EIB (PR: 0.67; 95% CI: 0.55–0.82). However, multimorbidity was not significantly associated with EBF.

Conclusion: These findings underscore the need for targeted support strategies for women with multiple NCDs to pro-

mote optimal breastfeeding practices in the Latin American context.

KEYWORDS

Non-Communicable Diseases; Maternal Health; Exclusive Breastfeeding; Postnatal care; Population Study

INTRODUCTION

In recent decades, despite decreasing mortality rates from non-communicable diseases (NCDs), their incidence has risen considerably¹. This increase indicates that a growing number of individuals are losing disability-adjusted life years (DALYs), which negatively affects their quality of life. Moreover, in Latin American countries, elevated body mass index (BMI), high serum glucose levels, and elevated blood pressure rank among the three leading causes of DALYs and mortality². As a result, national health programs are continuously structured to prevent NCDs.

In this context, multimorbidity is commonly defined as the coexistence of two or more diseases³, which deteriorates both physical and mental health by increasing the number of hospitalizations, polypharmacy, and frailty⁴. Additionally, multimorbidity has been shown to affect psychosocial components such as social relationships, quality of life, and emotional well-being⁴. Thus, multiple social programs and support networks have been implemented to assist these patients, who also tend to have a higher incidence of depression⁵.

Aligned with this, one behavior that may be affected by multimorbidity is breastfeeding (BF). Optimal BF practices—such as exclusive breastfeeding (EBF) and early initiation of breastfeeding (EIB)—have demonstrated health benefits for both mothers and infants⁶. Women who breastfeed tend to exhibit lower incidence of NCDs such as type 2 diabetes mellitus (T2DM)⁷, hy-

Correspondencia:

José A. Chaquila
jachaquila@hotmail.com

pertension⁸ and cardiovascular disease⁹. For children, BF contributes to greater immunity, better nutrition, enhanced cognitive development, and lower long-term incidence of NCDs¹⁰⁻¹².

However, evidence shows that women with NCDs often present inadequate BF practices. Women with NCDs are more likely to initiate BF late, discontinue BF, and provide infant formula, compared with women without chronic conditions¹³. Nonetheless, some studies have found no association between NCDs and BF practices¹⁴, underscoring the need for further research. Given the implications that multimorbidity may have on BF practices—a behavior crucial for child development—and the lack of evidence in Latin American countries, particularly Peru, the primary objective of this study was to assess the association between multimorbidity and BF practices among women of reproductive age who participated in a national survey in Peru in 2024. As a secondary objective, this study aimed to characterize BF practices and sociodemographic factors of women according to the number of coexisting diseases. Based on prior evidence, we hypothesized that a higher number of diseases would be associated with poorer BF practices.

METHODS

Study Design

The proposed objective was addressed through a cross-sectional observational study using secondary data from the 2024 Peruvian Demographic and Family Health Survey (ENDES), the most recent version available at the time of the study (2025)¹⁵. ENDES is the largest national survey addressing health-related aspects of individuals across different age groups. It collects information from individuals and households across all regions of Peru and, given its representativeness, its data are used for public health decision-making. Additionally, ENDES is part of the international Demographic and Health Surveys (DHS) program, implemented in multiple countries worldwide.

Population and Sample

For this study, we included information from women of reproductive age (15–49 years). Only women who had given birth within the previous five years were included. Women lacking complete information on the variables of interest or presenting implausible BMI values (≤ 15 kg/m² or ≥ 50 kg/m²) were excluded¹⁶. In 2024, more than 36,000 households were surveyed as part of ENDES, selected through a two-stage, independent, probabilistic, and stratified sampling design¹⁵. The analytic final sample was 8,193 women.

Variables

Exposure variable: Multimorbidity

To determine multimorbidity, three NCDs were considered: obesity, T2DM and hypertension. Obesity was defined

as BMI ≥ 30 kg/m²; T2DM was identified through an affirmative response to the question, “Have you ever been diagnosed with diabetes or high blood sugar?” Hypertension was identified using two criteria: (1) an affirmative response to the question, “Have you ever been diagnosed with high blood pressure?” or (2) systolic and diastolic blood pressure ≥ 140 and ≥ 90 mmHg, respectively. The multimorbidity variable included three categories: (1) no diseases, (2) one disease, and (3) two or more diseases.

Outcome variables: Breastfeeding practices

Two BF-related practices were evaluated for the woman's most recent child: 1) EBF and 2) initiation of BF. Both variables refer to the practices employed with the woman's last child. EBF was defined as providing only breast milk for six months without offering any other type of liquid. BF initiation refers to the moment when the mother first breastfed the child. EIB was considered when the mother breastfed immediately or within the first hour after birth. Conversely, delayed BF initiation was defined as breastfeeding after the first hour of birth. These classifications were based on World Health Organization guidelines¹⁷.

Covariates

Covariates were selected based on epidemiological criteria, as all were considered potential hypothesized variables. These included the woman's age, highest educational attainment, marital status, ethnicity, number of children, daily consumption of three or more servings of fruits and vegetables, alcohol and tobacco use in the last month, wealth (established in quintiles), and the woman's household region and area of residence. The variable categories are shown in **Table 1**.

Statistical Analysis

All analyses were conducted using STATA version 19.5 SE (StataCorp). Given the complex survey design, sampling weights were applied to all statistical analyses. Descriptive analyses were expressed as absolute and weighted frequencies, including 95% confidence intervals (95% CIs). To determine differences between women's characteristics according to exposure variables, bivariate analyses were conducted using Pearson's chi-square test. Differences were considered statistically significant when the p-value was less than 0.05.

To address the study objective, a Poisson regression model with robust variance was performed, expressing the strength of association through prevalence ratios (PRs) and 95% CIs. Both crude and adjusted models (including all confounding variables) were constructed. This statistical model was chosen over binomial regression due to the number of adjustment variables and the risk of non-convergence in binomial models. Additionally, Poisson regression with robust variance allows for control of overdispersion, providing more reliable confidence intervals. Multicollinearity was assessed using vari-

Table 1. Characteristics of Peruvian women of reproductive age included in the study (n = 8,193)

	n	% (95% CIs) *
Age, years		
15 – 25	1,895	24.4 (22.9 – 25.9)
26 – 35	3,742	38 (36.4 – 39.5)
36 – 45	2,456	35.2 (33.6 – 36.9)
45 or older	100	2.4 (1.7 – 3.4)
Highest educational attainment		
Incomplete secondary education	2,483	25.7 (24.4 – 27.1)
Complete secondary education	2,824	34.4 (32.9 – 36)
Post-secondary education	2,886	39.9 (38.2 – 41.6)
Marital status		
Without partner	1,837	23.1 (21.6 – 24.6)
With partner	6,356	76.9 (75.4 – 78.4)
Ethnicity		
Indigenous	2,982	27.4 (25.9 – 28.9)
Afro-Peruvian	954	11.8 (10.8 – 12.8)
Mestizo	3,697	52.5 (50.7 – 54.2)
Other	560	8.4 (7.4 – 9.5)
Number of children		
1 child	2,409	33.1 (31.4 – 34.8)
2 or more	5,784	66.9 (65.2 – 68.6)
Daily consumption of 3 or more servings of fruits and vegetables		
No	7,927	96.7 (96 – 97.2)
Yes	266	3.3 (2.8 – 4.0)

n: sample; CIs: Confidence intervals.

* The weighted frequencies and CIs considered the survey sampling weights.

	n	% (95% CIs) *
Alcohol consumption in the last month		
No	5,897	69.1 (67.4 – 70.7)
Yes	2,296	30.9 (29.3 – 32.6)
Tobacco use in the last month		
No	8,021	97.3 (96.6 – 97.9)
Yes	172	2.7 (2.1 – 3.4)
Household wealth		
Poorest	2,526	19.0 (18.0 – 20.1)
Poor	2,356	24.7 (23.2 – 26.2)
Middle	1,600	21.8 (20.4 – 23.4)
Rich	1,112	19.7 (18.2 – 21.3)
Richest	599	14.8 (13.3 – 16.3)
Region		
Metropolitan Lima	834	35.2 (33.4 – 37.0)
Rest of the coast	2,450	26.5 (25.2 – 27.8)
Highlands	2,805	24.4 (23.0 – 25.8)
Jungle	2,104	13.9 (13.1 – 14.9)
Residence		
Rural	2,514	16.5 (15.7 – 17.4)
Urban	5,679	83.5 (82.6 – 84.3)

ance inflation factors (VIFs) from an auxiliary linear regression model. No evidence of severe multicollinearity was detected, with a mean VIF of 1.77 and all VIFs < 10.

Ethical Consideration

The data provided by ENDES are publicly accessible and available for use by decision-makers and researchers at:

<https://proyectos.inei.gob.pe/microdatos/>. Furthermore, the database does not contain sensitive or identifying information that would permit recognition or localization of survey participants. Additionally, ENDES operates under a Legal Framework approved by the Peruvian government, ensuring participant protection¹⁵. Therefore, ethical approval was not required for the execution of this study.

RESULTS

Participant characteristics

After applying the exclusion criteria, 8,193 women were eligible for analysis. The sample was predominantly composed of women with post-secondary education, women with two or more children, and women from low-wealth households. Additionally, three out of ten women consumed alcohol in the past 30 days, and eight out of ten resided in urban areas (**Table 1**).

Additionally, nearly one-third of women practiced EBF, and slightly more than half had EIB (**Table 2**). Regarding health conditions, obesity was the most prevalent condition, whereas T2DM had the lowest prevalence. Overall, 4.4% of women presented two or more diseases.

Characterization of participants according to the number of diseases

When evaluating participant characteristics according to the number of diseases, women who did not practice EBF had a higher proportion of having two or more diseases compared with those who did practice EBF, whereas women with no diseases reported EBF more frequently than their counterparts (**Table 3**). Similarly, women who initiated BF late had twice the prevalence of presenting two or more diseases compared with those who had EIB. Regarding other characteristics, the number of diseases differed statistically according to the woman's age, marital status, number of children, alcohol consumption, household wealth, region, and area of residence. Higher age, greater number of children, and higher household wealth were associated with a greater presence of two or more diseases. Additionally, a lower prevalence of two or more diseases was observed in the rainforest region and among women living in rural households (**Table 3**).

Multivariate association between multimorbidity and breastfeeding practices

To address our hypothesis—that a higher number of diseases would adversely affect optimal BF practices—multivariate association models were conducted. When evaluating the association between multimorbidity and having provided EBF, a dose-response pattern was observed: mothers with 1 and with ≥ 2 diseases had 7% and 21% lower prevalence of having provided EBF, respectively, compared with mothers without diseases, in both crude and adjusted models. However, this association was not statistically significant. Conversely, a statistically significant dose-response association was found between multimorbidity and BF initiation. In both crude and adjusted models, a higher number of diseases was associated with a lower prevalence of EIB. Mothers with 1 and ≥ 2 diseases showed 7% and 33% lower prevalence of EIB, respectively, compared with those without diseases.

Table 2. Breastfeeding practices, chronic diseases, and multimorbidity among Peruvian women of childbearing age included in the study (n = 8,193)

	n	% (95% CIs) *
EBF		
No	4,912	65.3 (63.6 – 66.8)
Yes	3,281	34.7 (33.2 – 36.4)
Initiation of breastfeeding		
Late	3,025	43.5 (41.6 – 45.3)
Early	5,168	56.5 (54.7 – 58.4)
Obesity		
No	4,659	55.8 (54.0 – 57.6)
Yes	3,534	44.2 (42.4 – 46.0)
T2DM		
No	8,106	98.7 (98.1 – 99.1)
Yes	87	1.3 (0.9 – 1.9)
Hypertension		
No	7,761	94.4 (93.6 – 95.2)
Yes	432	5.6 (4.8 – 6.4)
Multimorbidity (number of diseases)		
0	4,484	53.5 (51.7 – 55.3)
1	3,373	42.1 (40.3 – 43.9)
2 or more	336	4.4 (3.7 – 5.3)

n: sample; CIs: Confidence intervals; EBF: exclusive breastfeeding.

* The weighted frequencies and CIs considered the survey sampling weights.

DISCUSSION

Main Findings

Our results indicate that in a sample of more than 8,000 Peruvian women of childbearing age who participated in a national survey in 2024, those with NCDs had a lower prevalence of EIB, with women presenting two or more NCDs showing a 33% lower prevalence of this good BF practice (adjusted PRs: 0.67, 95% CI: 0.55–0.82). Regarding EBF, we also found a lower prevalence as the number of NCDs increased, with a 21% lower prevalence of having provided EBF among women with two or more diseases compared to those without diseases. However, this association (adjusted PR: 0.79, 95%

Table 3. Breastfeeding practices and other characteristics of Peruvian women of childbearing age included in the study according to the number of chronic diseases they presented (n = 8,193)

	Multimorbidity, number of diseases						P value
	0		1		2 or more		
	n	%(95% CIs) *	n	%(95% CIs) *	n	%(95% CIs) *	
EBF							
No	2,564	52.4(50.0 – 54.7)	2,120	42.8(40.5 – 45.1)	228	4.9(3.9 – 6.0)	0.077
Yes	1,920	55.6(53.0 – 58.2)	1,253	40.7(38.2 – 43.3)	108	3.7(2.8 – 4.8)	
Initiation of breastfeeding							
Late	1,477	49.3(46.5 – 52.2)	1,374	40.4(38.3 – 42.6)	174	6.4(5.1 – 8.1)	<0.001
Early	3,007	56.7(54.5 – 58.8)	1,999	40.4(38.3 – 42.6)	162	2.9(2.3 – 3.7)	
Age, years							
15 – 25	1,367	71.7(68.2 – 75.0)	514	27.5(24.2 – 31.0)	14	0.8(0.3 – 2.2)	<0.001
26 – 35	1,982	51.4(48.8 – 54.0)	1,625	45.0(42.5 – 47.6)	135	3.6(2.7 – 4.6)	
36 – 45	1,090	44.0(41.0 – 47.1)	1,189	48.8(45.6 – 52.0)	177	7.2(5.9 – 8.8)	
45 or older	45	39.4(22.8 – 58.9)	45	45.5(29.1 – 63.0)	10	15.0(6.4 – 31.5)	
Highest educational attainment							
Incomplete secondary education	1,310	49.8(46.9 – 52.8)	1,062	45.3(42.4 – 48.3)	111	4.8(3.7 – 6.2)	0.077
Complete secondary education	1,579	53.4(50.3 – 56.4)	1,142	42.7(39.9 – 45.5)	103	4.0(2.8 – 5.5)	
Post-secondary education	1,595	55.9(52.9 – 58.9)	1,169	39.5(36.6 – 42.4)	122	4.6(3.5 – 6.1)	
Marital status							
Without partner	1,073	57.9(54.2 – 61.4)	698	38.9(35.3 – 42.5)	66	3.3(2.2 – 4.8)	0.012
With partner	3,411	52.2(50.1 – 54.2)	2,675	43.0(41.0 – 45.1)	270	4.8(4.0 – 5.7)	
Ethnicity							
Indigenous	1,666	53.5(50.6 – 56.4)	1,209	41.8(39.0 – 44.8)	107	4.6(3.5 – 6.2)	0.605
Afro-Peruvian	497	48.5(44.2 – 52.8)	412	46.9(42.7 – 51.3)	45	4.6(3.1 – 6.8)	
Mestizo	2,016	54.5(52.0 – 57.1)	1,519	41.2(38.7 – 43.8)	162	4.3(3.3 – 5.5)	
Other	305	53.7(46.8 – 60.5)	233	41.5(34.9 – 48.4)	22	4.8(2.2 – 9.9)	
Number of children							
1 child	1,582	64.4(61.3 – 67.5)	778	33.7(30.7 – 36.8)	49	1.9(1.1 – 3.2)	<0.001
2 or more	2,902	48.1(45.9 – 50.2)	2,595	46.2(44.1 – 48.4)	287	5.7(4.8 – 6.8)	

n: sample; CI: Confidence intervals; EBI: exclusive breastfeeding.

* The weighted frequencies and CIs considered the survey sampling weights.

Table 3 continuation. Breastfeeding practices and other characteristics of Peruvian women of childbearing age included in the study according to the number of chronic diseases they presented (n = 8,193)

	Multimorbidity, number of diseases						P value
	0		1		2 or more		
	n	%(95% CIs) *	n	%(95% CIs) *	n	%(95% CIs) *	
Daily consumption of 3 or more servings of fruits and vegetables							
No	4,329	53.1(51.4 – 55.1)	3,274	42.4(40.5 – 44.2)	324	4.4(3.7 – 5.2)	0.233
Yes	155	60.5(51.5 – 68.9)	99	34.0(26.2 – 42.9)	12	5.4(2.3 – 12.4)	
Alcohol consumption in the last month							
No	3,365	55.8(53.7 – 57.8)	2,317	40.3(38.2 – 42.3)	215	4.0(3.2 – 5.0)	<0.001
Yes	1,119	48.4(45.1 – 51.7)	1,056	46.1(42.8 – 49.4)	121	5.5(4.2 – 7.1)	
Tobacco use in the last month							
No	4,417	53.8(52.0 – 55.6)	3,279	41.8(40.0 – 43.6)	325	4.4(3.7 – 5.2)	0.142
Yes	67	41.7(39.4 – 55.0)	94	52.1(39.5 – 64.5)	11	6.2(2.6 – 13.9)	
Household wealth							
Poorest	1,600	62.5(59.9 – 65.1)	855	34.4(31.9 – 37.0)	71	3.0(2.3 – 4.1)	<0.001
Poor	1,220	51.8(48.3 – 55.3)	1,038	44.0(40.6 – 47.5)	98	4.2(3.1 – 5.7)	
Middle	780	47.9(44.2 – 51.7)	743	48.0(44.2 – 51.7)	77	4.1(3.0 – 5.6)	
Rich	557	49.0(44.5 – 53.6)	496	45.1(40.8 – 49.4)	59	5.9(4.0 – 8.5)	
Richest	327	58.8(52.9 – 64.5)	241	36.0(30.5 – 41.9)	31	5.2(3.1 – 8.5)	
Region							
Metropolitan Lima	399	51.1(46.8 – 55.4)	395	44.0(39.7 – 48.3)	40	5.0(3.4 – 7.1)	0.004
Rest of the coast	1,194	50.7(48.1 – 53.2)	1,135	45.3(42.8 – 47.8)	121	4.1(3.2 – 5.1)	
Highlands	1,658	56.5(54.2 – 58.8)	1,041	38.6(36.3 – 41.0)	106	4.9(3.8 – 6.2)	
Jungle	1,233	59.6(56.9 – 62.3)	802	37.3(34.6 – 40.1)	69	3.1(2.3 – 4.2)	
Residence							
Rural	1,563	61.4(58.6 – 64.2)	881	35.5(32.8 – 38.4)	70	3.0(2.3 – 4.0)	<0.001
Urban	2,921	51.9(49.8 – 54.0)	2,492	43.4(41.3 – 45.5)	266	4.7(3.9 – 5.7)	

n: sample; CI: Confidence intervals; EBI: exclusive breastfeeding.

* The weighted frequencies and CIs considered the survey sampling weights.

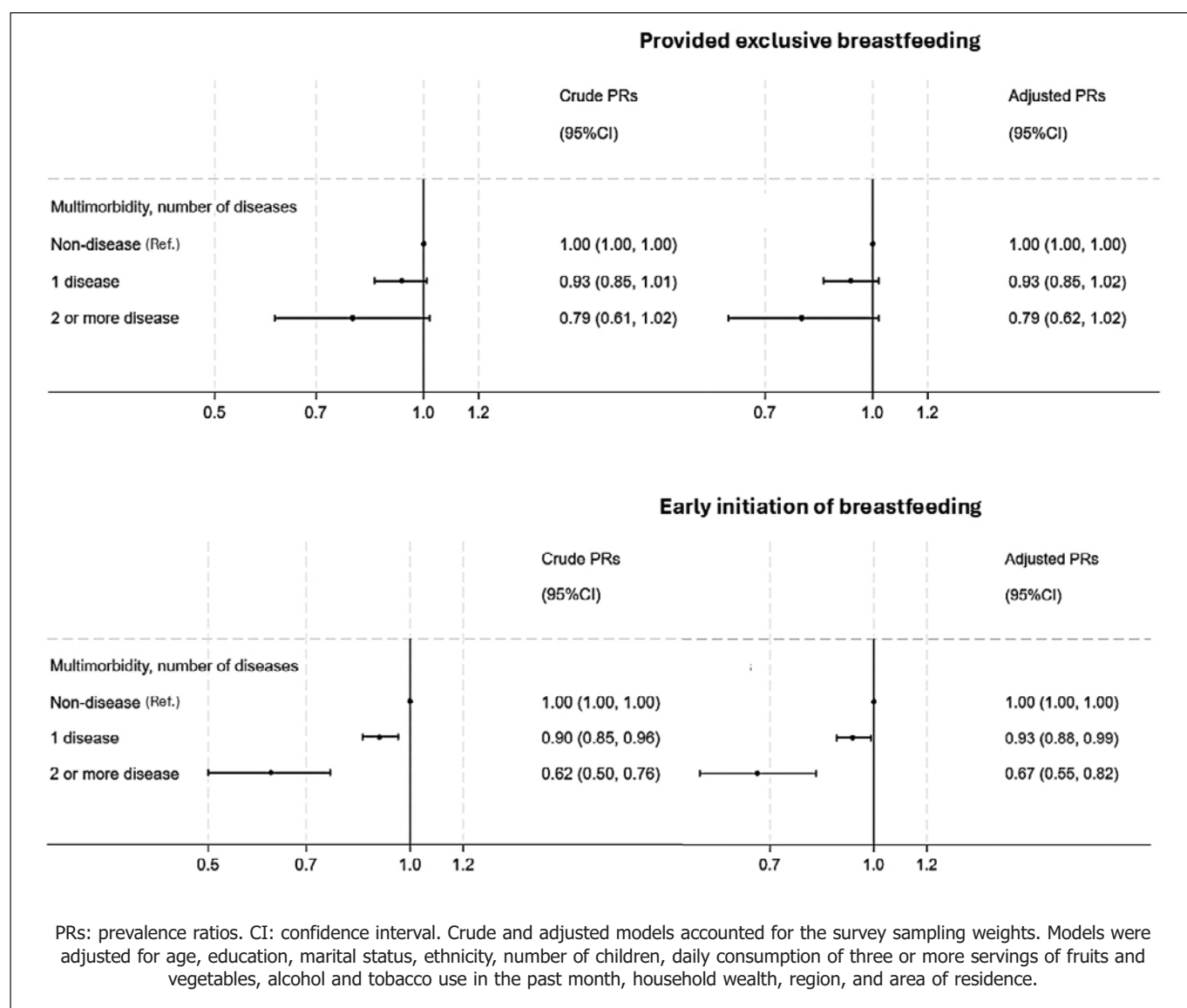


Figure 1. Association between multimorbidity and breastfeeding practices among Peruvian women of childbearing age included in the study ($n = 8,193$).

CI: 0.62–1.02) did not reach statistical significance, suggesting that multimorbidity did not significantly affect the provision of EBF.

Comparison with other studies and potential explanatory mechanisms

Regarding EIB, our findings show that the presence of NCDs significantly decreased this practice. This aligns with what has been reported in a sample of Egyptian women, where those with NCDs were less likely to initiate BF within the first hour (48%) compared to their healthy counterparts (71%)¹³. These findings may be explained by delayed onset of lactogenesis II, the stage when breast milk production in-

creases substantially^{18,19}. Women with obesity have been shown to have a 56% higher probability of delayed lactogenesis II, and this probability is threefold higher among women receiving insulin therapy for diabetes (OR: 3.11)²⁰.

Another physiological mechanism that may explain our findings is the reduced secretion of prolactin, the hormone responsible for milk production¹⁸. After childbirth, progesterone levels decrease, allowing sustained prolactin secretion to initiate milk production¹⁹. In a study of 40 obese mothers, prolactin levels before and after breastfeeding were significantly lower compared to normal-weight women, even up to seven days postpartum²¹. This suggests that excess adiposity, a common risk factor for multiple NCDs such as T2DM and hy-

pertension²², may contribute to early BF cessation and may underlie our results.

In contrast, unlike other studies, EBF was not significantly associated with the presence of NCDs in our findings. This differs from a Canadian sample, where women with NCDs were more than twice as likely to discontinue EBF (OR: 2.48, 95% CIs: 1.49–4.12)²³ and from Australian data showing that women with obesity had a 40% higher probability of not EBF for six months¹⁴. Additionally, we found that women with two or more diseases tended to be older and from wealthier households. With increasing age, disease incidence rises due to weaker immune response, loss of muscle mass, and greater cumulative exposure to harmful factors across the life course²⁴. Moreover, in low- and middle-income countries, higher socioeconomic status has been linked to poorer health outcomes due to excess malnutrition and sedentary lifestyles²⁵. These results underscore the importance of prioritizing specific population groups when designing BF promotion strategies.

Implications of our study

The findings of this study highlight the need for timely interventions targeting women of childbearing age with at least one NCD who plan to become mothers. Educational programs on optimal BF practices and their benefits could help raise awareness and promote appropriate BF behaviors. Furthermore, the characterization of women by number of diseases allows prioritization of specific groups. For example, women aged 36 years and older, partnered women, those with two or more children, wealthier households, residents of urban areas, and those living along the coast will require special attention due to their higher vulnerability to multimorbidity. These findings may support the implementation or restructuring of BF awareness programs.

Limitations and strengths

This study has limitations that should be considered when interpreting its findings. First, there may be measurement bias, particularly in anthropometric data, disease diagnosis, and duration of disease. Unlike hypertension and obesity, T2DM diagnosis was based on self-report rather than clinical measurement; however, self-report questions are commonly used in population studies to estimate national prevalence. Second, in line with the previous limitation, recall bias may be present, potentially affecting the accuracy of self-reported BF practices, T2DM diagnosis, and other covariates. Third, the cross-sectional design prevents the establishment of causal pathways between exposure (multimorbidity) and outcomes (BF practices). Nevertheless, the multivariable regression approach allows estimation of total effects while controlling for potential confounders, providing a more precise approximation of the underlying associations. Fourth, ENDES data allowed estimation of multimorbidity only from obesity, T2DM, and hypertension, limiting exploration of other NCDs that may

also be present. Still, elevated BMI, hyperglycemia, and high blood pressure are the main contributors to NCD-related DALYs in Latin America². Despite these limitations, the main strengths of our investigation include the use of a nationally representative survey with a large sample of women of childbearing age. Additionally, standardized measurement protocols and data collection procedures help minimize measurement and recall biases.

CONCLUSIONS

In a sample of more than 8,000 women of childbearing age, our results show a dose–response relationship between multimorbidity and delayed BF initiation, with women experiencing one and two or more NCDs showing 7% and 33% lower prevalence, respectively, of EIB. We also found a trend of lower EBF as the number of diseases increased, although this association was not statistically significant. These findings may contribute to identifying vulnerable groups for targeted awareness strategies promoting optimal breastfeeding practices.

REFERENCES

1. Taheri Soodejani M. Non-communicable diseases in the world over the past century: a secondary data analysis. *Front Public Health* 2024;12:1436236. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1436236>.
2. Murray CJL, Aravkin AY, Zheng P, et al. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet* 2020;396:1223–49. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2).
3. Almirall J, Fortin M. The Coexistence of Terms to Describe the Presence of Multiple Concurrent Diseases. *J Comorbidity* 2013;3:4–9. <https://doi.org/10.15256/joc.2013.3.22>.
4. Skou ST, Mair FS, Fortin M, et al. Multimorbidity. *Nat Rev Dis Primer* 2022;8:48. <https://doi.org/10.1038/s41572-022-00376-4>.
5. Read JR, Sharpe L, Modini M, et al. Multimorbidity and depression: A systematic review and meta-analysis. *J Affect Disord* 2017;221:36–46. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2017.06.009>.
6. Kelishadi R, Farajian S. The protective effects of breastfeeding on chronic non-communicable diseases in adulthood: A review of evidence. *Adv Biomed Res* 2014;3:3. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.124629>.
7. Chowdhury R, Sinha B, Sankar MJ, et al. Breastfeeding and maternal health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Acta Paediatr Oslo Nor* 1992 2015;104:96–113. <https://doi.org/10.1111/apa.13102>.
8. Zheng S-W, Lin X-Y, Xie N-S, et al. Breastfeeding was associated with lower risks of maternal postpartum hypertension and diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *World J Diabetes* 2025;16. <https://doi.org/10.4239/wjd.v16.i11.111578>.
9. Tschiderer L, Seekircher L, Kunutsor SK, et al. Breastfeeding Is Associated With a Reduced Maternal Cardiovascular Risk:

- Systematic Review and Meta-Analysis Involving Data From 8 Studies and 1 192 700 Parous Women. *J Am Heart Assoc* 2022; 11:e022746. <https://doi.org/10.1161/JAHA.121.022746>.
10. Muro-Valdez JC, Meza-Rios A, Aguilar-Uscanga BR, et al. Breastfeeding-Related Health Benefits in Children and Mothers: Vital Organs Perspective. *Medicina (Mex)* 2023;59:1535. <https://doi.org/10.3390/medicina59091535>.
 11. Modak A, Ronghe V, Gomase KP. The Psychological Benefits of Breastfeeding: Fostering Maternal Well-Being and Child Development. *Cureus* 2023;15:e46730. <https://doi.org/10.7759/cureus.46730>.
 12. Patnode CD, Henrikson NB, Webber EM, et al. Breastfeeding and Health Outcomes for Infants and Children: A Systematic Review. *Pediatrics* 2025;156:e2025071516. <https://doi.org/10.1542/peds.2025-071516>.
 13. Salama ES, Hussein M, Fetih AN, et al. High-risk pregnancy and risk of breastfeeding failure. *J Egypt Public Health Assoc* 2024;99:27. <https://doi.org/10.1186/s42506-024-00172-w>.
 14. Joham AE, Nanayakkara N, Ranasinha S, et al. Obesity, polycystic ovary syndrome and breastfeeding: an observational study. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2016;95:458–66. <https://doi.org/10.1111/aogs.12850>.
 15. ENDES n.d. <https://proyectos.inei.gob.pe/endes/> (accessed November 27, 2025).
 16. Goodarzynejad H, Meaney C, Brauer P, et al. Recent trends in adult body mass index and prevalence of excess weight. *Can Fam Physician* 2022;68:128–38. <https://doi.org/10.46747/cfp.6802128>.
 17. World Health Assambly. Global strategy for infant and young child feeding: the optimal duration of exclusive breastfeeding. Geneva: World Health Organization; 2001.
 18. Al-Chalabi M, Bass AN, Alsaman I. Physiology, Prolactin. StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
 19. Chauhan G, Tadi P. Physiology, Postpartum Changes. StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025.
 20. Matias SL, Dewey KG, Quesenberry CP, et al. Maternal prepregnancy obesity and insulin treatment during pregnancy are independently associated with delayed lactogenesis in women with recent gestational diabetes mellitus. *Am J Clin Nutr* 2014;99:115–21. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.073049>.
 21. Rasmussen KM, Kjolhede CL. Prepregnant Overweight and Obesity Diminish the Prolactin Response to Suckling in the First Week Postpartum. *Pediatrics* 2004;113:e465–71. <https://doi.org/10.1542/peds.113.5.e465>.
 22. Putra IGNE, Daly M, Sutin A, et al. Obesity, psychological well-being related measures, and risk of seven non-communicable diseases: evidence from longitudinal studies of UK and US older adults. *Int J Obes* 2024;48:1283–91. <https://doi.org/10.1038/s41366-024-01551-1>.
 23. Scime NV, Patten SB, Tough SC, et al. Maternal chronic disease and breastfeeding outcomes: a Canadian population-based study. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2022;35:1148–55. <https://doi.org/10.1080/14767058.2020.1743664>.
 24. Chen Q-F, Ni C, Jiang Y, et al. Global burden of disease and its risk factors for adults aged 70 and older across 204 countries and territories: a comprehensive analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *BMC Geriatr* 2025;25:462. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-06095-1>.
 25. Templin T, Cravo Oliveira Hashiguchi T, Thomson B, et al. The overweight and obesity transition from the wealthy to the poor in low- and middle-income countries: A survey of household data from 103 countries. *PLoS Med* 2019;16:e1002968. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002968>.

Eje intestino–sistema osteomioarticular: mecanismos fisiopatológicos y aplicaciones clínicas

Gut–osteomyoarticular axis: pathophysiological mechanisms and clinical applications

Vicente Manuel MARTÍNEZ CÁRDENAS¹, Vivian R. MENA MIRANDA²

¹ Children's Medical Center, Lake City, Florida, USA.

² Hospital Pediátrico Universitario Centro Habana, Cuba.

Recibido: 1/septiembre/2025. Aceptado: 30/diciembre/2025.

RESUMEN

Introducción: La microbiota intestinal influye en procesos inmunológicos, endocrinos y metabólicos que impactan la homeostasis ósea, muscular y articular. Este eje intestino–sistema osteomioarticular integra metabolitos bacterianos, citoquinas y hormonas intestinales; su desregulación se relaciona con osteoporosis, sarcopenia y enfermedades articulares inflamatorias.

Objetivo: Revisar los mecanismos fisiopatológicos que vinculan la microbiota intestinal con el sistema osteomioarticular y explorar aplicaciones clínicas potenciales.

Método: Revisión narrativa con elementos sistematizados (PRISMA 2020). Fuentes: PubMed/MEDLINE, Scopus/Embase y Web of Science (2015–2025). Criterios predefinidos para inclusión/exclusión, selección por pares, evaluación del sesgo (RoB2, ROBINS-I, JBI, SYRCLE) y calificación de certeza (GRADE). Se identificaron 612 registros; 58 estudios cumplieron criterios y se incorporaron a la síntesis cualitativa.

Resultados: La disbiosis intestinal incrementa la permeabilidad intestinal y la translocación de lipopolisacáridos, activando receptores TLR4 en hueso y cartílago, lo que favorece inflamación crónica y degradación de matriz. El desequilibrio Th17/Treg estimula la osteoclastogénesis, mientras que los ácidos grasos de cadena corta favorecen la función osteoblástica y muscular. Probióticos y prebióticos han mostrado

efectos antiinflamatorios y osteoprotectores en modelos animales y estudios piloto en humanos.

Conclusiones: El eje intestino–sistema osteomioarticular es un campo emergente con aplicaciones clínicas prometedoras. Su modulación mediante estrategias nutricionales y terapias dirigidas podría contribuir a la prevención y tratamiento de patologías metabólicas óseas y articulares.

PALABRAS CLAVE

Disbiosis intestinal; Inflamación sistémica; Eje intestino–hueso; Masa muscular; Osteoclastogénesis; Probióticos; Nutrición clínica.

ABSTRACT

Introduction: The gut microbiota influences immunological, endocrine, and metabolic processes that affect bone, muscle, and joint homeostasis. This gut–osteomyoarticular axis integrates bacterial metabolites, cytokines, and intestinal hormones; its dysregulation is associated with osteoporosis, sarcopenia, and inflammatory joint diseases.

Objective: To review the pathophysiological mechanisms linking the gut microbiota to the osteomyoarticular system and to explore potential clinical applications.

Methods: Narrative review with systematized methods (PRISMA 2020). Sources: PubMed/MEDLINE, Scopus/Embase, and Web of Science (2015–2025). Predefined eligibility criteria, dual screening, risk-of-bias assessment (RoB2, ROBINS-I, JBI, SYRCLE), and certainty grading (GRADE). Of 612 records identified, 58 studies were included in qualitative synthesis.

Correspondencia:

Vicente Manuel Martínez Cárdenas
vicente7757@yahoo.com

Results: Gut dysbiosis increases intestinal permeability and lipopolysaccharide translocation, activating TLR4 receptors in bone and cartilage, which promotes chronic inflammation and matrix degradation. Th17/Treg imbalance enhances osteoclastogenesis, whereas short-chain fatty acids stimulate osteoblast and muscle function. Probiotic and prebiotic interventions have shown anti-inflammatory and osteoprotective effects in animal models and pilot human studies.

Conclusions: The gut–osteomyoarticular axis is an emerging field with promising clinical applications. Its modulation through nutritional strategies and targeted therapies may contribute to the prevention and treatment of bone and joint metabolic disorders.

KEYWORDS

Gut dysbiosis; systemic inflammation; gut–bone axis; muscle mass; osteoclastogenesis; probiotics; clinical nutrition.

LISTADO DE ABREVIATURAS

AGCC / SCFA: Ácidos grasos de cadena corta; Short-chain fatty acids.

Indoles: Indoles (derivados del triptófano); Indoles.

TMAO: Óxido de trimetilamina; Trimethylamine N-oxide.

AhR: Receptor de hidrocarburos aromáticos; Aryl hydrocarbon receptor.

NF-κB: Factor nuclear kappa-B; Nuclear factor kappa-B.

MAPK: Quinasa activada por mitógenos; Mitogen-activated protein kinase.

Wnt/β-catenina: Vía Wnt/β-catenina; Wnt/β-catenin pathway.

Runx2: Factor de transcripción Runx2; Runt-related transcription factor 2.

RANKL: Ligando del receptor activador de NF-κB; Receptor activator of NF-κB ligand.

OPG: Osteoprotegerina; Osteoprotegerin.

IGF-1: Factor de crecimiento similar a la insulina-1; Insulin-like growth factor-1.

mTOR: Diana mecánica de la rapamicina; mechanistic Target Of Rapamycin.

FXR: Receptor X de farnesoide; Farnesoid X receptor.

TGR5 (GPBAR1): Receptor biliar acoplado a proteína G; Takeda G-protein-coupled receptor 5.

LPS: Lipopolisacárido; Lipopolysaccharide.

TLR4: Receptor tipo Toll 4; Toll-like receptor 4.

Th17: Linfocitos T cooperadores 17; T helper 17 cells.

Treg: Linfocitos T reguladores; Regulatory T cells.

Eje HPA: Eje hipotálamo–hipófisis–adrenal; Hypothalamic–pituitary–adrenal axis.

GLP-1: Péptido similar al glucagón-1; Glucagon-like peptide-1.

GLP-2: Péptido similar al glucagón-2; Glucagon-like peptide-2.

PYY: Péptido YY; Peptide YY.

GH: Hormona de crecimiento; Growth hormone.

PTH: Hormona paratiroidea; Parathyroid hormone.

VDR: Receptor de vitamina D; Vitamin D receptor.

FGF23: Factor de crecimiento de fibroblastos-23; Fibroblast growth factor-23.

BA: Ácidos biliares; Bile acids.

DMO / BMD: Densidad mineral ósea; Bone mineral density.

DXA: Absorciometría de rayos X de doble energía; Dual-energy X-ray absorptiometry.

TBS: Índice trabecular óseo; Trabecular bone score.

P1NP: Propéptido N-terminal del procólágeno-1; Procollagen type-1 N-terminal propeptide.

CTX: Telopéptido C-terminal del colágeno-I; C-terminal telopeptide of type-I collagen.

OA: Osteoartritis; Osteoarthritis.

AR / RA: Artritis reumatoide; Rheumatoid arthritis.

WOMAC: Índice de Osteoartritis de Western Ontario y McMaster; Western Ontario and McMaster OA Index.

DAS28: Puntaje de actividad de la enfermedad-28; Disease Activity Score-28.

SPPB: Batería corta de rendimiento físico; Short Physical Performance Battery.

OVX: Modelo ovariectomizado; Ovariectomized model.

ECA / RCT: Ensayo clínico aleatorizado; Randomized controlled trial.

PRISMA: Ítems preferidos para reportar revisiones sistemáticas y metaanálisis; Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses.

RoB 2: Herramienta Cochrane revisada de riesgo de sesgo; Revised Cochrane Risk-of-Bias tool.

ROBINS-I: Riesgo de sesgo en estudios no aleatorizados; Risk of Bias In Non-randomized Studies of Interventions.

JB: Instituto Joanna Briggs; Joanna Briggs Institute.

SYRCLE: Centro de Revisiones Sist. para Experimentación Animal; Systematic Review Centre for Laboratory Animal Experimentation.

GRADE: Sistema GRADE (certeza de evidencia); Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluations.

INTRODUCCIÓN

El **eje intestino–sistema osteomioarticular** constituye un campo emergente de la investigación biomédica que integra las interacciones entre la microbiota intestinal, las hormonas enteroendocrinas y los mecanismos neuroendocrinos que repercuten en el hueso, el cartílago y el músculo esquelético. Actualmente se reconoce que el intestino no es solo un órgano de digestión, sino un modulador sistémico con capacidad de influir en la salud musculoesquelética a través de múltiples vías fisiopatológicas y metabólicas^{1,2}.

Entre los principales mediadores, los **péptidos similares al glucagón (GLP-1 y GLP-2)**, secretados por células L intestinales en respuesta a nutrientes, ejercen efectos anabólicos sobre el tejido óseo. GLP-1 estimula la proliferación y diferenciación de osteoblastos y reduce su apoptosis, mientras que GLP-2 mejora la absorción intestinal de calcio y fósforo, y contribuye a inhibir la resorción ósea³⁻⁵.

La **ghrelina**, producida en el estómago y el intestino, regula el apetito y la secreción de hormona de crecimiento, pero también desempeña un papel en la preservación de la masa muscular y la remodelación ósea. Por otro lado, el **péptido YY (PYY)**, liberado en el íleon y colon tras la ingesta, participa en el control del balance energético y se ha vinculado a cambios en la densidad mineral ósea⁶⁻⁸.

Asimismo, la **microbiota intestinal** modula el **eje hipotálamo–hipófisis–adrenal (HPA)**. La disbiosis puede inducir una activación sostenida del HPA, con aumento de cortisol y efectos catabólicos que favorecen la **osteoporosis** y la **sarcopenia**⁹. Estos hallazgos evidencian que el intestino y sus mediadores hormonales se relacionan de manera estrecha con la integridad ósea y muscular, y abren la puerta a estrategias terapéuticas dirigidas a este eje. (Ver figura 1).

En conjunto, la evidencia disponible respalda que el **eje intestino–sistema osteomioarticular** constituye un puente fi-

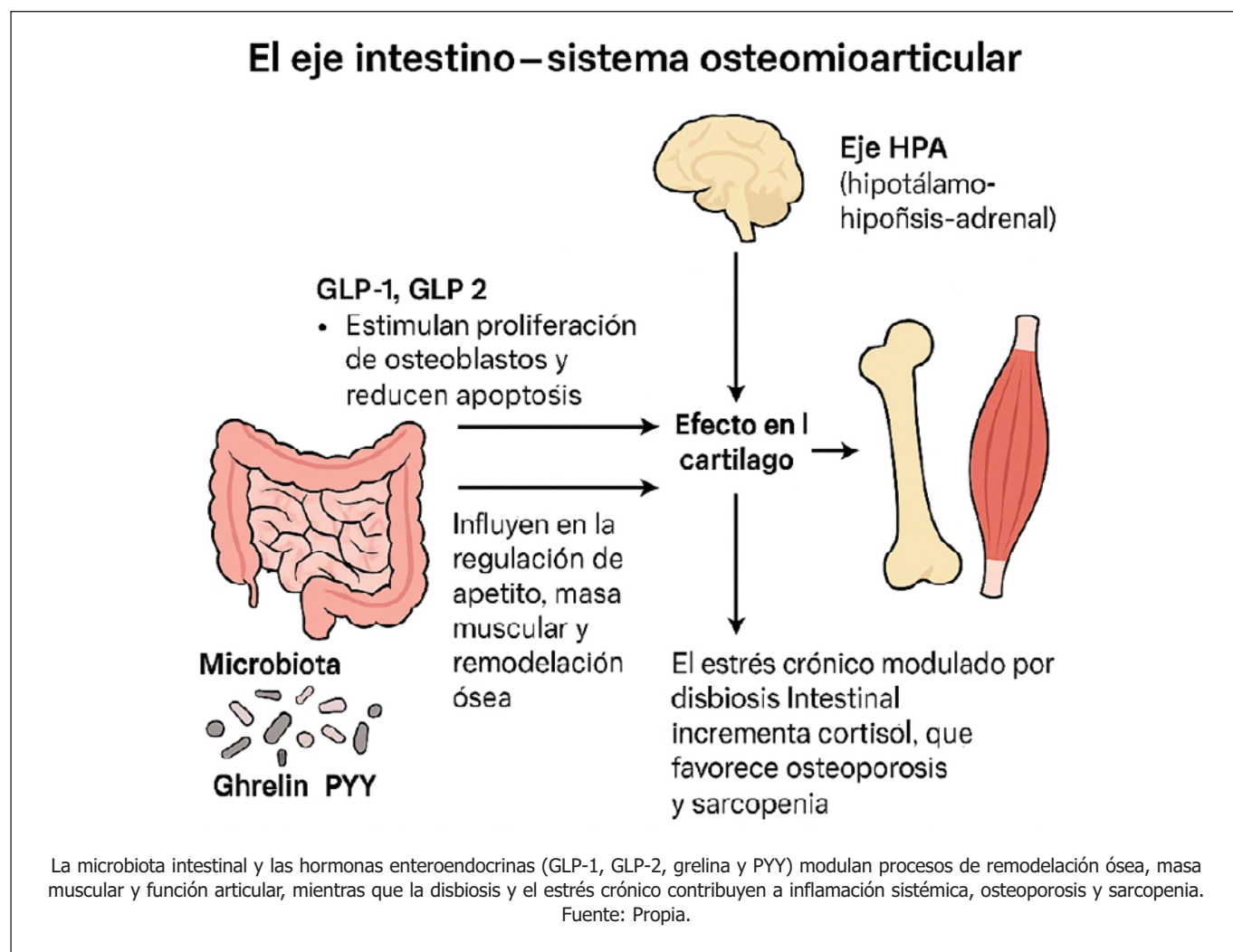


Figura 1. Representación esquemática del eje intestino–sistema osteomioarticular y su interacción con el eje hipotálamo–hipófisis–adrenal

siopatológico que conecta nutrición, microbiota, hormonas y metabolismo, y cuya disfunción puede contribuir al desarrollo de enfermedades como osteoporosis, osteoartritis y sarcopenia¹⁰.

OBJETIVO GENERAL

Sintetizar y valorar críticamente la evidencia **fisiopatológica y clínica** que vincula la microbiota y los mediadores intestinales con la salud del **hueso, cartílago y músculo**, para **derivar implicaciones terapéuticas y prioridades de investigación**.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. **Describir los mecanismos** del eje (AGCC/indoles—AhR, LPS—TLR4 y permeabilidad, Th17/Treg, FXR/TGR5, GLP-1/GLP-2, ghrelina, PYY, vitamina D/VDR y K2) y su plausibilidad biológica.
2. **Examinar la asociación** entre disbiosis/permeabilidad y desenlaces **óseos** (DMO, recambio, fracturas), **articulares** (actividad/dolor, mediadores inflamatorios) y **musculares** (masa, fuerza, rendimiento).
3. **Evaluar la eficacia y seguridad** de intervenciones de **modulación de microbiota** (pre/pro/simbióticos, dieta rica en fibra/postbióticos) y de **dianas enteroendocrinas** (GLP-2; GLP-1 combinado con ejercicio) sobre esos desenlaces.
4. **Calificar la certeza** de la evidencia (riesgo de sesgo, GRADE) e **identificar fuentes de heterogeneidad** que limiten la generalización.
5. **Proponer un marco clínico de estratificación** (edad, sexo/estado hormonal, vitamina D, obesidad/uso de GLP-1, fenotipo inflamatorio) y recomendaciones **pragmáticas** para la práctica.
6. **Identificar vacíos** de conocimiento y **priorizar** ensayos clínicos multicéntricos con **desenlaces duros** (DMO, fracturas, fuerza/función, actividad articular) y **biomarcadores estandarizados** (SCFA, indoles, BA secundarios, LPS/citoquinas).

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó una **revisión narrativa con elementos sistematizados**, orientada a integrar la evidencia fisiopatológica, clínica y traslacional relacionada con el eje intestino—sistema osteomioarticular (hueso, cartílago y músculo esquelético) en poblaciones pediátricas y adultas. El objetivo metodológico fue sintetizar de forma crítica los mecanismos biológicos implicados y sus posibles aplicaciones clínicas, manteniendo un enfoque comprensible para el lector clínico. Dada la heterogeneidad de los estudios disponibles y la naturaleza traslacional del tema, se optó por una revisión narrativa con elementos sistematizados.

La identificación de la literatura se llevó a cabo siguiendo principios de **transparencia y reproducibilidad**, tomando como referencia las recomendaciones PRISMA 2020 y, cuando fue pertinente para el mapeo de evidencia, PRISMA-ScR. No obstante, el diseño no correspondió a una revisión sistemática formal ni se planteó la realización de metaanálisis cuantitativos, debido a la heterogeneidad metodológica, poblacional y de desenlaces de los estudios disponibles.

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos **PubMed/MEDLINE, Scopus/Embase y Web of Science Core Collection**, abarcando el periodo comprendido entre enero de 2015 y agosto de 2025. Se incluyeron publicaciones en español, inglés y portugués. De forma complementaria, se revisaron manualmente las listas de referencias de artículos relevantes para identificar estudios adicionales de interés. La gestión bibliográfica y eliminación de duplicados se efectuó mediante un gestor de referencias, con verificación manual posterior.

La estrategia de búsqueda combinó descriptores controlados (MeSH y Emtree) y términos de texto libre relacionados con microbiota intestinal, hueso, cartílago y músculo, metabolitos microbianos, vías inmunológicas y hormonas enteroendocrinas. Las ecuaciones se adaptaron a cada base de datos con el objetivo de maximizar la sensibilidad de la búsqueda.

Se consideraron elegibles estudios en humanos (ensayos clínicos, estudios observacionales) que evaluaran la relación entre microbiota intestinal, metabolitos o mediadores hormonales e inmunológicos, y desenlaces osteomusculares u articulares. Asimismo, se incluyeron estudios preclínicos relevantes para la comprensión de los mecanismos fisiopatológicos y revisiones sistemáticas pertinentes para contextualizar la evidencia. Se excluyeron editoriales, cartas, resúmenes sin texto completo y trabajos sin relación directa con el eje intestino—sistema osteomioarticular.

La selección de los estudios se realizó mediante cribado independiente de títulos y resúmenes, seguido de evaluación a texto completo cuando correspondió. Las discrepancias se resolvieron por consenso. En total, se identificaron 612 registros, de los cuales 58 cumplieron los criterios y se incorporaron a la síntesis cualitativa. El proceso de identificación, cribado y selección de los estudios incluidos se resume en la Figura 2.

La extracción de datos se efectuó de manera estructurada, considerando características generales de los estudios, tipo de exposición relacionada con la microbiota o sus mediadores, y desenlaces óseos, musculares y articulares. Dada la heterogeneidad de diseños y medidas, los resultados se sintetizaron de forma **narrativa y temática**, organizados por mecanismos fisiopatológicos y ámbitos clínicos.

Al tratarse de una revisión de literatura previamente publicada, **no fue necesaria la aprobación por un comité de ética**.

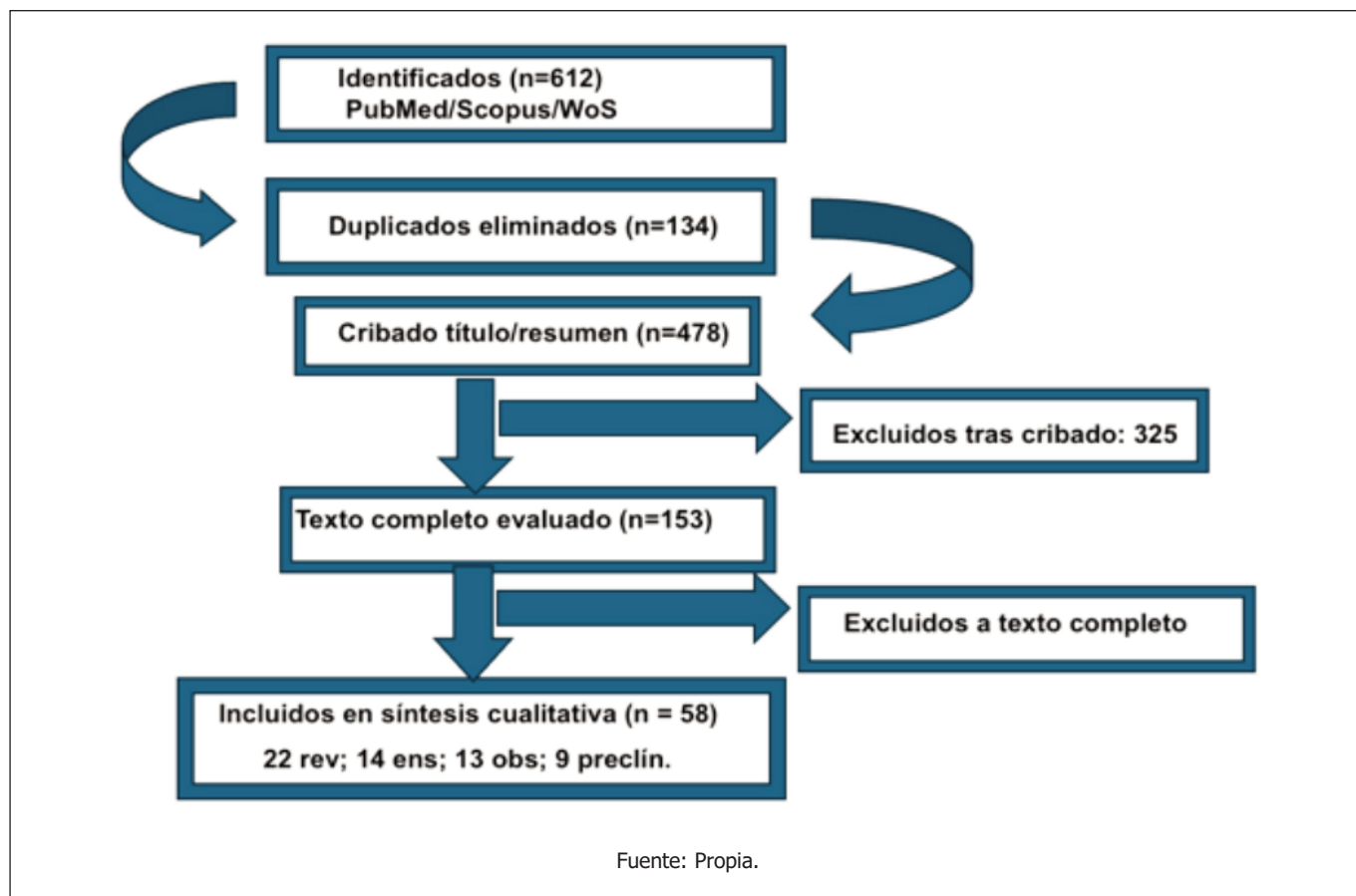


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de identificación, cribado y selección de estudios incluidos en la revisión narrativa con elementos sistematizados sobre el eje intestino-sistema osteomioarticular (2015-2025)

RESULTADOS

En la presente revisión se identificaron y analizaron estudios experimentales, clínicos y traslacionales que aportan evidencia sobre los mecanismos fisiopatológicos que vinculan la microbiota intestinal con la homeostasis del hueso, cartílago y músculo. Los resultados se agrupan en torno a los principales ejes de interacción descritos en la literatura: metabolitos derivados del intestino, comunicación inmunológica, señalización endocrina y factores de permeabilidad intestinal. Asimismo, se incluyen investigaciones recientes que exploran las aplicaciones clínicas de estas interacciones en el diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades osteomioarticulares.

Con el fin de facilitar la comprensión de los hallazgos, los resultados se presentan de forma estructurada en tres apartados: **1) Mecanismos fisiopatológicos básicos**, donde se resumen los procesos moleculares e inmunológicos implicados; **2) Evidencia clínica y experimental**, que recoge los estudios en modelos animales y en poblaciones humanas; y **3) Implicaciones terapéuticas**, donde se exponen las posibles aplicaciones clínicas, desde la utilización de probió-

ticos y prebióticos hasta la modulación farmacológica de rutas específicas.

Flujo de estudios y características generales

La búsqueda (1-ene-2015 a 31-ago-2025) identificó **612** registros; tras eliminar **134** duplicados quedaron **478** para cribado. Se evaluaron **153** a texto completo y se excluyeron **95** por motivos predefinidos. Se incluyeron **58** estudios en la síntesis cualitativa (22 revisiones, 14 ensayos clínicos, 13 observacionales y 9 preclínicos con aplicabilidad traslacional). Los estudios abarcaron población **pediátrica y adulta** y modelos **in vivo/in vitro**, con desenlaces en hueso (DMO, marcadores de recambio, fracturas), cartílago (actividad clínica y mediadores inflamatorios) y músculo (masa, fuerza y rendimiento).

1. Concepto general

El eje intestino-sistema osteomioarticular describe la interacción bidireccional entre la microbiota intestinal y la fisiología del hueso, cartílago y músculo. Factores derivados del intestino como metabolitos, hormonas intestinales y mediadores

inmunológicos pueden modular la remodelación ósea, la inflamación articular y el metabolismo muscular¹⁻³.

2. Mecanismos principales de interacción (Ver tabla 1)

a) Metabolitos microbianos

La microbiota intestinal transforma nutrientes en metabolitos bioactivos que impactan directamente en hueso, cartílago y músculo.

• Ácidos grasos de cadena corta (AGCC: acetato, propionato, butirato)

- Estimulan la **diferenciación osteoblástica** al activar la vía **Wnt/ β -catenina** y aumentar la expresión de Runx2^{1,2,11-13}.
- Reducen la **osteoclastogénesis** al inhibir RANKL y promover la expresión de OPG (osteoprotegerina)¹⁴⁻¹⁶.
- Mejoran la **síntesis proteica muscular** vía IGF-1 y activación de mTOR¹⁷⁻¹⁹.

Tabla 1. Eje intestino–sistema osteomioarticular: mecanismos de interacción

Mecanismo	Mediadores intestinales	Efecto en hueso/cartílago/músculo	Consecuencia clínica
Metabolitos microbianos	AGCC (acetato, propionato, butirato)	↑ Osteoblastos, ↓ osteoclastos, ↑ síntesis proteica muscular, ↓ inflamación sinovial	Mayor densidad ósea, protección articular, mejor función muscular
	Derivados del triptófano (indoles, quinurenina)	Indoles: efecto antiinflamatorio; Quinurenina: favorece resorción ósea y debilidad muscular	Riesgo de artritis y osteoporosis
	Ácidos biliares secundarios	Activan FXR y TGR5 → ↑ GLP-1, ↑ absorción mineral	Efecto anabólico en hueso y músculo
	TMAO	↑ Estrés oxidativo, inflamación crónica	Osteoporosis y artritis inflamatoria
Regulación inmune	Balance Th17/Treg, IL-6, IL-17, TNF- α	Th17: activación osteoclastos y daño cartílago; Treg: protección antiinflamatoria	Osteoporosis inflamatoria, artritis
	LPS y permeabilidad intestinal	Activación TLR4 en hueso/cartílago	Inflamación crónica, artritis reumatoide
Absorción y metabolismo de nutrientes	SCFAs → ↓ pH intestinal	↑ Absorción de calcio y fósforo	Prevención de raquitismo y osteopenia
	Vitamina D (modulación microbiota)	Regula remodelado óseo y músculo	Deficiencia → raquitismo, osteoporosis
	Vitamina K2 (menaquinonas)	Activa osteocalcina y proteínas Gla	Fortalecimiento óseo y articular
Comunicación neuroendocrina	GLP-1 y GLP-2	↑ Proliferación osteoblastos, ↑ absorción mineral	Efecto osteoprotector
	Ghrelin, PYY	Regulación apetito, masa muscular y ósea	Sarcopenia si hay disbiosis
	Cortisol (eje HPA)	↑ Resorción ósea y catabolismo muscular	Osteoporosis y sarcopenia
Cartílago articular	<i>Prevotella copri</i> , LPS, peptidoglicanos	Activación de macrófagos articulares → IL-1 β	Artritis reumatoide, espondiloartritis
	Probióticos (<i>L. casei</i> , <i>B. longum</i>)	↓ Inflamación sinovial	Protección articular
Músculo esquelético	AGCC (butirato)	↑ Biogénesis mitocondrial, ↓ fatiga	Mayor fuerza y resistencia
	Metabolismo de AA (triptófano, leucina)	↑ Síntesis proteica muscular	Prevención de sarcopenia

Resumen de evidencia basado en las referencias 1–3,9–12,15–19,21–27,29–34.

- Disminuyen inflamación articular inhibiendo NF-κB en condrocitos y sinoviocitos en modelos experimentales^{16,17}.

- **Derivados del triptófano** (indoles, quinureninas)

- Los indoles activan AhR y modulan vías antiinflamatorias en cartílago y articulación; ciertos postbióticos fenólicos (p. ej., urolitina A, derivada de polifenoles) reducen MAPK/NF-κB en condrocitos¹⁷.
- El exceso de quinurenina se ha asociado a fenómenos pro-resortivos y debilidad muscular en estudios preclínicos (evidencia emergente y en desarrollo)^{1,2}.

- **Ácidos biliares secundarios:**

- Activan FXR/TGR5 y estimulan GLP-1; se han ligado indirectamente a efectos anabólicos/antiinflamatorios con potencial impacto osteomuscular³.

- **Metabolitos de colina/carnitina (TMAO):**

- Evidencia **emergente** sugiere asociación entre TMAO y menor DMO/osteoporosis (estudios observacionales y modelos animales), aunque hay resultados discrepantes; debe interpretarse con cautela^{32,34}.

b) Regulación del sistema inmunitario

El intestino es el órgano linfoide más grande y la microbiota dirige la maduración inmunitaria, que repercute en hueso, cartílago y músculo.

- **Balance Th17/Treg**

- **Cuando hay disbiosis intestinal:**

Se produce un aumento de **Th17**, lo que incrementa la liberación de **IL-17, IL-6 y TNF-α**. Estas citocinas estimulan la activación de **osteocitos** y promueven la **resorción ósea** y la **degradación del cartílago**, contribuyendo a enfermedades como osteoporosis y artritis inflamatoria^{1,8,9,29}.

- **Cuando predominan Treg (gracias a AGCC como el butirato):**

Se potencia la secreción de **IL-10 y TGF-β**, que ejercen un efecto **antiinflamatorio**, inhiben la activación excesiva de osteoclastos y promueven la **protección ósea y articular**.

- **Inflamación sistémica crónica de bajo grado**

- Relacionada con **osteopenia y sarcopenia** en adultos y envejecimiento acelerado.^{1,3,18,19}
- En niños, asociada con **raquitismo inflamatorio** y retraso de crecimiento.

- **Activación de células B y producción de autoanticuerpos**

- La disbiosis se ha vinculado a autoanticuerpos en AR (p. ej., relación con *Prevotella copri* en AR de inicio reciente)¹³.
- Disbiosis intestinal se vincula con aparición de anticuerpos anti-colágeno tipo II en artritis reumatoide^{13,14}.

- **Permeabilidad intestinal aumentada y efecto osteoarticular**

- Cuando existe un **"intestino permeable" (leaky gut)**, la barrera intestinal pierde su integridad y permite el paso de componentes bacterianos hacia la circulación: Entre ellos, los **lipopolisacáridos (LPS)** de bacterias Gram negativas atraviesan la mucosa intestinal. Los LPS activan los **receptores TLR4** presentes en células del **hueso (osteoclastos, osteoblastos)** y del **cartílago (condrocitos, sinoviocitos)**. Esta activación induce la producción de citocinas proinflamatorias (**IL-1β, IL-6, TNF-α**) que generan **inflamación crónica**. El resultado es **mayor resorción ósea** y **daño del cartílago**, favoreciendo procesos como osteoporosis, artritis reumatoide y osteoartritis^{9,12,15}.

c) Absorción y metabolismo de nutrientes

La microbiota facilita o dificulta la disponibilidad de nutrientes esenciales para hueso y músculo:

- **Calcio y fósforo:**

- SCFAs reducen el pH intestinal lo que produce mayor solubilidad y absorción de minerales¹⁻³.
- La disbiosis reduce la absorción, asociándose a osteopenia^{1,2}.
- Algunos prebióticos elevan la retención de calcio en humanos¹⁻³.

- **Vitamina D:**

- La microbiota influye el metabolismo endocrino de vitamina D (eje FGF23-1α-hidroxilasa) y la señalización VDR; la disbiosis puede alterar esta homeostasis²¹⁻²³.
- Disbiosis intestinal puede inducir resistencia parcial a la vitamina D.

- **Vitamina K2 (menaquinonas bacterianas):**

- Producida por bacterias intestinales (*Bacteroides*, *Eubacterium*, *Enterobacteria*) y por la dieta.
- Fundamental para la activación de osteocalcina y proteínas Gla en hueso y cartílago. La biodisponibilidad de las menaquinonas bacterianas puramente colónicas es limitada y la dieta suele ser la fuente funcional principal^{24,25}.

d) Comunicación neuroendocrina (Ver tabla 1)

La **comunicación neuroendocrina intestinal** se refiere a la interacción entre el intestino y el sistema endocrino a través de hormonas y mediadores que influyen en otros órganos y tejidos, incluido el sistema osteomioarticular.

- **GLP-1 y GLP-2 (péptidos similares al glucagón):**
Estimulan la proliferación de osteoblastos y reducen la apoptosis celular, favoreciendo la formación ósea. Además, mejoran la absorción intestinal de calcio y fósforo, minerales esenciales para la mineralización ósea.
- GLP-2 reduce de forma consistente la resorción ósea en humanos y favorece la absorción mineral^{5,6,26}.
- GLP-1 muestra efectos osteoanabólicos en modelos preclínicos; en humanos, los agonistas del receptor GLP-1 pueden preservar hueso cuando se combinan con ejercicio durante adelgazamiento, aunque los resultados sobre marcadores/DMO son heterogéneos y dependen del contexto clínico^{4,7,27}.
- **Ghrelin y PYY (péptido YY):**
Modulan el apetito y el balance energético. La ghrelina también estimula la masa muscular y participa en la remodelación ósea, mientras que el PYY influye en la homeostasis metabólica y en la regulación del consumo energético. PYY se ha relacionado con variaciones de DMO en humanos (evidencia resumida en revisiones)^{7,8}.
- **Eje HPA (hipotálamo-hipófisis-adrenal):**
El intestino, mediante la microbiota y la disbiosis, puede modificar la respuesta al estrés. El estrés crónico incrementa el cortisol, lo que favorece **osteoporosis y sarcopenia** (principalmente evidencia preclínica)¹⁻³.

En conjunto, estos mecanismos muestran cómo el intestino funciona como un regulador central que conecta nu-

trición, microbiota, metabolismo endocrino y salud osteomuscular.

e) Microbiota y cartílago articular

La **microbiota intestinal** influye directamente en la salud del **cartílago articular** a través de mecanismos inflamatorios e inmunológicos:

- Se halló asociación entre **disbiosis** (expansión de *Prevotella copri*) y **AR** de inicio reciente y **espondiloartritis**^{13,14}. En cartílago/sinovio, **TLR4** media inflamación y destrucción; **butirato** y **urolitina A** reducen **NF-κB/MAPK** e **IL-1β** en modelos^{11,12,15-17}. Ensayos pequeños sugieren beneficio de **Lactobacillus casei** sobre actividad clínica (AR) y síntomas (OA)^{28,30}.
- **Bacterias intestinales proinflamatorias** como *Prevotella copri* se asocian con mayor incidencia y severidad de **artritis reumatoide y espondiloartritis**, debido a su capacidad de inducir respuestas inmunes desreguladas^{13,14}.
- La **translocación de productos bacterianos** (lipopolisacáridos, LPS, y peptidoglicanos) a la circulación activa los **macrófagos sinoviales**, promoviendo la producción de **IL-1β** y otras citoquinas proinflamatorias que aceleran la **degradación de la matriz cartilaginosa**^{11,12,15,16}.
- En contraste, los **probióticos** (*Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium longum*) han mostrado en **modelos animales** reducir la **inflamación sinovial** y modular la respuesta inmune, lo que abre la posibilidad de estrategias terapéuticas para preservar la función articular. Ensayos pequeños y modelos sugieren que *Lactobacillus casei* puede reducir actividad clínica/biomarcadores en AR y síntomas en OA; *Bifidobacterium longum* muestra efectos óseos en modelos OVX (pruebas preliminares)^{3,28,30}.

Tabla 2. Tabla comparativa de los mecanismos de comunicación neuroendocrina intestinal

Hormona / Eje	Origen intestinal	Acción principal	Efecto en hueso y músculo
GLP-1	Células L intestinales	Estimula secreción de insulina, modula apetito	↑ proliferación de osteoblastos, ↓ apoptosis; mejora absorción de Ca y P
GLP-2	Células L intestinales	Aumenta absorción intestinal y trofismo mucoso	↑ absorción de calcio y fósforo, favorece mineralización ósea
Ghrelin	Estómago e intestino	Estimula apetito y secreción de GH	↑ masa muscular, modula remodelación ósea
PYY (péptido YY)	Íleon y colon	Disminuye apetito, regula metabolismo energético	Influye en balance energético y en homeostasis osteomuscular
Eje HPA (hipotálamo-hipófisis-adrenal)	Modulado por microbiota/disbiosis	Aumenta cortisol en estrés crónico	↑ resorción ósea → osteoporosis; ↑ catabolismo muscular → sarcopenia

Resumen de evidencia basado en las referencias 4–8,21–23,26,27.

Tabla 3. Comparación entre los factores, mecanismos y efectos de la microbiota intestinal en el cartilago y su aplicación clínica

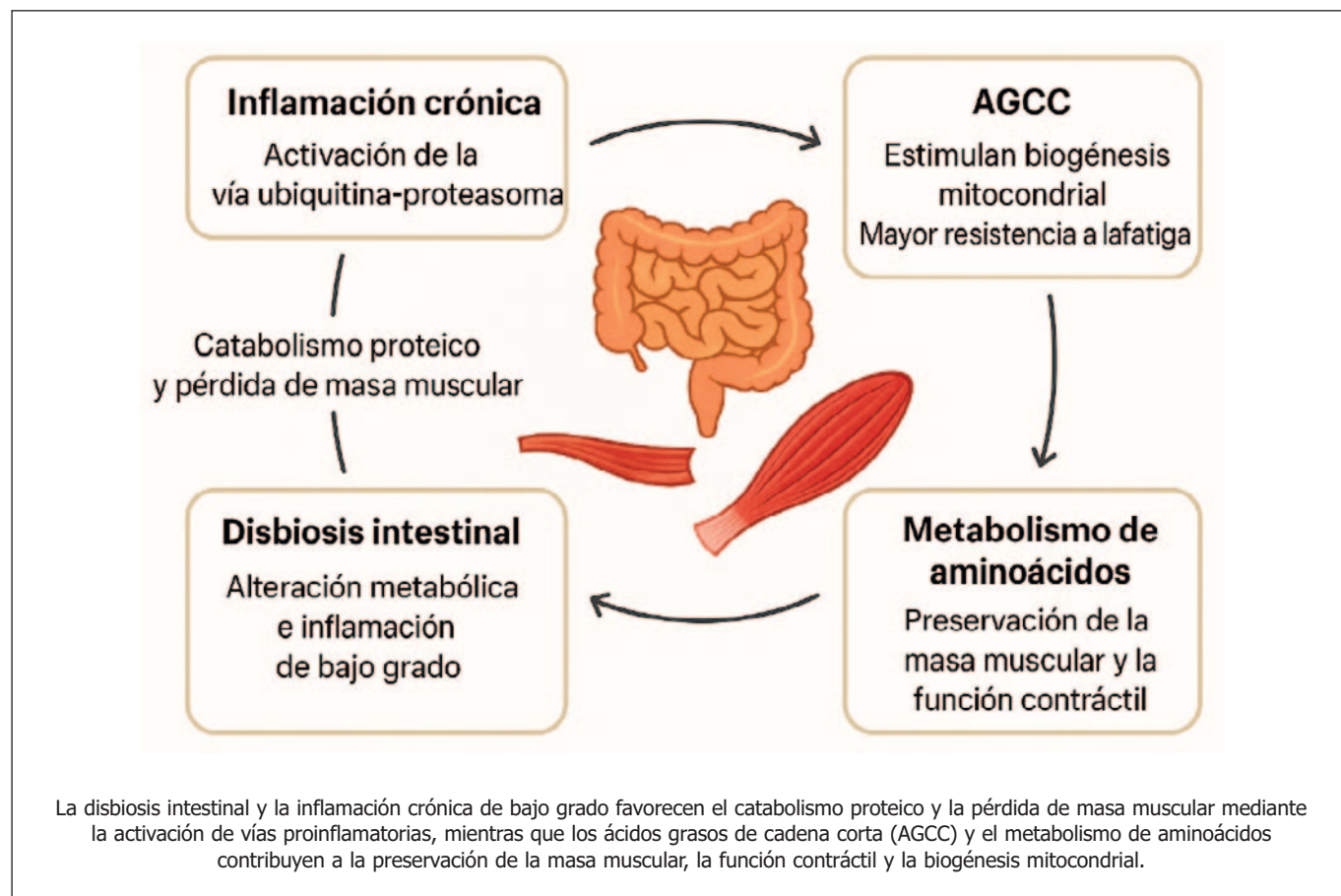
Factor	Mecanismo	Efecto en el cartílago	Aplicaciones clínicas
Bacterias proinflamatorias (ej. <i>Prevotella copri</i>)	Inducen respuestas inmunes desreguladas	Mayor incidencia y severidad de artritis reumatoide y espondiloartritis	Identificación de microbiota asociada a riesgo; potencial uso de antibióticos dirigidos o dieta moduladora
Productos bacterianos (LPS, peptidoglicanos)	Activan macrófagos sinoviales → producción de IL-1 β y citoquinas proinflamatorias	Aceleración de la inflamación y degradación de la matriz cartilaginosa	Desarrollo de terapias bloqueadoras de citoquinas (anti-IL-1 β)
Probióticos (<i>Lactobacillus casei</i> , <i>Bifidobacterium longum</i>)	Modulan la respuesta inmune y reducen citocinas proinflamatorias en modelos animales	Disminución de la inflamación sinovial y preservación de la matriz cartilaginosa	Potencial uso en prevención y tratamiento coadyuvante de artritis inflamatorias

Resumen de evidencia basado en las referencias 11–17,28,30.

f) Eje intestino–músculo (Ver figura 3)

El **eje intestino–músculo** describe la interacción entre la **microbiota intestinal**, los metabolitos derivados de su actividad y la **función del músculo esquelético**. Se reconoce hoy que el intestino no solo regula la absorción de nu-

trientes, sino que también influye de manera crítica en la **homeostasis energética, la fuerza muscular y la sarcopenia**, tanto en la salud como en enfermedades agudas y crónicas. Revisiones/metaanálisis apoyan un **eje intestino–músculo**: disbiosis asociada a **sarcopenia** (↓ diversidad, cambios composicionales), mientras butirato

**Figura 3.** Factores y mecanismos implicados en el eje intestino–músculo

promueve **biogénesis mitocondrial** y **resistencia a la fatiga** en modelos^{18-20,27}.

Mecanismos principales

- **Inflamación crónica:** Una microbiota alterada promueve la liberación de citoquinas proinflamatorias que activan la vía **ubiquitina–proteasoma**, lo que acelera el **catabolismo proteico** y contribuye a la pérdida de masa muscular^{16,19}.
- **Ácidos grasos de cadena corta (AGCC),** en especial el **butirato**, estimulan la **biogénesis mitocondrial**, mejoran la eficiencia energética y aumentan la **resistencia a la fatiga muscular**^{18,19}.
- **Disbiosis intestinal:** Se asocia con **sarcopenia**, al generar desequilibrio metabólico, inflamación de bajo grado y menor absorción de nutrientes clave. **SCFA (butirato):** estimulan biogénesis mitocondrial y eficiencia energética, con mejoría funcional^{18,19}.
- **Sarcopenia y disbiosis:** revisiones y metaanálisis señalan diferencias composicionales (↓ Firmicutes/↑ Proteobacteria, etc.) y menor diversidad en sarcopenia^{20,27}.
- **Metabolismo de aminoácidos:** La microbiota participa en la regulación del **triptófano, arginina y leucina**, que son esenciales para la **síntesis proteica y el mantenimiento de la masa muscular**. (Ver tabla 4). **Aminoácidos esenciales (triptófano, arginina, leucina):** La microbiota modula su biodisponibilidad y señalización anabólica^{18,19}.

g. Eje Intestino-Hueso

El **eje intestino–hueso** describe cómo la **microbiota intestinal** y sus productos regulan la **remodelación ósea** a través de vías **metabólicas, inmunes, de absor-**

ción de nutrientes y enteroendocrinas. La disbiosis y la permeabilidad intestinal alteran este equilibrio y favorecen la pérdida ósea¹⁻³.

Mecanismos clave

- **Metabolitos microbianos (AGCC/SCFA: acetato, propionato, butirato):** ↑ Wnt/β-catenina y **Runx2**, ↓ **RANKL**/↑ **OPG** (↓ resorción), y ↑ absorción de **Ca/P** por descenso de pH luminal^{1-3,11-16}.
- **Vía inmunitaria (Th17/Treg):** disbiosis → ↑ **IL-17/IL-6/TNF-α** (↑ osteoclastogénesis); SCFA → ↑ **Treg** (efecto antiinflamatorio)^{1,9,17,29}.
- **Barrera intestinal y LPS–TLR4:** permeabilidad ↑ → activación de **TLR4** en hueso → inflamación crónica y resorción^{8,10-12,15}.
- **Vitaminas y minerales:** microbiota modula **vitamina D/VDR/FGF23** y aporta **K2** para carboxilar osteocalcina; mejora la **absorción de Ca/P**^{1-3,21-25}.
- **Señal enteroendocrina: GLP-2** muestra **efecto anti-resortivo** consistente en humanos; **GLP-1** tiene resultados óseos heterogéneos y mejora cuando se **combina con ejercicio** durante adelgazamiento^{4-7,26,27}.

Implicaciones clínicas

- Asociaciones con **osteopenia/osteoporosis** y riesgo de **fractura** en contextos de disbiosis y permeabilidad aumentada.
- **Estrategias coadyuvantes:** dieta **rica en fibra** (↑ SCFA), **pre/probióticos**, optimización de **vitamina D y K2**, y, cuando corresponda, considerar dietas como **GLP-2**; con **GLP-1**, añadir **ejercicio** para preservar el esqueleto^{1-4,6,7,22-26}.

Tabla 4. Comparación entre los factores, mecanismos y efectos de la microbiota intestinal en el músculo y su aplicación clínica

Factor	Mecanismo	Efecto en el músculo	Aplicaciones clínicas
Inflamación crónica	Activación de la vía ubiquitina–proteasoma por citoquinas proinflamatorias	Catabolismo proteico y pérdida de masa muscular	Estrategias antiinflamatorias, uso de prebióticos/probióticos, dieta antiinflamatoria
AGCC (butirato)	Estimulan biogénesis mitocondrial y mejoran eficiencia energética	Mayor resistencia a la fatiga y mejor función muscular	Suplementación con fibras fermentables, probióticos productores de butirato
Disbiosis intestinal	Alteración metabólica e inflamación de bajo grado	Sarcopenia: pérdida de masa y fuerza muscular	Modulación de la microbiota (probióticos, trasplante fecal en investigación)
Metabolismo de aminoácidos (triptófano, arginina, leucina)	Regulados por la microbiota intestinal, esenciales para síntesis proteica	Preservación de la masa muscular y la función contráctil	Suplementación de aminoácidos esenciales y dieta personalizada

La síntesis muestra que **AGCC** y **postbióticos** antiinflamatorios se asocian con $\uparrow$ **formación** y $\downarrow$ **resorción** ósea, y con **mejor absorción** de Ca/P^{1-3,11-17}. **GLP-2** reduce marcadores de resorción a corto plazo en mujeres posmenopáusicas y bajo distintas condiciones de PTH^{5,6,26}. Con **agonistas GLP-1**, las señales sobre DMO/recambio son variables y dependen del contexto; **ejercicio** concomitante mejora el perfil óseo durante adelgazamiento^{4,7,27}. La literatura sobre **TMAO** y pérdida ósea es **inconclusa**³²⁻³⁴.

En resumen: El eje intestino-sistema osteomioarticular se sustenta en una red de metabolitos microbianos, modulación inmunitaria, absorción de nutrientes, hormonas intestinales y mecanismos de inflamación sistémica. La disbiosis genera un terreno fértil para **osteoporosis, artritis y sarcopenia**, mientras que una microbiota equilibrada actúa como **factor protector osteomuscular**^{1-3,18,19}.

3. Implicaciones clínicas

- **Osteoporosis y osteopenia:** Alteraciones de microbiota asociadas a pérdida de masa ósea. Probióticos (*Lactobacillus*, *Bifidobacterium*) y Prebióticos han mostrado mejorar densidad mineral ósea en modelos animales (evidencia aún heterogénea)^{1-3,22,24,26}.
- **Artritis reumatoide y espondiloartritis:** Relación directa entre disbiosis intestinal (abundancia de *Prevotella copri*, reducción de Firmicutes) y procesos inflamatorios articulares^{13,14}.
- **Sarcopenia:** Relación entre disbiosis, inflamación de bajo grado y pérdida de masa muscular (datos observacionales/traslacionales)^{18-20,27}.
- **Dolor osteomuscular crónico:** Influenciado por inflamación sistémica derivada de microbiota alterada¹⁻³.

4. Perspectivas terapéuticas

- **Modulación de la microbiota** con probióticos, prebióticos, simbióticos y dieta mediterránea rica en fibra¹⁻³.
- **Suplementación con nutrientes dependientes de microbiota:** **vitamina D, calcio y vitamina K2**, (con énfasis en VDR/FGF23 y carboxilación de proteínas Gla)²¹⁻²⁵.
- **Terapias antiinflamatorias dirigidas al eje intestino** como inhibidores de IL-17, moduladores de AhR; enfoque osteoimmune^{1,29}.
- Potencial uso de **postbióticos** (butirato, indoles) como potenciales agentes osteoprotectores y antiartríticos en modelos, a validar clínicamente^{1,16,17}.

Discusión de los resultados

Hallazgos principales

Esta revisión integradora muestra que el eje intestino-sistema osteomioarticular constituye un entramado fisiopatológico plausible que conecta **metabolitos microbianos, vías inmunes, absorción de nutrientes y señalización neuroendocrina** con desenlaces en **hueso, cartílago y músculo**. En conjunto, los datos apoyan que: (i) los **ácidos grasos de cadena corta (AGCC)** ejercen efectos osteoanabólicos, antiinflamatorios y ergogénicos; (ii) los **derivados del triptófano** actúan de manera bifásica (indoles/AhR protectores vs. quinurenina potencialmente deletérea); (iii) la **permeabilidad intestinal** y la activación de **TLR4** por **LPS** favorecen un fenotipo inflamatorio con resorción ósea y daño de matriz; y (iv) **GLP-2** tiene efecto antiresortivo consistente en humanos, mientras que la señal de **GLP-1** depende del contexto (particularmente, de la pérdida ponderal y de su combinación con ejercicio)^{1-3,5-7,9-12,15-20,22,26,27,32,34}. Asimismo, la disbiosis se asocia con **sarcopenia** y con mayor **actividad articular** en artritis inflamatoria, en paralelo con alteraciones composicionales y funcionales de la microbiota^{13,14,16,19,20}.

Interpretación y coherencia con la literatura

Los hallazgos mecanísticos son coherentes: los **AGCC** (en especial **butirato**) inducen **Treg**, atenúan **NF- κ B/MAPK** e incrementan la **biogénesis mitocondrial**, lo que explica su triple impacto en hueso, cartílago y músculo^{1,15-19}. La **vía LPS-TLR4** ofrece un mecanismo unificador para la progresión de daño osteoarticular en entornos de **leaky gut**, integrando señales de inmunidad innata con osteoimmunología^{9-12,15}. En el eje enteroendocrino, la evidencia en humanos sitúa a **GLP-2** como modulador temprano de la **resorción** (marcadores séricos), mientras que **GLP-1** presenta heterogeneidad por el efecto confusor de la pérdida de peso; combinarlo con **ejercicio** atenúa potenciales pérdidas óseas.^{4,5,7,26,27} En **cartílago**, la relación entre **Prevotella copri** y AR/espondiloartritis apoya el papel de firmas microbianas proinflamatorias en fases iniciales de enfermedad^{13,14}. La señal sobre **TMAO** y salud ósea es **emergente** y no uniforme; conviene interpretarla con prudencia hasta contar con ensayos bien controlados³²⁻³⁴.

Implicaciones clínicas y traslacionales

1. **Prevención y manejo de osteoporosis/osteopenia.** Dietas **ricas en fibra** ($\uparrow$ SCFA), **prebióticos** y ciertos **probióticos** podrían constituir coadyuvantes para optimizar **absorción de Ca/P** y modular el **recambio óseo**; **GLP-2** aparece como diana farmacológica antiresortiva de interés a corto plazo^{1-3,5,6,22,24,26}.
2. **Artritis inflamatoria y osteoartritis.** La reducción de **permeabilidad** y de señal TLR4 (p. ej., con estrategias que aumenten **butirato** o con **postbióticos** tipo

indoles) podría mitigar inflamación sinovial y degradación de matriz; **Lactobacillus casei** ha mostrado señales clínicas preliminares en AR/OA^{11,12,15-17,28,30}.

3. **Sarcopenia.** Intervenciones que eleven **SCFA** (fibra fermentable, cepas productoras de butirato) y estrategias **multicomponente** (nutrición + ejercicio de fuerza) son plausibles para mejorar **masa y función muscular** en mayores o con multimorbilidad¹⁸⁻²⁰.
4. **Terapias combinadas.** En pacientes en tratamiento con **agonistas GLP-1** por obesidad/DM2, la **prescripción concurrente de ejercicio** y vigilancia de marcadores óseos puede ser clave para **preservar el esqueleto**^{4,7,27}.

Fortalezas y limitaciones de la evidencia

Fortalezas: la convergencia de **mecanismos** (AGCC, AhR, TLR4, GLP-2) con **señales clínicas** en diferentes tejidos aumenta la plausibilidad biológica. La inclusión de estudios **preclínicos y traslacionales** ayuda a explicar asociaciones observadas en humanos.

Limitaciones: (i) **heterogeneidad** alta en diseños, poblaciones, técnicas ómicas y métricas de desenlace; (ii) **riesgo de sesgo** en varios ensayos/observacionales (tamaños muestrales pequeños, cegamiento limitado, cointervenciones); (iii) escasez de **ensayos controlados** con desenlaces duros (DMO, **fracturas**, fuerza/función) y con **medición estandarizada** de la microbiota y sus metabolitos; (iv) dificultad para aislar el efecto de **pérdida de peso** al evaluar agonistas **GLP-1**; (v) señal inconsistente en **TMAO**; y (vi) **publicación** preferencial de resultados positivos. En conjunto, la certeza (GRADE) es **baja-moderada** para preguntas clínicas y **moderada-alta** para mecanismos consolidados^{1-3,5-7,9-12,15-17,26,27}.

Relevancia para práctica clínica

- Priorizar **dieta mediterránea alta en fibra y prebióticos** en pacientes con riesgo osteosarcopénico u osteoartrítico.
- Considerar **probióticos** con evidencia preliminar (p. ej. *L. casei*) como **adyuvantes** en AR/OA seleccionando casos y monitorizando síntomas/biomarcadores^{28,30}.
- En programas de pérdida de peso con **GLP-1**, integrar **ejercicio de impacto y fuerza**, además de asegurar **ingesta de Ca/Vit D** y vigilancia de **recambio óseo**^{4,7,26,27}.
- En sospecha de **leaky gut** (síntomas GI + estado inflamatorio), valorar intervenciones que **restauren la barrera** (fibra fermentable, evitar excesos de AINEs/alcohol) y que aumenten **SCFA**.

Prioridades de investigación

1. **ECA multicéntricos** que comparen **cepas/dosis/duración** de probióticos y **prebióticos** con desenlaces duros (DMO/fracturas, fuerza SPB/handgrip, WOMAC/DAS28) y **biomarcadores mecánicos** (SCFA, indoles, BA secundarios, LPS, citocinas).
2. **Estandarización** de métodos de microbiota (preanalítica, 16S vs. shotgun, metabolómica) y de **paneles óseos/musculares**.
3. **Diseños longitudinales** con **mediación causal** (incluida **Mendeliana**) para diferenciar correlación de causalidad.
4. Estratificar por **sexo/menopausia, edad, estado de vitamina D, obesidad y uso de GLP-1**, así como por fenotipos de **inflamación sistémica**.
5. Desarrollo de **postbióticos** (butirato, indoles) y **moduladores de barrera** con evaluación clínica y de **seguridad**.
6. Profundizar en la señal contradictoria de **TMAO** con cohortes bien fenotipadas y control de dieta, función renal y comorbilidades.

CONCLUSIONES

El eje intestino-sistema osteomioarticular integra vías metabólicas (AGCC, indoles), inmunes (Th17/Treg, LPS-TLR4), de absorción de nutrientes (Ca/P, vitamina D/K2) y enteroendocrinas (GLP-1/GLP-2, ghrelina, PYY) que modulan de forma tangible el hueso, el cartílago y el músculo.

Los AGCC y los indoles/AhR muestran efectos osteo/condroprotectores y miotróficos; GLP-2 ejerce un efecto antireproductivo reproducible en humanos. En contraste, la disbiosis, la permeabilidad intestinal (LPS-TLR4), el sesgo Th17 y, de forma emergente, TMAO, se asocian con resorción ósea, inflamación articular y sarcopenia.

En clínica, la modulación de la microbiota (dieta rica en fibra/mediterránea, prebióticos, probióticos y postbióticos selectos) y la preservación de la barrera intestinal son estrategias coadyuvantes plausibles; con agonistas GLP-1, la combinación con ejercicio ayuda a preservar el esqueleto durante la pérdida ponderal.

La certeza global de la evidencia es baja-moderada para desenlaces clínicos y moderada-alta para mecanismos; persisten heterogeneidad metodológica y tamaños muestrales limitados, lo que impide recomendaciones definitivas.

Son prioritarios ECA multicéntricos con desenlaces duros (DMO, fracturas, fuerza/función, actividad articular), biomarcadores mecánicos estandarizados (SCFA, indoles, BA secundarios, LPS/citoquinas) y estratificación por edad, sexo/estado hormonal, vitamina D, obesidad y uso de GLP-1.

En síntesis, La evidencia respalda que intervenir sobre el ecosistema intestinal puede proteger hueso y cartílago y mejorar la función muscular. Su incorporación a la práctica debe ser personalizada y adyuvante, sin sustituir terapias estándar, mientras se generan pruebas robustas que consoliden su eficacia y definan poblaciones diana.

BIBLIOGRAFIA

1. Zaiss MM, Jones RM, Schett G, Pacifici R. The gut-bone axis: how bacterial metabolites bridge the distance. *J Clin Invest*. 2019 Jul 15;129(8):3018-28. doi: 10.1172/JCI128521. PMID: 31305265; PMCID: PMC6668676.
2. Behera J, Ison J, Tyagi SC, Tyagi N. The role of gut microbiota in bone homeostasis. *Bone*. 2020 Jun;135:115317. doi: 10.1016/j.bone.2020.115317. PMID: 32169602; PMCID: PMC8457311.
3. Chen Y, Ye J, Cao L, et al. Gut Microbiota and Bone Diseases: A Growing Partnership. *Front Microbiol*. 2022;13:877776. doi: 10.3389/fmicb.2022.877776.
4. Xie B, Tian J, Wei Y, et al. The Impact of GLP-1 Receptor Agonists on Osteoporosis. *Front Pharmacol*. 2021;12:697442. doi: 10.3389/fphar.2021.697442. PMID: 34220521; PMCID: PMC8243369. *Frontiers*
5. Henriksen DB, Alexandersen P, Hartmann B, Adrian CL, Byrjalsen I, Bone HG, Holst JJ, Christiansen C. Disassociation of bone resorption and formation by GLP-2: a 14-day study in healthy postmenopausal women. *Bone*. 2007 Mar;40(3):723-9. doi: 10.1016/j.bone.2006.09.025. PMID: 17081815. *PubMed*
6. Brubaker PL. Glucagon-Like Peptide-2 and the Regulation of Intestinal Functions. *Compr Physiol*. 2018;8(3):1049-82. doi: 10.1002/cphy.c170055. PMID: 29978894. *Wiley Online Library*
7. Liu H, Xiao H, Lin S, Zhou H, Cheng Y, Xie B, Xu D. Effect of gut hormones on bone metabolism and their possible mechanisms in the treatment of osteoporosis. *Front Pharmacol*. 2024 Apr 25;15:1372399. doi: 10.3389/fphar.2024.1372399. PMID: 38725663; PMCID: PMC11079205. *PMC*
8. Schiellerup SP, Skov-Jepesen K, Windeløv JA, et al. Gut Hormones and Their Effect on Bone Metabolism. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2019;10:75. doi: 10.3389/fendo.2019.00075. PMID: 30863364; PMCID: PMC6399108. *Frontiers*
9. Zhu X, Ge H, Zhang X, et al. The critical role of Toll-like receptor 4 in bone remodeling and osteoporosis. *Front Immunol*. 2024;15:1333086. doi: 10.3389/fimmu.2024.1333086. PMID: 38504994. *PMC*
10. Alonso-Pérez A, Franco-Trepát E, Guillán-Fresco M, Jorge-Mora A, López V, Pino J, Gualillo O, Gómez R. Role of Toll-Like Receptor 4 on Osteoblast Metabolism and Function. *Front Physiol*. 2018;9:504. doi: 10.3389/fphys.2018.00504. PMID: 29867550; PMCID: PMC5952219. *PMC*
11. Bartels YL, van Lent PLEM, van der Kraan PM, Blom AB, Bongers KM, van den Bosch MHJ. Inhibition of TLR4 signalling to dampen joint inflammation in osteoarthritis. *Rheumatology (Oxford)*. 2024 Mar 1;63(3):608-618. doi:10.1093/rheumatology/kead493. PMID: 37788083; PMCID: PMC10907820. *PMC*
12. Sengprasert P, Kamenkit O, Tanavalee A, Reantragoon R. The Immunological Facets of Chondrocytes in Osteoarthritis: A Narrative Review. *J Rheumatol*. 2024 Jan;51(1):13-24. doi:10.3899/jrheum.2023-0816. PMID: 37914220. *JRheum+1*
13. Scher JU, Sczesnak A, Longman RS, Segata N, Ubeda C, Bielski C, et al. Expansion of intestinal *Prevotella copri* correlates with enhanced susceptibility to arthritis. *eLife*. 2013 Nov 5;2:e01202. doi:10.7554/eLife.01202. PMID: 24192039; PMCID: PMC3816614. *eLife*
14. Gill T, Asquith M, Rosenbaum JT, Colbert RA. The intestinal microbiome in spondyloarthritis. *Curr Opin Rheumatol*. 2015 Jul;27(4):319-25. doi:10.1097/BOR.000000000000187. PMID: 26002022; PMCID: PMC4489849. *PMC*
15. Pirozzi C, Francisco V, Guida FD, Gómez R, Lago F, Pino J, Meli R, Gualillo O. Butyrate modulates inflammation in chondrocytes via GPR43 receptor. *Cell Physiol Biochem*. 2018;51(1):228-43. doi:10.1159/000495203. Epub 2018 Nov 16. PMID: 30448827. *PubMed*
16. Ding SL, Pang ZY, Chen XM, Li Z, Liu XX, Zhai QL, et al. Urolithin A attenuates IL-1 β -induced inflammatory responses and cartilage degradation via inhibiting the MAPK/NF- κ B signaling pathways in rat articular chondrocytes. *J Inflamm (Lond)*. 2020;17:13. doi:10.1186/s12950-020-00242-8. PMID: 32210738; PMCID: PMC7092521. *BioMed Central*
17. Furusawa Y, Obata Y, Fukuda S, Endo TA, Nakato G, Takahashi D, Nakanishi Y, Uetake C, Kato K, Kato T, Takahashi M, Fukuda NN, Murakami S, Miyauchi E, Hino S, Atarashi K, Onawa S, Fujimura Y, Lockett T, Clarke JM, Topping DL, Tomita M, Hori S, Ohara O, Morita T, Koseki H, Kikuchi J, Honda K, Hase K, Ohno H. Commensal microbe-derived butyrate induces the differentiation of colonic regulatory T cells. *Nature*. 2013 Dec 19;504(7480):446-50. doi:10.1038/nature12721. Epub 2013 Nov 13. Erratum in: *Nature*. 2014 Feb 13;506(7487):254. PMID: 24226770. *PubMed*
18. Wen C, Wang Q, Gu S, Jin J, Yang N. Emerging perspectives in the gut-muscle axis: The gut microbiota and its metabolites as important modulators of meat quality. *Microb Biotechnol*. 2024 Jan;17(1):e14361. doi:10.1111/1751-7915.14361. Epub 2023 Oct 30. PMID: 37902307; PMCID: PMC10832551. *PMC*
19. Barry DJ, Wu SSX, Cooke MB. The Relationship Between Gut Microbiota, Muscle Mass and Physical Function in Older Individuals: A Systematic Review. *Nutrients*. 2025;17(1):81. doi:10.3390/nu17010081. PMID: 39796514. *MDPI*
20. Mai X, Yang S, Chen Q, Chen K. Gut microbial composition is altered in sarcopenia: a systematic review and meta-analysis of clinical studies. *PLoS One*. 2024;19(8):e0308360. doi:10.1371/journal.pone.0308360. PMID: 39106230; PMCID: PMC11302912. *PLOS*
21. Thomas RL, Jiang L, Adams JS, Xu ZZ, Shen J, Janssen S, et al. Vitamin D metabolites and the gut microbiome in older men. *Nat Commun*. 2020;11:5997. doi:10.1038/s41467-020-19793-8. PMID: 33244003; PMCID: PMC7693238. *Nature*
22. Jin D, Wu S, Zhang Y-G, Lu R, Xia Y, Dong H, Sun J. Lack of vitamin D receptor causes dysbiosis and changes the functions of the murine intestinal microbiome. *Clin Ther*. 2015 May;37(5):996-

- 1009.e1007. doi:10.1016/j.clinthera.2015.04.004. PMID: 26046242. Clinical Therapeutics
23. Bora SA, Kennett MJ, Smith PB, Patterson AD, Cantorna MT. The gut microbiota regulates endocrine vitamin D metabolism through fibroblast growth factor 23. *Front Immunol.* 2018 Mar 2;9:408. doi:10.3389/fimmu.2018.00408. PMID: 29599772; PMCID: PMC5863497. Frontiers
 24. Yan Q, Zhang Z, Liu J, et al. The biological responses of vitamin K2: a comprehensive review. *Front Nutr.* 2023;10:1110163. doi:10.3389/fnut.2023.1110163. PMID: 37051359; PMCID: PMC10084986. PMC
 25. Lai Y, Masatoshi H, Ma Y, Guo Y, Zhang B. Role of Vitamin K in Intestinal Health. *Front Immunol.* 2022 Jan 5;12:791565. doi:10.3389/fimmu.2021.791565. PMID: 35069573; PMCID: PMC8769504. Frontiers
 26. Skov-Jeppesen K, Svane MS, Martinussen C, Gasbjerg LS, Rosenkilde MM, Rejnmark L, et al. The antiresorptive effect of GIP, but not GLP-2, is preserved in hypoparathyroidism—randomized crossover. *J Bone Miner Res.* 2021 Aug;36(8):1448-1458. doi:10.1002/jbmr.4308. PMID: 33852173; PMCID: PMC8338760. Wiley Online Library
 27. Jensen SBK, Sørensen V, Sandsdal RM, Lehmann EW, Lundgren JR, Juhl CR, et al. Bone Health After Exercise Alone, GLP-1 Receptor Agonist Treatment, or Combination Treatment: A Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open.* 2024 Jun 25;7(6):e2416775. doi:10.1001/jamanetworkopen.2024.16775. PMID: 38916894. JAMA Network
 28. Paul AK, Paul A, Jahan R, Jannat K, Bondhon TA, Hasan A, Nissapatorn V, Pereira ML, Wilairatana P, Rahmatullah M. Probiotics and amelioration of rheumatoid arthritis: significant roles of *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus*. *Microorganisms.* 2021 May;9(5):1070. doi:10.3390/microorganisms9051070. PMID: 34065638; PMCID: PMC8157104.
 29. Yu M, Tyagi AM, Li J-Y, Adams J, Denning TL, Weitzmann MN, Jones RM, Pacifici R. PTH induces bone loss via microbial-dependent expansion of intestinal TNF⁺ T cells and Th17 cells. *Nat Commun.* 2020;11:468. doi:10.1038/s41467-019-14148-4. PMID: 31980603; PMCID: PMC6981196.
 30. Moyseos M, Michael J, Ferreira N, Sophocleous A. The effect of probiotics on the management of pain and inflammation in osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis of clinical studies. *Nutrients.* 2024 Jul;16(14):2243. doi:10.3390/nu16142243. PMID: 39064686; PMCID: PMC11279588.
 31. Pirozzi C, Francisco V, Guida FD, Gómez R, Lago F, Pino J, Meli R, Gualillo O. Butyrate modulates inflammation in chondrocytes via GPR43 receptor. *Cell Physiol Biochem.* 2018;51(1):228-243. doi:10.1159/000495203. PMID: 30448827.
 32. Elam RE, Bůžková P, Barzilay JI, Wang Z, Nemet I, Budoff MJ, Cauley JA, Fink HA, Lee Y, Robbins JA, Wang M, Hazen SL, Mozaffarian D, Carbone LD. Trimethylamine N-oxide and hip fracture and bone mineral density in older adults: The Cardiovascular Health Study. *Bone.* 2022;161:116431. doi:10.1016/j.bone.2022.116431. PMID: 35577327; PMCID: PMC10712255. ScienceDirect
 33. Lin Y-H, Lian W-S, Wu R-W, Chen Y-S, Wu S-L, Ko J-Y, Wang S-Y, Jahr H, Wang F-S. Trimethylamine-N-oxide accelerates osteoporosis by PERK activation of ATF5 unfolding. *Cell Mol Life Sci.* 2024 Dec 24;82(1):13. doi:10.1007/s00018-024-05501-y. PMID: 39719538; PMCID: PMC11668722. PMC
 34. Li L, An J, Bai J, Zhang Y, Li X, Lv H. Association between systemic immune-inflammation index and trimethylamine N-oxide levels in peripheral blood and osteoporosis in overweight and obese patients. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2025 Feb 13;16:1539594. doi:10.3389/fendo.2025.1539594. PMID: 40017693; PMCID: PMC11864960.

Nutritional status, eating behavior, and hygiene practices in relation to permanent molar caries among 7–9-year-old children in a high-stunting rural community

Arie NUGROHO¹, Sutrio SUTRIO¹, Antun RAHMADI¹, Andi Eka YUNianto²

1 Nutrition Study Program, Poltekkes Kemenkes Tanjung Karang, Bandar Lampung, Indonesia.

2 Nutrition Study Program, Faculty of Medicine, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.

Recibido: 4/diciembre/2025. Aceptado: 30/diciembre/2025.

ABSTRACT

Background: Caries in the first permanent molar is a major oral health concern in nutritionally vulnerable rural populations. Children living in stunting-endemic areas may be at elevated risk due to suboptimal dietary habits and hygiene practices.

Methods: This a cross-sectional analytical observational study involved 150 children aged 7–9 years from three elementary schools in a stunting locus village in Pesawaran District, Indonesia. The independent variables (nutritional status, eating behavior and personal hygiene practices) and the dependent variable (presence of caries in the mandibular permanent first molar). Chi-square tests were applied to determine associations ($p < 0.05$).

Results: Most children had normal nutritional status (82%), while 18% were stunted. Eating behavior tended to be suboptimal, with 40% categorized as “not enough,” and 38% of the children demonstrated inadequate personal hygiene. Bivariate analysis showed no significant association between nutritional status and caries ($p = 0.729$). However, eating behavior was significantly associated with poor caries status ($p < 0.000$), with the highest prevalence of poor caries status found among children with inadequate eating behavior (75%). Personal hygiene also showed a strong association with poor caries status ($p < 0.000$), as 87.7% of children with inadequate hygiene exhibited poor caries status.

Conclusion: Eating behavior and personal hygiene were significant determinants of caries in the lower first permanent molar, whereas nutritional status was not associated. Improving dietary habits and hygiene practices may effectively reduce caries risk in high-stunting rural communities.

KEYWORDS

Children’s oral health, growth retardation, dietary habits, oral hygiene, vulnerable rural communities, permanent first molar.

INTRODUCTION

Child oral health, particularly caries in newly erupted permanent molars, constitutes a critical yet often overlooked public health issue in nutritionally vulnerable communities. The first permanent molars (M1), erupting around ages 6–7, are highly susceptible to caries due to their deep fissure morphology, initial incomplete post-eruptive maturation, and posterior location, which complicates optimal cleaning^{1,2}. For 7–9-year-old children in high-stunting rural communities, the premature loss of these permanent teeth carries a dual burden. Beyond the immediate impact on quality of life such as pain, eating difficulties, and reduced learning concentration, this condition can exacerbate the cycle of malnutrition. Recent evidence suggests severe oral disease can be both a marker and a contributor to the double burden of malnutrition, where chronic masticatory dysfunction limits the intake and diversification of nutritious foods^{3,4}. Therefore, understanding the determinants of caries in these first permanent teeth within this specific population is crucial for developing integrated preventive strategies.

Globally, research has long established the multifactorial relationship between childhood caries and social determinants,

Correspondencia:

Arie Nugroho
arienugroho@poltekkes-tjk.ac.id

high-sugar diets, and poor oral hygiene⁵. However, significant knowledge gaps persist when this context is applied to rural populations with high stunting prevalence. Firstly, most studies still focus on early childhood caries in primary dentition or aggregate all permanent teeth, failing to isolate risk factors specific to newly erupted permanent molars in the 7–9 year age group. This eruption period represents a critical window of opportunity and the highest vulnerability for these teeth⁶. Secondly, although stunting and caries are often studied as co-existing conditions, research explicitly investigating children from high-stunting communities as a unique epidemiological entity remains scarce. Analyses frequently treat stunting as a covariate rather than a fundamental characteristic of the research setting that shapes parenting practices, food access, and health behaviors, including oral health⁷.

Furthermore, research approaches are often fragmented. Many studies explore dietary factors solely from the perspective of sucrose intake, overlooking broader eating behaviors such as snacking frequency, food consistency (sticky vs. non-sticky), and meal timing patterns, all of which influence plaque dynamics and oral pH⁸. Similarly, a focus on oral hygiene practices like toothbrushing often neglects wider basic hygiene practices such as handwashing, utensil cleanliness, and drinking water sources, which directly affect the transmission and colonization of cariogenic bacteria, especially in households with limited sanitation⁹. The interconnection between (potentially sub-optimal) nutritional status, comprehensive eating behavior, and basic hygiene practices within a single analytical framework to explain the variance in permanent molar caries incidence in vulnerable populations remains poorly understood and under-investigated¹⁰.

Therefore, this study is designed to address these gaps by simultaneously investigating the relationship between nutritional status (stunting, underweight), comprehensive eating behavior, and basic hygiene practices and the occurrence of permanent molar caries among 7–9 year old children in a high-stunting rural community. This study hypothesizes that caries susceptibility in this population results from a synergistic environmental risk syndrome, where chronic malnutrition, poorly regulated eating patterns, and minimal hygiene practices create an ideal condition for rapid caries development (rampant caries) in young permanent teeth.

METHODS

Study Design and Setting

This study employed a cross-sectional analytical observational study design, which is appropriate for identifying associations between nutritional status, dietary patterns, personal hygiene, and dental caries at a single point in time. The research was conducted in three public elementary schools located in Negeri Sakti Village, Pesawaran District, designated as a stunting locus area. Data collection took place from July to August 2025.

Study Participants and Sampling

The study population consisted of all students aged 7–9 years enrolled in the three elementary schools in Negeri Sakti Village (total N = 150 students). Participants were recruited using total sampling, following inclusion and exclusion criteria of age eligibility and parental consent, the presence of fully erupted permanent first molars, the absence of systemic diseases affecting growth or oral health, and the exclusion of children with recent dental treatments that could bias the assessment of caries.

Anthropometric data such as height, weight, and age were collected to determine nutritional status, specifically Height-for-Age (H/A) for stunting for nutritional categories, based on WHO Child Growth Standards. Students meeting the anthropometric measurement criteria and completing all assessments were included as final samples.

Data Collection Tools and Technique

Height was measured using a stadiometer, and weight using a calibrated digital scale. Nutritional status was classified according to the WHO 2007 reference using WHO AnthroPlus z-score standards. Dietary patterns were assessed through a structured questionnaire consisting of 15 Guttman-scale items (Yes/No) covering food types, frequency, and portion consumption. Guttman scaling is commonly used for dietary behavior assessments due to its simplicity and reliability¹¹. Personal hygiene was measured using an 11-item Guttman-scale questionnaire that included oral hygiene behaviors such as toothbrushing twice daily, after breakfast and before bedtime. Structured hygiene assessments have been shown to correlate strongly with dental caries risk¹². Dental caries in the mandibular first permanent molar were assessed clinically using a mouth mirror and a dental explorer/sonde. A tooth was recorded as having caries if:

- The explorer tip caught on a surface, or
- Visible dark brown/black discoloration was observed.

Caries assessment procedures followed established criteria similar to the WHO Oral Health Survey Methods (5th edition) (WHO, 2013) and recent clinical examination standards¹³. All findings were recorded using a structured dental examination form in which caries were marked as (√) and non-caries as (X). Parents or guardians completed and signed an informed consent form before data collection.

Data Analysis

Data were analyzed using *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) version 25. Descriptive statistics (frequency and percentage) were applied to present the demographic and behavioral characteristics of respondents. The association between independent variables (nutritional status (stunting, eating behavior, and basic hygiene practices) and the dependent

variable (dental caries) was tested using the Chi-square test. The level of statistical significance was set at $p < 0.05$.

Ethical Statement

This study was approved by the Research Ethics Committee of Poltekkes Kemenkes Tanjung Karang (Approval No: No.437/KEPK-TJK/VII/2025). All participants received a detailed explanation of the study's objectives and procedures before participation and provided informed consent.

RESULTS

The baseline characteristics of the 150 school-aged children (7–9 years old) included in this study from three elementary schools located in the stunting locus area of Negeri Sakti, Pesawaran District. The characteristics described include gender distribution, nutritional status based on height-for-age (H/A), eating behavior, and personal hygiene. These descriptive data provide an essential overview of the health profile and behavioral patterns of the participants prior to conducting further analyses related to the occurrence of dental caries in the mandibular first permanent molar.

As shown in Table 1, the gender distribution indicates that 81 participants (54%) were boys and 69 participants (46%)

were girls, demonstrating a slightly higher proportion of male respondents. Regarding nutritional status based on the height-for-age indicator, 27 children (18.0%) were classified as stunted, while the majority, 123 children (82.0%), fell within the normal category. This finding suggests that although the study area is identified as a stunting locus, most children in this age range did not exhibit linear growth impairment.

In terms of eating behavior, 60 children (40.0%) were categorized as having not enough eating behavior, indicating inadequate dietary habits and food intake quality. Meanwhile, 59 children (39.3%) demonstrated adequate eating behavior, and only 31 children (20.7%) were considered to have good eating behavior. This distribution reflects that a substantial proportion of the children still have suboptimal dietary practices. Similarly, the assessment of personal hygiene showed that 57 children (38.0%) had not enough hygiene practices, 51 children (34.0%) were categorized as having adequate hygiene, and 42 children (28.0%) demonstrated good personal hygiene. These results indicate that the largest proportion of participants did not meet optimal hygiene standards, including oral hygiene behaviors, which may contribute to an increased risk of dental caries.

Table 2 presents the results of the bivariate analysis assessing the relationship between nutritional status, eating behavior, and personal hygiene with the presence of caries in the lower first permanent molar among 150 school-aged children. The findings show that nutritional status did not exhibit a statistically significant association with dental caries ($p = 0.729$). Among the children classified as stunted, 17 (63.0%) had poor caries status and 10 (37.0%) had good caries status. A similar distribution was observed among children with normal nutritional status, where 73 (59.3%) had poor caries status and 50 (40.7%) had good caries status. The relatively comparable proportions between the stunted and normal groups indicate that stunting was not a determinant factor for caries in this population.

In contrast, eating behavior demonstrated a significant association with caries status ($p = 0.000$). Children with not enough eating behavior had the highest proportion of poor caries status, with 45 children (75.0%) experiencing caries and only 15 (25.0%) showing good caries status. Among those with adequate eating behavior, 35 children (59.3%) presented with poor caries status and 24 (40.7%) with good status. Notably, children with good eating behavior exhibited the most favorable outcomes, with only 10 (32.3%) having poor caries status, while 21 (67.7%) had good caries status. These findings suggest that better eating behavior, which likely reflects healthier dietary choices and habits, is strongly associated with lower risk of dental caries.

Personal hygiene was also significantly associated with caries status ($p = 0.000$). Among children with not enough

Table 1. Sociodemographic and Health Characteristics of Schoolchildren Aged 7–9 Years In A Rural Community (n=150)

Characteristics	n	%
Gender		
Boys	81	54
Girls	69	46
Nutritional Status (H/A)		
Stunted	27	18.0
Normal	123	82.0
Eating Behavior		
Not enough	60	40.0
Enough	59	39.3
Good	31	20.7
Personal Hygiene		
Not enough	57	38.0
Enough	51	34.0
Good	42	28.0

Table 2. Results of Bivariate Analysis of Association Between Independent Variables and Caries in the Mandibular Permanent First Molar

Variable	Category	Caries in the Lower First Permanent Molar				Total		p-value
		Poor		Good				
		n	%	n	%	n	%	
Nutritional status	Stunted	17	63.0	10	37.0	27	100	0.729
	Normal	73	59.3	50	40.7	123	100	
	Total	90	60	60	40	150	100	
Eating Behavior	Not enough	45	75.0	15	25.0	60	100	0.000
	Enough	35	59.3	24	40.7	59	100	
	Good	10	32.3	21	67.7	31	100	
	Total	90	60	60	40	150	100	
Personal Hygiene	Not enough	50	87.7	7	12.3	57	100	0.000
	Enough	27	52.9	24	47.1	51	100	
	Good	13	31.0	29	69.0	42	100	
	Total	90	60	60	40	150	100	

* Chi-square test a significant of poor and good caries status ($p < 0.05$).

hygiene, a markedly high proportion—50 children (87.7%)—had poor caries status, while only 7 (12.3%) showed good status. In the adequate hygiene group, 27 children (52.9%) had poor caries status compared to 24 (47.1%) with good hygiene. The best outcomes were observed among children with good personal hygiene, where only 13 (31.0%) had poor caries status, while the majority, 29 (69.0%), had good caries status. These findings underscore that better personal hygiene, particularly oral hygiene practices, plays a critical role in preventing dental caries in the first permanent molar. Overall, the results indicate that while nutritional status was not associated with caries, both eating behavior and personal hygiene were strongly and significantly related to the occurrence of dental caries in the lower first permanent molar among the children studied.

DISCUSSION

This study provides nuanced insights into the determinants of caries in the first permanent molar among school-aged children in a high-stunting rural setting. The key findings reveal a significant association between caries and both eating behavior and personal hygiene, while no significant link was found with nutritional status (stunting). This pattern warrants a detailed discussion within the context of existing evidence and the unique socio-environmental factors of a stunting-endemic community.

First, the absence of a significant association between stunting and dental caries is a notable finding. This contrasts with several systematic reviews suggesting a bidirectional relationship between undernutrition and early childhood caries^{14–16}. A plausible explanation lies in the specific age group (7–9 years) and dentition examined. Previous literature often focuses on severe early childhood caries in the primary dentition of younger children, where the causal pathways such as pain-induced feeding difficulties leading to weight faltering are more direct and temporally linked. In this study, the outcome was caries in the *permanent* molars of older children. The nutritional insult leading to stunting likely occurred in the first 1,000 days of life, while the caries in the newly erupted permanent molars developed more recently. Therefore, current stunting status may act as a marker of past nutritional deprivation and overall household disadvantage rather than a direct physiological contributor to caries risk in this specific dentition at this age¹⁷. This aligns with research suggesting that in school-aged children, socioeconomic and behavioral factors may overshadow the direct biological link between linear growth and oral health¹⁸.

The strong, significant association between poor eating behavior and higher caries prevalence is consistent with the established cariogenicity of frequent sugar intake and unhealthy snacking patterns. However, our findings deepen this under-

standing by highlighting that within a resource-limited setting, broader “eating behavior” encompassing not just sugar consumption but likely also meal frequency, consistency of foods, and dietary diversity is a critical determinant^{19,20}. Children categorized with “not enough” eating behavior may have diets high in cheap, processed carbohydrates and low in protective foods like fruits and vegetables, which require more chewing and stimulate saliva²¹. This creates a perfect environment for caries development in susceptible newly erupted molars²². The finding that good eating behavior was protective, even in this high-risk community, underscores the importance of holistic dietary guidance that moves beyond merely “avoiding sweets” to promoting structured meal patterns and nutritious food choices.

Most strikingly, personal hygiene exhibited the strongest gradient of association with caries status. The finding that 87.7% of children with inadequate hygiene had poor caries status powerfully illustrates the central role of daily practices. This extends beyond toothbrushing to include the broader hygiene milieu, such as handwashing and general cleanliness, which can influence the oral microbial load²³. In rural settings with potentially limited access to fluoride toothpaste and clean water, the mechanical removal of plaque through regular and effective brushing becomes even more crucial²⁴. The result reinforces that even in populations facing nutritional challenges, modifiable behavioral interventions targeting hygiene can yield significant oral health benefits. This supports the Common Risk Factor Approach, which advocates for integrated health promotion strategies²⁵.

The disconnect between stunting and caries in this analysis, juxtaposed with the strong behavioral links, suggests a critical public health implication: in high-stunting communities, oral disease in school-aged children may be driven more by contemporary, modifiable risk behaviors than by the historical fact of stunting itself. This is an empowering finding, as it indicates that targeted school- and community-based programs focusing on dietary education and hygiene skill-building can be effective, even if broader economic and nutritional disparities are harder to address in the short term. Interventions should be context-sensitive, involving families and leveraging school platforms to reinforce consistent messaging on reducing cariogenic snacks and establishing routine brushing with available resources²⁶.

A limitation of this study is its cross-sectional design, which precludes establishing causal direction. For instance, severe caries could potentially influence eating behavior by causing pain and food avoidance. Furthermore, the assessment of eating behavior and hygiene via questionnaire, though practical, is subject to reporting bias. Future longitudinal research in similar settings is needed to confirm these relationships and explore the pathways linking household environment, caregiver knowledge, and child behaviors.

CONCLUSION

This study demonstrates that the occurrence of caries in the mandibular first permanent molar among 7–9 year old children in a high-stunting rural community is strongly influenced by eating behavior and personal hygiene, but not by nutritional status. Children with poor eating behavior and inadequate hygiene were significantly more likely to experience severe caries, indicating that behavioral and environmental factors play a more dominant role than growth status in early permanent tooth decay. These findings highlight the need for integrated interventions that promote healthier eating patterns such as reducing cariogenic snacks and improving meal regularity alongside strengthening oral and basic hygiene practices at both school and household levels. Implementing such strategies within stunting-prone communities may offer a cost-effective approach to reducing dental caries while simultaneously supporting broader child health outcomes.

REFERENCES

1. Kirthiga M, Early MDS, Ddt T. Risk Factors for Early Childhood Caries : A Systematic Review and Meta-Analysis of Case Control and Cohort Studies. 2020;41(2):95–112.
2. Bukhari ST, Alhasan HA, Qari MT, Sabbagh HJ, Farsi NM. Prevalence and risk factors of molar incisor hypomineralization in the Middle East: A systematic review and meta-analysis. J Taibah Univ Med Sci [Internet]. 2023;18(4):696–710. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2022.12.011>
3. Setiawan AS, Indriyanti R, Suryanti N, Rahayuwati L, Juniarti N. Neonatal Stunting and Early Childhood Caries. *Pediatr J*. 2022;1(1):1–8. doi: 10.3389/fped.2022.871862.
4. Folayan MO, Arije O, El Tantawi M, Kolawole KA, Obiyan M, Arowolo O, et al. Association between early childhood caries and malnutrition in a sub-urban population in Nigeria. *BMC Pediatr*. 2019;19(1):19–21. doi: 10.1186/s12887-019-1810-2.
5. Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, Daly B, Venturelli R, Mathur MR, et al. Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet*. 2019 Jul;394(10194):249–60. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31146-8.
6. Stoica SN, Nimigean V, Virlan MJR, Nimigean VR. The Pathology of the First Permanent Molar during the Mixed Dentition Stage—Review. *Appl Sci*. 2023;13(1). doi: <https://doi.org/10.3390/app13010483>.
7. Aulia RN, Indriyanti R, Setiawan AS. The bi-directional relationship between growth stunting and early childhood caries: a rapid review. *Front Public Heal*. 2023;11(December 2023). doi: 10.3389/fpubh.2023.1234893.
8. Cheever VJ, Mohajeri A, Patel K, Burris RC, Hung M. Impact of Free Sugar Consumption on Dental Caries: A Cross-Sectional Analysis of Children in the United States. *Dent J*. 2025;13(2):1–14. doi: <https://doi.org/10.3390/dj13020048>.
9. Muoghalu C, Lebu S, Kaboggoza H, Bongomin F, Ochaya S, Manga M. Soil-transmitted helminth infections among preschool-

- and school-aged children in India: A systematic review and meta-analysis of prevalence, risk factors and intervention strategies. *Hyg Environ Heal Adv* [Internet]. 2025;13(January):100118. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.heha.2025.100118>
10. Özel İÇ, Erbaş Ünverdi G, Serdar Eymirli P, Yabancı Ayhan N. The relationship between dental caries, dietary intake and body composition in school-age children. *Egypt Pediatr Assoc Gaz*. 2024;72(1). doi: <https://doi.org/10.1186/s43054-024-00255-5>.
 11. Dalwood P, Marshall S, Burrows TL, McIntosh A, Collins CE. Diet quality indices and their associations with health-related outcomes in children and adolescents: an updated systematic review. Vol. 19, *Nutrition Journal*. Nutrition Journal; 2020. 1–43 p. doi: [10.1186/s12937-020-00632-x](https://doi.org/10.1186/s12937-020-00632-x).
 12. Peltzer K, Pengpid S. Oral health behaviour and social and health factors in university students from 26 low, middle and high income countries. *Int J Environ Res Public Health*. 2014;11(12):12247–60. doi: [10.3390/ijerph111212247](https://doi.org/10.3390/ijerph111212247).
 13. Pitts NB, Twetman S, Fisher J, Marsh PD. Understanding dental caries as a non-communicable disease. *Br Dent J*. 2021;231(12):749–53. doi: [10.1038/s41415-021-3775-4](https://doi.org/10.1038/s41415-021-3775-4).
 14. Achmad H, Ramadany S, Fajriani, Sukmana BI, Hanan N, Hartami E, et al. A review of stunting growth in children: Relationship to the incidence of dental caries and its handling in children. *Syst Rev Pharm*. 2020;11(6):230–5. doi: [10.31838/srp.2020.6.36](https://doi.org/10.31838/srp.2020.6.36).
 15. Wang D, Wang X, Zhao C, Ma S, Zhang Y, Shi H. Study on the association between malnutrition, early childhood caries and caries activity among children aged 3–5 years. *BMC Oral Health*. 2024;24(1). doi: [10.1186/s12903-024-04802-9](https://doi.org/10.1186/s12903-024-04802-9).
 16. Shen A, Bernabé E, Sabbah W. The bidirectional relationship between weight, height and dental caries among preschool children in China. *PLoS One*. 2019;14(4):1–13. doi: [10.1371/journal.pone.0216227](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216227).
 17. Tanner L, Craig D, Holmes R, Catinella L, Moynihan P. Does Dental Caries Increase Risk of Undernutrition in Children? *JDR Clin Transl Res*. 2022 Apr 2;7(2):104–17. doi: [10.1177/23800844211003529](https://doi.org/10.1177/23800844211003529).
 18. Peltzer K, Pengpid S. The Prevalence and Social Determinants of Hypertension among Adults in Indonesia: A Cross-Sectional Population-Based National Survey. *Int J Hypertens*. 2018;2018. doi: [10.1155/2018/5610725](https://doi.org/10.1155/2018/5610725).
 19. Ibrahim MO. Dietary habits, eating practices and DMFT index among adults attending dental clinics in Amman, Jordan. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2021;41(4):48–54. doi: <https://doi.org/10.12873/414mohammed>.
 20. Martínez LM, Miralles EG, García CB. Relationship between dental caries and adherence to Mediterranean diet in a population of children. *Nutr Clin y Diet Hosp*. 2021;41(3):105–10. doi: [10.12873/413marques](https://doi.org/10.12873/413marques).
 21. Murphy KN, Boyce LK, Ortiz E, Santos M, Balseca G. Dietary Patterns of Children from the Amazon Region of Ecuador: A Descriptive, Qualitative Investigation. *Children*. 2023;10(9). doi: [10.3390/children10091568](https://doi.org/10.3390/children10091568).
 22. Tan SHX, Teo YY, Tan MHX, Gao X. Childhood Factors and Dental Caries in the Permanent Dentition: Findings of an 8-Year Study Under a Nationwide School Dental Service. *Int Dent J* [Internet]. 2021;71(6):508–15. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.identj.2021.01.008>
 23. Rösing CK, Cavagni J, Rotta IDS, Sossai LL, Caetano R de O, Pedroni G, et al. Extending regular oral hygiene reduces the incidence of upper respiratory symptoms. *Braz Oral Res*. 2025;39:e118. doi: [10.1590/1807-3107bor-2025.vol39.118](https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2025.vol39.118).
 24. Tadin A, Badrov M. Oral Health Knowledge, Self-Assessed Oral Health Behavior, and Oral Hygiene Practices among the Adult General Population in Croatia. *Healthc*. 2024;12(1). doi: [10.3390/healthcare12010088](https://doi.org/10.3390/healthcare12010088).
 25. Watt RG, Daly B, Allison P, Macpherson LMD, Venturelli R, Listl S, et al. Ending the neglect of global oral health: time for radical action. *Lancet*. 2019 Jul;394(10194):261–72. doi: [10.1016/S0140-6736\(19\)31133-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(19)31133-X).
 26. Choonhawarakorn K, Kasemkhun P, Leelataweewud P. Effectiveness of a message service on child oral health practice via a social media application: A randomized controlled trial. *Int J Paediatr Dent*. 2025;35(2):446–55. doi: [10.1111/ipd.13256](https://doi.org/10.1111/ipd.13256).

Conocimientos y estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico en pobladores de una provincia de Lima, Perú

Knowledge and lifestyle regarding gastric cancer prevention in residents of a province of Lima, Peru

Marylú BERROSPI-CONDEZO¹, Katherine Jenny ORTIZ-ROMANÍ², Yonathan Josué ORTIZ-MONTALVO³

¹ Programa de estudios de Enfermería, Universidad Católica Sedes Sapientiae (Lima, Perú).

² Departamento de investigación, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica Sedes Sapientiae (Lima, Perú).

³ Universidad Privada del Norte (Lima, Perú).

Recibido: 1/diciembre/2025. Aceptado: 2/enero/2026.

RESUMEN

Introducción: El cáncer gástrico continúa siendo uno de los principales problemas de salud pública a nivel mundial y en el Perú. El nivel de conocimiento de la población y la adopción de estilos de vida saludables constituyen pilares clave para la prevención; sin embargo, en áreas rurales como Canta se ha documentado escasa información sobre este fenómeno.

Objetivo: Evaluar la relación entre los conocimientos y el estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico y los factores asociados en los pobladores de la provincia de Canta, región sierra de Lima, Perú.

Material y métodos: Estudio con un enfoque cuantitativo, diseño observacional, transversal y analítico. La muestra estuvo conformada por 346 pobladores. La técnica fue la encuesta y se usaron dos cuestionarios autodirigidos, uno de 28 preguntas para medir el conocimiento sobre la prevención del cáncer gástrico y otro de 30 enunciados para medir el estilo de vida. Además, se realizó un análisis univariado, bivariado y multivariado con regresión de Poisson, y las Razones de Prevalencia ajustadas (RPa).

Resultados: El 50% de los pobladores presentó un estilo de vida saludable y el 57,23% no tuvo conocimientos sobre la

prevención del cáncer gástrico. En el análisis ajustado, tener un mejor conocimiento y contar con un trabajo remunerado (RPa: 1,49; $p < 0,001$) se asoció de manera significativa con un estilo de vida saludable (RPa: 1,33). Por otro lado, la edad mostró una relación inversa por año (RPa: 0,99; $p = 0,023$).

Conclusiones: El conocimiento sobre la prevención del cáncer gástrico, una menor edad y el trabajo remunerado se asocian significativamente con la adopción de estilos de vida saludables en los pobladores. Estos hallazgos proporcionarán información importante para crear intervenciones de salud pública que sean culturalmente adecuadas, con el objetivo de mejorar la educación sanitaria y la detección temprana en las áreas rurales.

PALABRAS CLAVE

Educación sanitaria, Factores sociodemográficos, Conductas preventivas, Áreas rurales, Salud pública.

ABSTRACT

Introduction: Gastric cancer remains a major public health problem worldwide and in Peru. The population's level of knowledge and the adoption of healthy lifestyles are key pillars for prevention; however, in rural areas like Canta, little information has been documented on this phenomenon.

Objective: To evaluate the relationship between knowledge and lifestyle regarding gastric cancer prevention and associated factors among residents of the province of Canta, in the Andean region of Lima, Peru.

Correspondencia:
Katherine Jenny Ortiz-Romaní
kathyortiz95@gmail.com

Materials and methods: This study employed a quantitative, observational, cross-sectional, and analytical design. The sample consisted of 346 residents. Data was collected using a survey with two self-administered questionnaires: one with 28 questions to measure knowledge about gastric cancer prevention and another with 30 statements to measure lifestyle. Univariate, bivariate, and multivariate analyses were performed using Poisson regression and adjusted prevalence ratios (aPR).

Results: Fifty percent of the residents exhibited a healthy lifestyle, while 57.23% lacked knowledge about gastric cancer prevention. In the adjusted analysis, greater knowledge and paid employment (aPR: 1.49; $p < 0.001$) were significantly associated with a healthy lifestyle (aPR: 1.33). Age, on the other hand, showed an inverse relationship (aPR: 0.99; $p = 0.023$).

Conclusions: Knowledge about gastric cancer prevention, younger age, and paid employment are significantly associated with the adoption of healthy lifestyles among the residents. These findings will provide important information for developing culturally appropriate public health interventions aimed at improving health education and early detection in rural areas.

KEYWORDS

Health education, Sociodemographic factors, Preventive behaviors, Rural areas, Public health.

INTRODUCCIÓN

El cáncer gástrico (CG) se clasifica como el quinto cáncer más prevalente a nivel mundial y es responsable de muertes relacionadas con el cáncer en ambos sexos¹. Según la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), en el año 2022, Latinoamérica y el Caribe (LAC) ocupan el segundo puesto de todos los continentes del mundo. Tienen las tasas más altas de incidencia (8,5 por 100.000 habitantes)² y de mortalidad por cáncer gástrico fue 6,5². Históricamente, el cáncer gástrico en las Américas ha recibido poca atención por parte de los responsables políticos, las agencias de financiación de la investigación y los proveedores de salud, a pesar de la relevante carga sanitaria que supone para diversas poblaciones. La mayoría de los pacientes con CG son diagnosticados en etapas avanzadas, no reciben la atención adecuada debido a sistemas de salud fragmentados, servicios insuficientes, desigualdades en el acceso a exámenes diagnósticos, desconocimiento y altos costos económicos. Además, hay escasa información pública sobre los factores de riesgo, los síntomas importantes y la automedicación que provoca retrasos en el diagnóstico y tratamiento del CG³.

En Perú ocupa el primer lugar de todos los países de LAC con una mayor tasa de incidencia (14,3) y el tercer lugar de la de mortalidad de CG (10,6)². La carga de la enfermedad es mayor en los países de ingresos bajos y medios debido al en-

vejecimiento y al crecimiento de las poblaciones de alto riesgo; sin embargo, este cáncer está aumentando en individuos jóvenes³. Además, los casos del CG son resultado de factores de riesgo genéticos y los ambientales, especialmente la infección por *Helicobacter pylori* y los estilos de vida poco saludables como el consumo excesivo de alcohol y tabaco, ingesta alta de sal y bajo consumo de frutas y verduras^{4,5}.

Adoptar y mantener hábitos saludables es fundamental para reducir la exposición a factores de riesgo. Sin embargo, varias investigaciones muestran que las personas no conocen sobre los factores de riesgo y las medidas preventivas del CG^{6,7}, lo que podría llevar a conductas poco saludables^{7,8}. Además, es preocupante que la población no adopte estilos de vida saludables para prevenir esta enfermedad^{7,9}, especialmente en zonas rurales¹⁰, donde persisten barreras educativas, limitaciones en el acceso a información sanitaria y creencias que normalizan los síntomas digestivos. De igual manera, hay pocas investigaciones sobre estrategias educativas comunitarias sobre *Helicobacter pylori*, alimentación saludable y reducción de sal en el primer nivel de atención¹¹. Esto limita la adopción de estilos de vida protectores y aumenta la predisposición a desarrollar el CG.

En la provincia de Canta, ubicada en la región sierra de Lima, persisten condiciones que incrementan la vulnerabilidad frente al cáncer gástrico. Estas incluyen la limitada información sobre factores de riesgo, prácticas alimentarias tradicionales con alto consumo de sal y alimentos procesados, así como el acceso insuficiente a servicios preventivos y de tamizaje oportuno. Estas brechas dificultan la adopción de estilos de vida protectores y evidencian la necesidad de intervenciones comunitarias basadas en educación para la salud y promoción de conductas saludables. Considerando este contexto y la importancia de comprender los determinantes individuales que influyen en la prevención^{12,13}, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la relación entre los conocimientos y el estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico y los factores asociados en los pobladores de la provincia de Canta, región sierra de Lima, Perú.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño de estudio

El estudio siguió un enfoque cuantitativo, con un diseño observacional de corte transversal y analítico.

Población y muestra

La población estuvo conformada por 1400 adultos que asistieron al Centro de Salud de Canta, perteneciente a la Microred Canta, que constituye 12 anexos, situado en el distrito y provincia de Canta, región Lima, Perú. El estudio se desarrolló durante los meses de junio hasta agosto de 2025, periodo en el cual se realizó la recolección de datos. El tamaño de la muestra se estimó considerando una prevalencia del

62%¹⁴, obteniendo un total de 346 participantes; debido a ello, se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia. Cabe destacar que la actividad predominante de los pobladores de Canta es la agricultura, la ganadería, la artesanía, la gastronomía y el comercio^{12,13}. En el estudio se incluyeron a pobladores de 18 años a más, de ambos sexos y que no tengan cáncer gástrico, debido a que los instrumentos están enfocados en la prevención primaria de esta enfermedad. Por otro lado, se excluyó a los que no desearon participar en el estudio o no llenaron completamente los instrumentos.

Variables e instrumentos

En cuanto a la variable Conocimiento sobre la prevención del cáncer gástrico, se utilizó como instrumento un cuestionario de 28 enunciados, y cada uno de ellos con tres alternativas de respuesta (Sí, no y no sabe). Los enunciados trataban sobre concepto, síntomas, pruebas de detección, factores de riesgo y protectores del CG. La puntuación total osciló entre 0 y 28 puntos, y la variable fue categorizada de manera dicotómica: no conoce (0 a 22 puntos) y conoce (23 a 28 puntos). El instrumento fue creado por Cutipa¹⁵, quien lo evaluó con siete jueces expertos usando la prueba binomial. El resultado fue menor a 0,05, lo que demostró que el instrumento era válido. Sobre la confiabilidad, se llevó a cabo una prueba piloto aplicando el instrumento a una población similar, obteniendo un resultado de 0,84 en la prueba estadística de Alfa de Cronbach. Por otro lado, los autores del presente manuscrito realizaron modificaciones al instrumento original, por lo cual este fue sometido nuevamente a un proceso de validación por juicio de expertos, participando siete jueces. Como resultado, se obtuvo un coeficiente V de Aiken de 0,968 para la variable conocimiento lo que evidencia una validez de contenido excelente.

Referente a la variable estilos de vida sobre la prevención del cáncer gástrico, se empleó un cuestionario de 30 ítems, aplicado de manera presencial y predominantemente auto-dirigida; en algunos casos, la aplicación fue asistida por encuestadores capacitados para la lectura de preguntas o aclaración de dudas. Asimismo, cada ítem contó con tres alternativas (Nunca, a veces y siempre). Además, las preguntas estuvieron enfocadas en conductas de alimentación e higiene, actividad física, uso de sustancias psicoactivas y asistencia a controles sanitarios para descartar el CG. La puntuación total del instrumento varió entre 0 y 60 puntos, categorizándose la variable en estilo de vida no saludable (0 a 41,5 puntos) y estilo de vida saludable (41,6 a 60 puntos). Los puntos de corte se definieron a partir del puntaje total teórico de cada instrumento, considerando el punto medio del rango posible de puntuación con el fin de mantener coherencia en la operacionalización y el análisis. El instrumento fue creado por Medina¹⁶, quien sometió a una validez de contenido por jueces expertos y, para la confiabilidad, se llevó a cabo una prueba piloto de 20 personas,

obteniendo un resultado de 0,78 con la prueba Alfa de Cronbach. Por otro lado, los autores del presente manuscrito realizaron algunas modificaciones al instrumento original; por ende, pasó nuevamente por siete jueces expertos donde se obtuvo un V de Aiken de 0,971 lo que evidencia una validez de contenido excelente también.

Referente a las características sociodemográficas, se utilizó una ficha de datos para medir la edad en años de vida, sexo (masculino y femenino), grado de instrucción (primaria, secundaria y superior), trabajo remunerado (no y sí) y tipo de trabajo (agricultura/ganadería, comercio/artesanía y otros). También se consideró el antecedente personal (gastroenteritis por *Helicobacter pylori*, anemia y otros como hipertensión arterial, osteoporosis, neumonía, etc.), antecedente familiar con CG (sí y no) y lugar de procedencia (Costa, sierra y selva).

Recopilación de datos

La investigación contó con la aprobación del Comité de Ética de Investigación en Salud de una universidad privada de Lima (registro CE-1996), en concordancia con los principios éticos de la Declaración de Helsinki¹⁷. De igual modo, se obtuvo la autorización de la directora ejecutiva de la Red Integradora de Salud y del Centro de Salud de Canta para la ejecución del estudio.

La recolección de datos se desarrolló entre junio y agosto de 2025. Los datos fueron obtenidos mediante una encuesta estructurada, aplicada de forma individual a los participantes que cumplieran los criterios de selección y otorgaron su consentimiento informado. Los cuestionarios fueron administrados por encuestadores capacitados bajo la aplicación presencial a los usuarios que acudían al Centro de Salud de Canta, y visitas domiciliarias para alcanzar a pobladores que residían en zonas de complicado acceso. En todas las aplicaciones se garantizó la privacidad, la confidencialidad y la integridad de la información recolectada.

Análisis estadístico

En el análisis estadístico se utilizó el programa Stata versión 14. Se llevó a cabo un análisis univariado mediante estadística descriptiva. En el análisis bivariado, se utilizaron pruebas Chi-cuadrado para observar la relación entre variables categóricas y la prueba U de Mann-Whitney para comparar distribuciones no paramétricas entre dos grupos. Se consideró un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Para el análisis multivariado se empleó una regresión de Poisson. Se obtuvieron las Razones de Prevalencia crudas (RPC) y ajustadas (RPA), con sus respectivos intervalos de confianza al 95% y valores de p. Se siguió un criterio estadístico, donde solo se incluyeron en el modelo multivariado las variables que resultaron significativas en el análisis bivariado ($p < 0,05$).

RESULTADOS

En la tabla 1, se observa que la edad media de los pobladores fue 39,92 años de vida. Asimismo, más de la mitad de todos los participantes fueron mujeres (56,65%) y contaron

Tabla 1. Frecuencia de las características sociodemográficas de los usuarios del centro de salud de Canta, Lima

Características sociodemográficas	n	%
Edad (media / DE)	39,92 / 18,50	
Sexo		
Masculino	150	43,35
Femenino	196	56,65
Grado de instrucción		
Primaria	25	7,23
Secundaria	278	80,35
Superior	43	12,43
Trabajo remunerado		
No	162	46,82
Sí	184	53,18
Tipo de trabajo		
Agricultura/Ganadería	80	41,45
Comercio/Artesanía	79	40,93
Otros	34	17,62
Antecedente personal		
Gastritis por <i>Helicobacter pylori</i>	59	17,05
Anemia	36	10,40
Otros	251	72,54
Antecedente familiar		
No	55	15,94
Sí	290	84,06
Lugar de procedencia		
Costa	65	18,79
Sierra	267	77,17
Selva	14	4,05

con un trabajo remunerado (53,18%); la mayoría tuvo solo educación secundaria (80,35%) y se dedicó a la agricultura/ganadería (41,45%) y comercio/artesanía (40,93%). Además, una porción significativa no tuvo antecedentes familiares (84,06%) y procedió de la sierra (77,17%).

En la tabla 2, se evidencia que la muestra presentó similar proporción de estilos de vida saludables (50,00%) y no saludables (50,00%) sobre la prevención del cáncer gástrico. Además, una proporción ligeramente mayor de pobladores manifestó no conocer sobre el tema (57,23%).

Tabla 2. Frecuencia de los conocimientos y el estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico de los usuarios del centro de salud de Canta, Lima

Variables	n	%
Estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico		
No saludable	173	50,00
Saludable	173	50,00
Conocimiento sobre la sobre prevención de cáncer gástrico		
No conoce	198	57,23
Conoce	148	42,77

En la tabla 3 se presentan las variables que mostraron asociación significativa con el estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico. Se observó que el conocimiento sobre la prevención del cáncer gástrico se relaciona significativamente con el estilo de vida, dado que el 62,16% de quienes conocen presentaron un estilo de vida saludable, en comparación con el 40,91% de aquellos que no conocen ($p < 0,001$). La edad también mostró una diferencia significativa, donde los participantes con estilo de vida saludable tuvieron una media de 36,59 años (DE: 16,05), mientras que quienes presentaron estilo de vida no saludable registraron una media de 43,25 años (DE: 20,16) ($p = 0,008$). En cuanto al grado de instrucción, se identificó que el 58,14% de los participantes con educación superior presentó un estilo de vida saludable, frente al 24,00% de quienes tenían educación primaria ($p = 0,018$). Finalmente, el trabajo remunerado se asoció de manera significativa, siendo saludable el 60,33% de quienes trabajaban, en contraste con el 38,27% de los que no contaban con trabajo remunerado ($p < 0,001$).

En la tabla 4 se presentan las razones de prevalencia crudas y ajustadas mediante regresión de Poisson. En el análisis ajustado mediante regresión de Poisson, se identificó que los participantes que conocen sobre la prevención del

Tabla 3. Relación entre los conocimientos y el estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico y los factores asociados en los pobladores de la provincia de Canta, región sierra de Lima, Perú

Variables	Estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico				valor p
	No saludable		Saludable		
	n	%	n	%	
Conocimiento sobre la prevención del CG					<0,001
No conoce	117	59,09	81	40,91	
Conoce	56	37,84	92	62,16	
Edad (años de vida) media (DE)	43,25 (20,16)		36,59 (16,05)		0,008
Sexo					0,828
Masculino	74	49,33	76	50,67	
Femenino	99	50,51	97	49,49	
Grado de instrucción					0,018
Primaria	19	76,00	6	24,00	
Secundaria	136	48,92	142	51,08	
Superior	18	41,86	25	58,14	
Trabajo remunerado					<0,001
No	100	61,73	62	38,27	
Sí	73	39,67	111	60,33	
Tipo de trabajo					0,059
Agricultura - Ganadería	24	30,00	56	70,00	
Comercio - Artesanía	38	48,10	41	51,90	
Otros	12	35,29	22	64,71	
Antecedente personal					0,478
Gastritis por HP	31	52,54	28	47,46	
Anemia	21	58,33	15	41,67	
Otros	121	48,21	130	51,79	
Antecedente familiar					0,059
No	34	61,82	21	38,18	
Sí	139	47,93	151	52,07	
Lugar de procedencia					0,846
Costa	33	50,77	32	49,23	
Sierra	132	49,44	135	50,56	
Selva	8	57,14	6	42,86	

Tabla 4. Análisis crudo y ajustado entre los conocimientos, los factores y el estilo de vida sobre prevención de cáncer gástrico en los pobladores de la provincia de Canta, región sierra de Lima, Perú

Variables	RP crudo	IC 95%	valor p	RP ajustado	IC 95%	valor p
Conocimiento sobre la prevención de cáncer gástrico						
No conoce	Referencia	-	-	Referencia	-	-
Conoce	1,52	1,23-1,88	<0,001	1,33	1,08-1,64	0,007
Edad (años de vida)	0,98	0,98-0,99	0,001	0,99	0,98-0,99	0,023
Grado de instrucción						
Primaria	Referencia	-	-	Referencia	-	-
Secundaria	2,13	1,04-4,32	0,037	1,58	0,79-3,15	0,192
Superior	2,42	1,15-5,09	0,020	1,59	0,76-3,33	0,220
Trabajo remunerado						
No	Referencia	-	-	Referencia	-	-
Sí	1,57	1,25-1,98	<0,001	1,49	1,19-1,86	0,001
Tipo de trabajo						
Agricultura - Ganadería	Referencia	-	-	-	-	-
Comercio - Artesanía	0,74	0,57-0,95	0,022	-	-	-
Otros	0,92	0,69-1,23	0,592	-	-	-
Antecedente familiar						
No	Referencia	-	-	-	-	-
Sí	1,36	0,96-1,94	0,086	-	-	-

cáncer gástrico presentaron una mayor frecuencia de tener un estilo de vida saludable en comparación con quienes no conocen (RPa: 1,33; IC95%: 1,08–1,64; $p=0,007$). Asimismo, la edad se asoció de manera inversa, observándose que por cada año adicional la probabilidad de presentar un estilo de vida saludable disminuyó ligeramente (RPa: 0,99; IC95%: 0,98–0,99; $p=0,023$). El trabajo remunerado emergió como uno de los factores más consistentemente asociados con un estilo de vida saludable, manteniendo significancia estadística tanto en el análisis bivariado como en el multivariado ajustado, con una mayor frecuencia de estilo de vida saludable entre quienes contaban con trabajo remunerado (RPa: 1,49; IC95%: 1,19–1,86; $p<0,001$). El nivel educativo, si bien mostró asociación significativa en el análisis bivariado, no mantuvo significancia estadística en el modelo multivariado ajustado.

DISCUSIÓN

En la presente investigación se evidenció una asociación significativa entre los conocimientos y los estilos de vida sobre la prevención del cáncer gástrico. Los pobladores que tienen conocimientos sobre la prevención de esta enfermedad presentan mayor posibilidad de adoptar un estilo de vida saludable. La evidencia científica sobre esta relación en dicha población es escasa. Aunque, en un estudio en el sureste de China, se encontró que los pobladores que conocían los factores de riesgo y los síntomas de alerta del cáncer gástrico mostraron mayor intención de someterse a pruebas de detección para prevenir la enfermedad⁸. Este hallazgo, como el del presente estudio, es plausible, ya que un mayor nivel de conocimiento en salud puede incrementar la confianza y la motivación para adoptar conductas saludables^{18,19}. En contraposición, la teoría

KAB (conocimiento-actitud-comportamiento) sostiene que las conductas o comportamientos de salud no están influenciados únicamente por la información, sino por otros factores, como las actitudes y las creencias, que desempeñan un papel clave para transformar el conocimiento en acción²⁰, como se demuestra en un estudio realizado en Perú donde los conocimientos no fueron suficientes para cambiar los estilos de vida²¹. Frente a estas evidencias se recomienda realizar más estudios sobre la relación de ambas variables.

La edad fue uno de los factores asociados al estilo de vida en la prevención del cáncer gástrico, según el análisis bivariado y multivariado. Los pobladores con más años de vida tienen estilos de vida menos saludables. Aunque hay poca evidencia científica sobre este descubrimiento, en solo dos estudios en China se vio que la edad se relacionó con comportamientos de detección para prevenir el cáncer gástrico^{7,8}. Por otro lado, la literatura reporta que tener una edad más avanzada se asocia con conductas preventivas del cáncer gástrico debido a que este grupo etario es considerado un factor de riesgo para tener esta enfermedad^{7,22}. Sin embargo, los más jóvenes suelen estar más abiertos a adoptar nuevos estilos de salud. Mientras que las personas mayores, como los de la provincia de Canta, tiene una baja percepción del riesgo de presentar CG y pueden mostrar resistencia al cambio por conservar prácticas tradicionales. Esto incluye el consumo de alimentos ahumados o salados, entre ellos el charqui (carne seca y salada para su conservación), y el bajo consumo de frutas y verduras. Por otro lado, la mayoría de los jóvenes se sienten más motivados a ejecutar mejores estilos de vida como la actividad física debido al mayor tiempo, la apariencia corporal, el disfrute y la interacción social²³.

Otro factor fue el trabajo remunerado asociado al estilo de vida, donde los que tienen ocupación remunerada son saludables. Un estudio similar realizado en Perú demuestra la relación de ambas variables¹⁰. Aunque exista poca literatura sobre el hallazgo, esto es posible por los determinantes sociales de la salud, dado que contar con un trabajo significa tener ingresos económicos y facilita el acceso a alimentos saludables, servicios de salud y prácticas preventivas⁸. En contraste, la falta de empleo se asocia con vulnerabilidad socioeconómica, estrés y limitaciones para adoptar conductas protectoras, lo que incrementa la exposición a factores de riesgo relacionados con el cáncer gástrico^{8,23}.

Solo en el análisis bivariado se evidencia la relación significativa entre el grado de instrucción y el estilo de vida, donde los que tuvieron un mayor grado educativo son más saludables. En contraposición, un estudio demuestra que no existe asociación de ambas variables⁶. Sin embargo, en una investigación realizada en China, se observa que los niveles más altos de educación se asociaron con tasas más altas de detección del CG. Asimismo, en una investigación realizada en usuarios de un centro de salud de Turquía, se evidenció que aquellos con educación por encima del nivel de secundaria tu-

vieron puntajes más altos de estilo de vida relacionado con el cáncer²⁴. En este contexto se entiende que fue debido a que las personas con un nivel educativo más alto podrían poseer una mayor conciencia de la salud en comparación con las personas con niveles más bajos de educación⁷. Frente a esa discrepancia de resultados, se deberían realizar más estudios para comprender mejor el fenómeno del estudio.

Otro hallazgo del estudio fue que más pobladores desconocen la prevención del cáncer gástrico. Este resultado concuerda con diversas investigaciones donde se demuestra que los pobladores tienen un nivel moderado^{8,25} e insuficiente^{6,7} de conocimientos sobre el CG. Incluso conocen de manera general la enfermedad, pero desconocen sobre los factores de riesgo (*H. pylori*, dieta rica en sal, ahumados, tabaquismo) y medidas preventivas (tamizaje oportuno, erradicación de *H. pylori*, alimentación saludable), los cuales desempeñan un papel importante en la detección precoz y el diagnóstico temprano de esta enfermedad. Esto podría deberse a que Canta es una provincia predominantemente rural, donde persisten brechas de acceso a información sanitaria confiable. Esta situación es similar a otros lugares de área rural del Perú²⁶ y en la región América²⁷. Los programas de prevención a menudo se enfocan en enfermedades como anemia, tuberculosis y enfermedades contagiosas. Además, hay factores sociales y culturales que tienen un impacto significativo: las creencias tradicionales, la aceptación de síntomas gastrointestinales y la idea de que hay poca probabilidad de tener cáncer hacen que la comunidad tenga dificultades para reconocer el riesgo real.

Por último, la muestra presentó similar proporción de estilos de vida saludables y no saludables sobre la prevención del cáncer gástrico. Investigaciones previas demuestran que los pobladores de Turquía²⁴ y Emiratos Árabes Unidos⁶ tuvieron mejores estilos de vida en relación al cáncer y prácticas preventivas del *H. Pylori*. Mientras que, en pobladores de Jordania, las prácticas más frecuentes fueron tomar café, comer comida picante, fumar (narguile/cigarrillos electrónicos, etc.) y consumir medicamentos antiinflamatorios⁹. Asimismo, en pobladores de China, las conductas en la detección temprana del cáncer gástrico fueron notablemente bajas⁷. Estos hallazgos podrían deberse a diferentes factores culturales como tradiciones, costumbres, así como la falta de acceso a la salud, economía y geografía. Incluso en la provincia de Canta existe una mayor producción de trucha, cuy, carnes rojas y productos lácteos, alimentos que son nutritivos; donde algunos pobladores los consumen, pero otros prefieren venderlos a turistas. Lo mismo pasa con las frutas y verduras¹³. Por otro lado, en cuanto a un estilo de detección temprana para descartar el CG, no existe un establecimiento de salud en Canta que realice la prueba de endoscopia; para ello tendrían que viajar hasta la ciudad de Lima.

Entre las principales limitaciones del estudio se encuentra el diseño transversal, que impide establecer relaciones causales, el uso de instrumentos de auto-reporte con posible sesgo

de deseabilidad social, el muestreo no probabilístico por conveniencia que limita la representatividad de la muestra, la reducida generalización de los resultados a otras poblaciones y la posible confusión por variables no medidas. Sin embargo, el estudio tiene fortalezas importantes, como su enfoque en la prevención del cáncer gástrico en una población rural, un tamaño de muestra adecuado y el uso de regresión de Poisson para calcular razones de prevalencia ajustadas.

CONCLUSIONES

La mitad de los pobladores de la provincia de Canta presentó un estilo de vida saludable para la prevención del cáncer gástrico, mientras que más de la mitad no conoce sobre esta enfermedad. Por otro lado, el conocimiento sobre la prevención del cáncer gástrico se asoció significativamente con la adopción de estilos de vida saludables, confirmando su rol clave como factor protector.

Asimismo, la edad mostró una relación inversa con el estilo de vida saludable, mientras que el nivel educativo superior y el contar con trabajo remunerado se asociaron positivamente con mejores estilos de vida preventivos. Estos hallazgos destacan la importancia de mejorar programas educativos completos, centrados en salud comunitaria, dirigidos especialmente a poblaciones rurales, adultos mayores y personas con menos educación, para fomentar hábitos saludables y disminuir el riesgo de cáncer gástrico.

BIBLIOGRAFÍA

- Filho AM, Laversanne M, Ferlay J, Colombet M, Piñeros M, Znaor A, et al. The GLOBOCAN 2022 cancer estimates: Data sources, methods, and a snapshot of the cancer burden worldwide. *Int J Cancer*. 2025;1;156(7):1336-1346. DOI: <https://doi.org/10.1002/ijc.35278>
- International Agency for Research on Cancer. Global Cancer Observatory: Cancer Today. Stomach cancer statistics, 2022. Lyon: IARC; 2022. <https://gco.iarc.who.int/en/cancer-burden/stomach>
- Riquelme A, Abnet C, Goodman K, Piazuelo B, Garcia E, Pimentel P, et al. Recomendaciones para la prevención y el control del cáncer gástrico en las Américas. *Lancet Reg Health Am*. 2023. 6;27: 100608. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lana.2023.100608>
- Shah D, Bentrem D. Environmental and genetic risk factors for gastric cancer. *J Surg Oncol*. 2022;125(7):1096-11. DOI: <https://doi.org/10.1002/jso.26869>
- Cofre S, Rojas M, Calquin J, Chandia D, Tapia N, Parada C, et al. Adherencia a una dieta pro-inflamatoria y asociación con el riesgo de cáncer gástrico en la población adulta. Revisión sistemática de estudios observacionales. *Nutr Clin Diet Hosp*. 2023;43(4): DOI: <https://doi.org/10.12873/434cofre>
- Malek AI, Abdelbagi M, Odeh L, Alotaibi AT, Alfardan MH, Barqawi HJ. Knowledge, Attitudes and Practices of Adults in the United Arab Emirates Regarding Helicobacter pylori induced Gastric Ulcers and Cancers. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2021. 1;22(5):1645-1652. DOI: <https://doi.org/10.31557/APJCP.2021.22.5.1645>
- Wang Q, He XC, Geng LX, Jiang SL, Yang CJ, Xu K-Y, et al. (2024) Public awareness of gastric cancer risk factors and screening behaviours in Shijiazhuang, China: A community-based survey. *PLoS ONE* 19(10): e0311491. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311491>
- Huang Z, Liu W, Marzo R, Hu Z, Wong L, Lin Y. High-risk population's knowledge of risk factors and warning symptoms and their intention toward gastric cancer screening in Southeastern China. *Front Public Health*. 2022;10. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.974923>
- Al Omari SM, Khalifeh AH, Moman R, Sawan HM. Knowledge, attitudes, and practices related to Helicobacter pylori and gastric disease in Jordan: implications for early detection and eradication. *Infect Drug Resist*. 2025;18:1503-1514. DOI: <https://doi.org/10.2147/IDR.S508330>
- Ortiz KJ, Sangama CR, Ortiz YJ. Estilo de vida que promueven salud y factores personales asociados en pobladores de un distrito andino amazónico del Perú. *Nutr Clin Diet Hosp*. 2024; 44(4). DOI: <https://doi.org/10.12873/444ortiz>
- Najafi S, Mohammadkhah F, Alempour S, Kamyab A, Khani A. The impact of educational intervention based on the theory of planned behavior on preventive behaviors for gastric cancer in obese and smoking individuals. *BMC Cancer*. 2025;25,129. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12885-025-13558-6>
- Instituto Tecnológico de la Producción (ITP). Data Perú: Canta – Economía. Puestos de mercado fijos (2016) [Internet]. Lima: ITP; 2016 [citado 18 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://data-peru.itp.gob.pe/profile/geo/canta>
- Céspedes S. Milenaria y bella Canta. *El Peruano – Lo Nuestro*. 2018 sep 13, Edición Nº 271. [Internet] [citado 18 de octubre del 2025]. Disponible en: <https://elperuano.pe/suplementosflipping/lonuestro/271/web/pagina03.html>
- Berrosipi M, Llocclla S, Correa LE. (2019). Factors associated with knowledge on the prevention of gastric cancer in patients at a hospital of Lima - Peru, 2017. *Revista de La Facultad de Medicina Humana*. 2019(2):00-00. DOI: <https://doi.org/10.25176/rfmh.v19i2.2064>
- Cutipa KG. Nivel de conocimientos sobre prevención de cáncer de estómago en usuarios del C.S. Primavera en el distrito El Agustino, 2010 [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2011. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/1141>
- Medina JL. Nivel de conocimiento de prevención del cáncer y su relación con los estilos de vida en los estudiantes de Educación de la UNJBG Tacna 2012 [Tesis]. Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann; 2013. Disponible en: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/149>
- World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*. 2013;310(20):2191-2194. DOI: <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Wang Y, Song Y, Zhu Y, Ji H, Wang A. Association of eHealth Literacy with Health Promotion Behaviors of Community-Dwelling

- Older People: The Chain Mediating Role of Self-Efficacy and Self-Care Ability. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(10):6092. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph19106092>
19. Aristizábal GP, Blanco DM, Sánchez A, Ostigüín RM. El modelo de promoción de la salud de Nola Pender: una reflexión en torno a su comprensión. *Enferm Univ*. 2011;8(4):16. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-70632011000400003
 20. Kang K, Bagaoisan M P. Research Status of the Knowledge-Attitude-Practice Theory Model in Gastric Cancer Prevention. *Cureus* 2024. 16(7): e64960. doi:10.7759/cureus.64960. DOI: <https://doi.org/10.7759/cureus.64960>
 21. Ortiz KJ, Fiestas ADP, Ortiz YJ. Conocimientos y estilo de vida promotor de salud en estudiantes de enfermería. *Ciencia y Enfermería*. 2024;30:17. DOI: <https://doi.org/10.29393/CE30-17CEKY30017>
 22. Ortiz YJ, Chalco IN, Ortiz KJ. Factores personales asociados al estilo de vida que promueven salud en estudiantes de educación superior. *Cienc. enferm*. [Internet]. 2024; 30:18. DOI: <http://dx.doi.org/10.29393/ce30-18fpyk30018>
 23. Pedersen MRL, Hansen AF, Østerlund KE. Motives and Barriers Related to Physical Activity and Sport across Social Backgrounds: Implications for Health Promotion. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(11):5810. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph18115810>
 24. Borlu A, Şentürk H, Durmuş H, Öner N, Tan E, Köleniş U, et al. Bridging lifestyle and screening for cancer prevention: a comprehensive analysis of cancer-related lifestyle and screening attitudes in adults. *Medicina*. 2025;61(3):510. DOI: <https://doi.org/10.3390/medicina61030510>
 25. Khetresh M, Amir E, Alazraq H, Bzaga W, Mjahed A, Shatty M, et al. Public Awareness of Gastric Cancer Symptoms and Risk Factors: A Cross-Sectional Study from Al-Zawia, Western Libya. *Khalij-Libya J Dent Med Res*. 2025:165-72. DOI: <https://doi.org/10.47705/kjdmr.259204>
 26. Flores J, Ortiz KJ. Características sociodemográficas y conocimientos sobre la prevención de cáncer gástrico en usuarios de un centro de salud del Perú. *CASUS Rev Investig Casos Salud*. 2020;5(1):1-7. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7770642.pdf>
 27. Riquelme A, Abnet CC, Goodman KJ, Piazuelo MB, Ruiz-García E, Pimentel de Assumpção P, et al. Recommendations for gastric cancer prevention and control in the Americas. *Lancet Reg Health Am*. 2023;22:100608. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lana.2023.100608>

Factores asociados a la suplementación con hierro en niños menores de 1 año que recibieron visitas domiciliarias en el distrito de Cercado de Lima

Factors associated with iron supplementation in children under 1 year of age who received home visits in the Cercado de Lima district

Graciela Alexandra BONIFAZ MORANTE¹, Gabriela Elizabet LEÓN CERRÓN²

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Maestría en Salud Pública. Lima, Perú.

2 Universidad San Ignacio de Loyola, Facultad de Ciencias de la Salud, Carrera de Nutrición y Dietética. Lima, Perú.

Recibido: 1/septiembre/2025. Aceptado: 2/enero/2026.

RESUMEN

Introducción: La anemia infantil continúa siendo un problema de salud pública, especialmente en menores de un año, a pesar de la implementación de estrategias que refuerzan la suplementación con hierro. El programa Meta 4 incorporó visitas domiciliarias a fin de promover la adherencia en el hogar; sin embargo, persiste un número importante de niños que no reciben el suplemento de manera regular.

Objetivos: Analizar los factores asociados a la interrupción o no inicio de la suplementación en niños menores de 1 año que recibieron visitas domiciliarias en el Cercado de Lima.

Materiales y Métodos: Estudio observacional, descriptivo y transversal basado en una base de datos secundaria proporcionada por la Municipalidad de Lima. Se incluyeron 308 niños menores de 12 meses que contaban con mínimo un mes de seguimiento domiciliario y no se encontraban consumiendo suplementación al cierre de las visitas. Se analizaron variables sociodemográficas y factores que interrumpieron o impidieron el consumo. El análisis fue descriptivo.

Resultados: La mayoría de los participantes contaba con seguro SIS (74,4%). El 91,6% recibió suplementación preventiva y el 8,4% terapéutica. De la muestra, el 51,3% había

dejado de consumir hierro y el 48,7% no lo recibió en ningún momento. Los principales factores fueron: no recoger el suplemento (28,6%), haberlo agotado sin reposición (25,0%), y enfermedad del niño (17,9%).

Discusión: En estudios de Puno, Huánuco, Amazonas y Lima Metropolitana, se han identificado factores asociados similares a los identificados en este estudio.

Conclusiones: La mayoría de factores correspondieron a dificultades logísticas y falta de continuidad en el hogar, más que a rechazo del suplemento. Aunque el sistema de salud prioriza el tratamiento, persisten barreras que afectan la reposición y acceso oportuno. Los resultados refuerzan la necesidad de fortalecer la articulación para asegurar la continuidad y adherencia de suplementación.

PALABRAS CLAVE

Adherencia, salud infantil, programas de salud pública, determinantes sociales, seguimiento domiciliario, deficiencia de micronutrientes.

ABSTRACT

Introduction: Childhood anemia remains a public health problem, especially among children under one year of age, despite the implementation of strategies that strengthen iron supplementation. The *Meta 4* program incorporated home visits to promote adherence within households; however, a considerable number of children still do not receive the supplement regularly.

Correspondencia:
Graciela Alexandra Bonifaz Morante
gracielaBonifazmorante@gmail.com

Objectives: To analyze the factors associated with the interruption or non-initiation of iron supplementation in children under one year of age who received home visits in the district of Cercado de Lima.

Materials and Methods: Observational, descriptive, and cross-sectional study based on a secondary database provided by the Municipality of Lima. The sample included 308 children under 12 months of age with at least one month of documented home follow-up who were not receiving supplementation at the end of the visits. Sociodemographic variables and factors that interrupted or prevented consumption were analyzed. The analysis was descriptive.

Results: Most participants were insured through SIS (74.4%). Preventive supplementation was reported in 91.6% of cases and therapeutic supplementation in 8.4%. Of the total, 51.3% had discontinued iron consumption and 48.7% had never received it. The main limiting factors were failure to collect the supplement (28.6%), running out without replacement (25.0%), and child illness (17.9%).

Discussion: Studies conducted in Puno, Huánuco, Amazonas, and Metropolitan Lima have reported similar limiting factors to those identified in this study.

Conclusions: Most of the factors identified were related to logistical difficulties and lack of continuity at the household level rather than rejection of the supplement. Although the health system prioritizes treatment, barriers affecting timely access and replacement of iron supplements persist. These findings highlight the need to strengthen coordination mechanisms to ensure continuity and adherence to iron supplementation.

KEYWORDS

Adherence, child health, public health programs, social determinants, home-based follow-up, micronutrient deficiency.

LISTADO DE ABREVIATURAS

EESS: Establecimientos de Salud.

ESSALUD: Seguro Social de Salud.

MINSAL: Ministerio de Salud.

SIS: Seguro Integral de Salud del Ministerio de Salud.

PAN: Programa Presupuestal Articulado Nutricional.

PEDIT: Productos Específicos para el Desarrollo Infantil Temprano.

INTRODUCCIÓN

La anemia en el Perú es una problemática que se ha agudizado en los últimos años¹, por ejemplo, en el año 2022 el porcentaje de niños con anemia de 6 a 35 meses de edad fue de 42.4% a nivel nacional y para el año 2024 se ha incrementado a 43.7%. Esta enfermedad se viene presentando en

todas las regiones del país incluyendo Lima Metropolitana con un 32.9%². Para el abordaje de esta problemática una de las acciones priorizadas por el Ministerio de Salud (MINSAL) es la suplementación con hierro (sales de hierro)³, que ha demostrado en varios estudios ser una intervención para reducir la prevalencia de anemia⁴.

Según la Norma Técnica de Salud vigente: "Prevención y control de la anemia por deficiencia de Hierro en el niño y la niña, adolescentes, mujeres en edad fértil, gestantes y puérperas", la suplementación es una intervención preventiva o terapéutica que busca mantener o reponer los niveles de hierro en el organismo³. Se ha priorizado la suplementación en los menores de 1 año, dado que en este grupo etario es en el que se presentan los mayores porcentajes de anemia² y se ha evidenciado que a medida que aumenta la edad hay una reducción significativa en la probabilidad de anemia⁴.

En este desarrollo de estrategias para la prevención y reducción de la anemia, desde el año 2019 el MINSAL promovió el programa "Meta 4: Acciones de los municipios para promover la adecuada alimentación, la prevención y reducción de la anemia", cuyo objetivo fue el desarrollo de acciones a través de las municipalidades distritales para la mejora de la alimentación, prevención de la anemia en niñas y niños entre 4 y 12 meses de edad, incidiendo en la adherencia al hierro en el hogar, principalmente a través de visitas domiciliarias a los hogares. Estas visitas han sido desarrolladas por personas de la comunidad que fueron capacitadas por el personal de salud, a quienes se les denominó "actores sociales". El objetivo de las visitas fue que, a través de estas, la familia garantice el consumo de gotas o jarabe de hierro o micronutrientes que fueron entregados previamente en el servicio de salud. También se trabajó para mejorar la adopción de prácticas de alimentación infantil saludable e higiene⁵.

Dado que la implementación de estas estrategias busca asegurar el uso continuo del suplemento en el hogar, resulta necesario identificar las razones por las cuales el consumo podría interrumpirse. En ese sentido, los factores limitantes se identifican como las circunstancias que restringen o dificultan la suplementación con hierro. Estos pueden clasificarse en factores extrínsecos, relacionados con el sistema de salud (como entrega, abastecimiento o programación de citas), y factores intrínsecos, como el consumo de los niños en el hogar o a los factores asociados a las madres o cuidadores⁶. Estos factores coinciden con los que se clasificaron en un estudio en Malí para identificar aquellos que se asocian con el estado nutricional de niños menores de 5 años: factores infantiles, salud materna y factores fisiológicos y factores socioeconómicos y demográficos del hogar⁷.

OBJETIVOS

Considerando que la anemia es una enfermedad cuya prevalencia persiste a lo largo del tiempo a pesar de todos los es-

fuerzas que se vienen realizando, es que el objetivo de este estudio es analizar los factores asociados a la interrupción o no inicio de la suplementación con hierro en niños menores de 1 año que recibieron visitas domiciliarias por actores sociales en el distrito de Cercado de Lima en el año 2022.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal, basado en el análisis de una base de datos secundaria. Esta base fue proporcionada por el Departamento de Promoción de la Salud de la Municipalidad de Lima y contenía información recopilada a través de visitas domiciliarias realizadas por actores sociales a familias beneficiarias del programa Meta 4, en el distrito del Cercado de Lima, durante el año 2022.

Los datos fueron obtenidos mediante un cuestionario validado previamente por los nutricionistas que coordinaban el programa Meta 4, donde se recogieron las razones más frecuentes que limitaban el consumo de los niños. Este instrumento recogió información sobre los factores que se asociaron al consumo de la suplementación o tratamiento con hierro en los niños.

La población del estudio estuvo conformada por niños y niñas menores de 12 meses, residentes en el distrito del Cercado de Lima, incluidos en el listado de seguimiento del programa Meta 4 asignado por el Ministerio de Salud, durante el periodo de enero a diciembre de 2022.

La muestra incluyó todos los casos de la base de datos que cumplieron con los criterios de inclusión, sin aplicar muestreo adicional. Se consideraron únicamente los registros con información completa para las variables analizadas.

Los criterios de inclusión fueron: niños y niñas residentes en el distrito del Cercado de Lima, con edad mínima de 4 meses, registrados en el programa Meta 4 que contaban con al menos un mes de seguimiento en las visitas domiciliarias registradas y que no se encontraban consumiendo suplementación preventiva o terapéutica en la última visita.

Se excluyeron los siguientes casos: niños sin seguimiento por no encontrarse en el domicilio al momento de la visita ($n = 821$); niños que no cumplían con el criterio de edad mínima de 4 meses ($n = 661$); niños con seguimiento inferior a un mes ($n = 527$); y niños que continuaban o habían iniciado suplementación o tratamiento con hierro durante el periodo de visitas domiciliarias ($n = 1632$).

De un total de 3949 niños registrados, 308 cumplieron con todos los criterios establecidos y fueron incluidos en el análisis final.

Los resultados del presente estudio reflejan los principales factores que se asociaron a la interrupción o no inicio de la suplementación con hierro en los niños menores de un año,

según la información registrada por los actores sociales durante la última visita domiciliaria de seguimiento.

Las variables consideradas en el presente análisis se agruparon en dos bloques principales: El primero incluyó las características sociodemográficas, representadas por el sexo del niño, el tipo de seguro de salud, tipo de suplementación y el tiempo de intervención domiciliaria según número de días entre la primera y la última visita registrada por el actor social.

El segundo bloque correspondió a las variables relacionadas con el seguimiento domiciliar y la suplementación con hierro, que comprendieron el estado final de suplementación (niño que continúa sin suplementarse o que dejó de suplementarse) y los factores limitantes para el consumo de hierro acorde al tipo de suplementación (preventiva o terapéutica).

Los factores asociados se tomaron del registro del programa Meta 4 y fueron reportados por los actores sociales durante las visitas domiciliarias. Incluyeron motivos tales como intolerancia al suplemento, falta de indicación médica, enfermedad del niño, olvido de los cuidadores, falta de entrega o desabastecimiento en el establecimiento de salud (EESS), cita pendiente y no recojo del suplemento por parte del cuidador.

Se realizó un análisis descriptivo univariado con el objetivo de caracterizar a la población y describir la frecuencia de los factores asociados identificados. Las variables cualitativas como, sexo, tipo de seguro, tipo y estado de suplementación, así como los factores asociados, se analizaron mediante el cálculo de frecuencias absolutas (n) y relativas (%). El tiempo de intervención, al presentar una distribución no normal, se analizó de manera descriptiva mediante estadísticos no paramétricos, describiéndose a través de la mediana y el rango intercuartílico (RIC).

El procesamiento y la presentación tabular de los datos se efectuaron en Microsoft Excel 2021, respetando las categorías institucionales y garantizando la trazabilidad de los registros originales. No se realizaron pruebas inferenciales, dado que el estudio tuvo un enfoque estrictamente descriptivo, orientado a la caracterización de los factores asociados.

RESULTADOS

En la tabla 1 se observa que del total, el 51.9 % fueron niñas y el 48.1 % niños. El 74.4% contaba con Seguro Integral de Salud (SIS), seguido de aquellos sin seguro (16.9 %) y el 8.4% contaba con Seguro Social de Salud (ESSALUD). En cuanto al tipo de suplementación, el 91.6 % correspondió a suplementación preventiva y el 8.4 % a suplementación terapéutica. Respecto al tiempo de intervención, este presentó una mediana de 122 días y un rango intercuartílico de 109,25 días ($Q1 = 67,75$; $Q3 = 177$).

En el momento de la recolección de datos, correspondiente a la última visita domiciliaria de seguimiento, se identificó que el 51,3 % de los niños había dejado de recibir suple-

Tabla 1. Características sociodemográficas y del seguimiento domiciliario de niños menores de 12 meses que participaron en el programa Meta 4, Cercado de Lima, 2022 (n = 308)

Variable	Categoría	N	%
Sexo	Femenino	160	51.9
	Masculino	148	48.1
Tipo de seguro*	SIS	229	74.4
	No tiene	52	16.9
	ESSALUD	26	8.4
Tipo de suplementación	Preventiva	282	91.6
	Terapéutica	26	8.4

*Se identificó un único caso de niño con tipo de seguro "sanidad" el cual representó el 0.3% de la muestra.

mentación con hierro, mientras que el 48,7 % no la consumió en ningún momento durante el seguimiento realizado por los actores sociales.

En términos generales, el motivo más frecuente fue "no recoge el suplemento" (28.6 %), seguido de "se acabaron las gotas" (25.0 %) y "niño enfermo" (17.9 %). Otros motivos menos reportados fueron "no tolera el suplemento" (11.4 %) y "no por indicación médica" (7.8 %).

Al diferenciar los resultados según tipo de suplementación, se observaron patrones distintos. En el grupo preventivo pre-

dominó el motivo no recoge el suplemento (30.1 %), seguido de agotamiento del producto (23.0 %) y enfermedad del niño (17.4 %). En el grupo terapéutico, los principales motivos fueron agotamiento del suplemento (46.2 %) y enfermedad del niño (23.1%).

DISCUSIÓN

El propósito de este estudio fue analizar los factores asociados a la interrupción o no inicio de la suplementación con hierro en niños menores de un año que recibieron visitas domiciliarias en el Cercado de Lima. A nivel global los factores identificados reflejan principalmente dificultades logísticas y de continuidad en la administración del suplemento. Los resultados sugieren que los establecimientos de salud en Lima Cercado estarían otorgando mayor prioridad a los niños con diagnóstico de anemia. Esto se refleja en que no se registraron casos de interrupción de la suplementación terapéutica atribuibles a deficiencias del sistema de salud, como la falta de entrega del suplemento o retrasos en la programación de citas, situaciones reportadas únicamente entre los niños con suplementación preventiva. En esa línea, los factores identificados en el grupo terapéutico se vinculan principalmente con causas de origen familiar o clínico, más que con barreras operativas de los servicios de salud.

Además, se ha identificado que las madres o cuidadores han manifestado que "se le acabaron las gotas" como una de las limitantes para el consumo del suplemento terapéutico, pero no han tomado ninguna acción para cambiar esta situación, lo que nos indicaría que no perciben como necesario que el niño o niña continúe consumiendo hierro, incluso frente a un diagnóstico confirmado de anemia.

Tabla 2. Factores asociados al consumo de hierro según estado final de suplementación. Cercado de Lima, 2022. (n = 308)

Motivo	Dejó de suplementarse n (%)	Sigue sin suplementarse n (%)	Total n (%)
No recoge el suplemento	30 (19.0)	58 (38.7)	88 (28.6)
Se acabaron las gotas	49 (31.0)	28 (18.7)	77 (25.0)
Niño enfermo	32 (20.3)	23 (15.3)	55 (17.9)
No tolera el suplemento	19 (12.0)	16 (10.7)	35 (11.4)
No por indicación médica	19 (12.0)	5 (3.3)	24 (7.8)
No le dieron en el EESS	6 (3.8)	11 (7.3)	17 (5.5)
Cita pendiente	2 (1.3)	3 (2.0)	5 (1.6)
Se olvida	0 (0.0)	4 (2.7)	4 (1.3)
No le dan cita	1 (0.6)	2 (1.3)	3 (1.0)
Total general	158 (100.0)	150 (100.0)	308 (100.0)

Tabla 3. Factores asociados a la interrupción de la suplementación con hierro según tipo de suplementación en niños menores de 12 meses, Cercado de Lima, 2022

Motivo	Preventiva n (%)	Terapéutica n (%)	Total n (%)
No recoge el suplemento*	85 (30.1)	3 (11.5)	88 (28.6)
Se acabaron las gotas**	65 (23.0)	12 (46.2)	77 (25.0)
Niño enfermo	49 (17.4)	6 (23.1)	55 (17.9)
No tolera el suplemento	33 (11.7)	2 (7.7)	35 (11.4)
No por indicación médica	23 (8.2)	1 (3.8)	24 (7.8)
No le dieron en el EESS	17 (6.0)	0 (0.0)	17 (5.5)
Se olvida	2 (0.7)	2 (7.7)	5 (1.6)
Cita pendiente	5 (1.8)	0 (0.0)	4 (1.3)
No le dan cita	3 (1.1)	0 (0.0)	3 (1.0)
Total	282 (100)	26 (100)	308 (100)

* "No recoge el suplemento" indica que el cuidador no acudió al establecimiento pese a contar con cita o disponibilidad del producto.

** "Se acabaron las gotas" corresponde a hogares que no solicitaron reposición del suplemento tras agotarlo.

En Puno se realizó una evaluación sobre los efectos de los productos que ofrece el Programa Presupuestal Articulado Nutricional (PAN) y los Productos Específicos para el Desarrollo Infantil Temprano (PEDIT) en la anemia infantil. Se encontró que a corto y largo plazo se demostraron efectos positivos en la reducción de la anemia en la región; sin embargo, estos fueron mínimos, lo cual sugiere que los programas presupuestales no están siendo plenamente efectivos, dado que Puno continúa registrando los niveles más altos de anemia a nivel nacional. El estudio también evidenció limitaciones en el PAN, como la alta rotación de los equipos técnicos y los retrasos en los procesos logísticos, factores que explicarían el bajo impacto alcanzado en la reducción de anemia⁴. Los resultados concuerdan con los encontrados en el presente estudio, donde el 14.6% de los niños se vieron afectados por deficiencias en la prestación de servicios, como la falta de entrega oportuna del suplemento (5.5 %), la demora en la asignación de citas (1.3 %) y la inconsistencia en los mensajes brindados durante la atención médica (7.8 %). Estas limitaciones en el seguimiento y abastecimiento podrían afectar la continuidad del tratamiento y reducir la efectividad de la suplementación como estrategia para el control de la anemia.

Vilca et al. demostraron la efectividad en Puno de la suplementación con hierro en gotas, jarabe y micronutrientes, pero los autores destacan que la adherencia al consumo puede ser una limitante del efecto para reducir la anemia, por lo que sugieren que se exploren otras formas de suplementación⁴. Esta situación es coherente con los hallazgos del presente estudio, donde más del 70 % de los casos de

interrupción o ausencia de suplementación se vincularon a factores familiares, especialmente el no recojo del suplemento (28.6 %) y el agotamiento del producto sin reposición (25.0 %). En conjunto, estos resultados muestran que tener la disponibilidad del suplemento no es suficiente para asegurar que el niño lo consuma. La adherencia continúa siendo un aspecto determinante para que tanto la suplementación preventiva como la terapéutica logren el efecto esperado en la reducción de la anemia.

Otro estudio realizado en una población de niños de 4 a 36 meses atendidos en centros de salud de Huánuco, coincidiendo con el grupo etario de nuestra investigación, tuvo como objetivo identificar los factores condicionantes de la adherencia al tratamiento con hierro. A diferencia de nuestro estudio, dicho trabajo incluyó únicamente a niños con diagnóstico de anemia ferropénica, mientras que en el presente analizamos a niños con y sin diagnóstico de anemia, considerando que en el Perú la suplementación puede ser preventiva o terapéutica.

Los autores reportaron que el 32,0 % de los cuidadores había olvidado alguna vez dar el suplemento, y que el 45,4 % lo suspendió cuando el niño estaba enfermo. Estas cifras contrastan con nuestros resultados en Lima Cercado, donde el "olvido" representó solo el 1,6 % de los casos, sin embargo, la suspensión por enfermedad también fue una limitante frecuente, con un 17,9 % del total. Esto sugiere que el olvido no es un factor predominante en nuestra población, pero el manejo del suplemento durante episodios de enfermedad sigue siendo una dificultad presente en ambos contextos. Adicionalmente, en Huánuco el 23,7 % dejó de ad-

ministrar el hierro al percibir al niño sano, lo cual refleja una percepción limitada de la importancia del suplemento; en nuestro estudio puede observarse una tendencia similar en la falta de reposición del producto (25,0 %) y en quienes no recogieron el suplemento pese a tenerlo disponible (28,6 %), lo que podría indicar cierto nivel de desinterés o escasa prioridad al tratamiento⁸.

Resultados similares identificó Cruz en el Departamento de Amazonas, donde identificó como factores limitantes la poca disponibilidad de suplementos de hierro en los establecimientos de salud por la inadecuada programación, y el insuficiente abastecimiento en el primer nivel de atención por insuficiente presupuesto. Además, se resaltó el débil sistema de entrega de suplementos de hierro a los beneficiarios con escaso monitoreo, seguimiento a la suplementación y poco interés de los beneficiarios respecto a la suplementación con hierro por el rechazo a su esquema de implementación. Atribuyendo las limitaciones al sistema y a los beneficiarios; por lo que se observa este mismo patrón en Lima Cercado siendo necesaria y urgente la intervención para reducir los factores limitantes⁹.

En un estudio realizado en Ventanilla, Cahuana y Saguma analizaron el funcionamiento del Plan Multisectorial de Reducción de la Anemia en un Centro de Salud y encontraron que las dificultades para asegurar la suplementación no se limitaban al hogar. Según sus resultados, los establecimientos de salud no siempre contaban con procedimientos claros, personal capacitado o herramientas suficientes, lo que generaba vacíos en el seguimiento y en la entrega de suplementos. Algo parecido se observa en el presente estudio. Aunque la mayoría de los casos estuvieron relacionados con la acción de no recoger el suplemento o no reponerlo cuando se acabó, también hubo un porcentaje afectado por deficiencias del propio sistema de salud, principalmente por retrasos en la entrega o falta de abastecimiento. Las autoras de Ventanilla también describen que varias madres desconocían la importancia del suplemento o no lograban integrarlo a la rutina diaria del niño, situación que coincide con la falta de reposición reportada por muchas familias en Lima Cercado. En conjunto, estos resultados muestran que la adherencia no depende únicamente del nivel de conocimiento o voluntad de la familia, sino también de la capacidad del sistema para sostener la estrategia sin interrupciones¹⁰.

Estos factores limitantes no solo se han identificado en los Departamentos fuera de Lima Metropolitana, sino también en un estudio realizado en el distrito de San Martín de Porres que evaluó los factores asociados a la adherencia al tratamiento con hierro en niños de 0 a 5 años. Los autores encontraron que el olvido de la administración del suplemento de hierro y el tiempo de espera para su recojo fueron factores asociados a la baja adherencia al tratamiento⁶.

Finalmente, es relevante señalar que este estudio presenta ciertas limitaciones debido al uso de datos secunda-

rios procedentes de visitas domiciliarias, por lo que estuvo restringido a las variables registradas en el instrumento del programa Meta 4. Asimismo, también se debe considerar que esta investigación solo ha tomado población de estudio del distrito de Lima Cercado por lo que no se podría extrapolar la información a todos los distritos de Lima Metropolitana.

A pesar de lo mencionado, este estudio cuenta con fortalezas al ser un estudio poblacional que ha recogido la información en diferentes hogares de Lima Cercado a través de los actores sociales permitiendo disminuir el subregistro y permite un acercamiento real a la dinámica del consumo del suplemento; además, los actores sociales fueron previamente capacitados y utilizaron un instrumento estandarizado, lo que garantiza homogeneidad y consistencia en la recolección de los datos. Estos elementos respaldan la validez de los resultados y aportan evidencia útil para el diseño de intervenciones orientadas a mejorar la adherencia al hierro en poblaciones similares.

CONCLUSIONES

Los factores que se asociaron a la interrupción o no inicio de la suplementación con hierro en niños menores de un año estuvieron principalmente asociados a dificultades logísticas y de seguimiento, más que a rechazo del suplemento.

En los niños con suplementación preventiva persistieron barreras relacionadas con el acceso y la continuidad, mientras que en los casos terapéuticos no se identificaron factores atribuibles al establecimiento de salud, lo que sugiere una adecuada priorización de los niños con anemia.

Los resultados del estudio demuestran la importancia de fortalecer la articulación entre los actores sociales y los establecimientos de salud para asegurar la reposición oportuna del suplemento de hierro y promover una mayor adherencia familiar. La continuidad de la suplementación no depende únicamente de la disponibilidad del producto, sino también de una gestión organizada que evite periodos de desabastecimiento y facilite el acceso de las familias al suplemento sin retrasos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Municipalidad Metropolitana de Lima por facilitar el acceso a la base de datos de las visitas domiciliarias.

BIBLIOGRAFÍA

1. Tello Jiménez CP, Palacios Garay JP, Zavaleta Oliver JM. Factores relacionados con el abandono de la suplementación de los micronutrientes en niños. *Rev Investig Salud (Vive)*. 2022;5(15):937-46. [cited 2024 Nov 6]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/367006365>

2. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Encuesta Demográfica y de Salud Familiar – ENDES 2024 [Internet]. Lima: INEI; 2024 [cited 2024 Nov 6]. Available from: <https://www.inei.gob.pe>
3. Ministerio de Salud (MINSA). Resolución Ministerial N.º 251-2024-MINSA [Internet]. Lima: MINSA; 2024 [cited 2024 Nov 6]. Available from: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6166763/5440166-resolucion-ministerial-n-251-2024-minsa.pdf>
4. Gambaro RC, Seoane A, Padula G. Comparación de estrategias de suplementación para la prevención y tratamiento de la anemia ferropénica. *Rev Argent Antropol Biol.* 2023;25(2):e065. doi:10.24215/18536387e065.
5. Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Guía operativa del Programa Meta 4: Acciones de los municipios para promover la adecuada alimentación, la prevención y reducción de la anemia [Internet]. Lima: MEF; 2022 [cited 2024 Nov 6]. Available from: https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/met4/guia_meta4_2022.pdf
6. Acuña Quiñonez X, Roca Gutiérrez CM. Factores que afectan la suplementación de hierro en la disminución de la anemia en niños de 0 a 5 años, en un centro de salud de Lima [tesis de licenciatura]. Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2021 [cited 2024 Nov 6]. Available from: <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/15609>
7. Gebreegziabher T, Sidibe S. Determinants of household-, maternal- and child-related factors associated with nutritional status among children under five in Mali: evidence from a Demographic and Health Survey, 2018. *Public Health Nutr.* 2024;27(1):e58. doi:10.1017/S1368980024000363.
8. Victorio Onofre CA, Chogas Asado LJ, Ruiz Aquino M. Factores condicionantes de la adherencia al tratamiento con hierro en una cohorte de niños con anemia de 4 a 36 meses. *Salus.* 2021;25(2):19-26. doi:10.54139/salus.v25i2.58.
9. Cruz Góngora W. Análisis de la cobertura del servicio de suplementación con hierro a niños y niñas de 6 a menos de 36 meses en el distrito de Pisuquia, provincia de Luya, departamento de Amazonas [tesis de maestría]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2018 [cited 2024 Nov 6]. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14416>
10. Cahuana Ríos E, Saguma Linch S. Factores que limitan la gestión del Plan Nacional de Reducción de la Anemia mediante la adherencia de suplementos de hierro y micronutrientes en la alimentación de niños menores de 36 meses, en el A.A. H.H. Villa Los Reyes, distrito de Ventanilla–Callao, periodo 2017–2018 [tesis de maestría]. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú; 2023 [cited 2024 Nov 6]. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/25055>

CARACTERÍSTICAS

Es la publicación científica oficial de la Sociedad Española de Dietética y Ciencias de la Alimentación (SEDCA). La Revista publica trabajos en español, portugués e inglés sobre temas del ámbito de la alimentación, la nutrición y la dietética. Exclusivamente se aceptan originales que no hayan sido publicados, ni estén siendo evaluados para su publicación, en cualquier otra revista sin importar el idioma de la misma.

MODALIDADES DE PUBLICACIÓN

Se admitirán originales que puedan adscribirse a las siguientes modalidades y tipos:

- **Artículos originales.** Descripción completa de una investigación básica o clínica que proporcione información suficiente para permitir una valoración crítica y rigurosa. La extensión máxima será de 12 páginas conteniendo un máximo de 6 tablas y 6 figuras.
- **Colaboraciones cortas.** Se tratará de artículos originales de menor entidad cuya extensión no supere las 6 páginas, 3 tablas y 3 figuras.
- **Revisiones.** Serán revisiones de publicaciones anteriores relacionadas con un tema de interés que contengan un análisis crítico que permita obtener conclusiones. Las revisiones normalmente serán solicitadas directamente por los Editores a sus autores y el texto tendrá que tener una extensión máxima de 12 páginas, 6 tablas y 10 figuras.
- **Cartas a la revista:** relacionadas con artículos aparecidos en la publicación. Su extensión máxima será de 2 páginas.
- **Otros.** Adicionalmente, se admitirán para su publicación noticias, informes, conferencias, cursos, convocatorias de reuniones y congresos así como de premios y becas. La extensión y forma de presentación de los textos recibidos para este apartado estarán sujetos sin notificación previa a las modificaciones que el Comité Editorial estime convenientes.

ELABORACIÓN DE ORIGINALES

La preparación del manuscrito original deberá de hacerse de acuerdo las Normas y Requisitos de Uniformidad del Comité Internacional de Directores de Revistas Médicas (versión oficial en inglés accesible en la dirección electrónica: <http://www.icmje.org>). Para la traducción en español puede revisarse el enlace URL: <http://www.metodo.uab.es/enlaces.htm>).

En la web de la revista (<http://www.nutricion.org>) están disponibles las presentes **Normas de publicación**. Para la correcta recepción de los originales deberá incluirse siempre:

1. Carta de presentación

Deberá hacer constar en la misma:

- Tipo de artículo que se remite.
- Declaración de que es un texto original y no se encuentra en proceso de evaluación por otra revista.
- Cualquier tipo de conflicto de intereses o la existencia de implicaciones económicas.
- La cesión a la Revista de los derechos exclusivos para editar, publicar, reproducir, distribuir copias, preparar trabajos derivados en papel, electrónicos o multimedia e incluir el artículo en índices nacionales e internacionales o bases de datos.
- Los trabajos con más de un autor deben ser leídos y aprobados por todos los firmantes.
- Los autores deben declarar como propias las figuras, dibujos, gráficos, ilustraciones o fotografías incorporadas en el texto. En caso contrario, deberán obtener y aportar autorización previa para su publicación y, en todo caso, siempre que se pueda identificar a personas.
- Datos de contacto del autor principal: nombre completo, dirección postal y electrónica, teléfono e institución.
- Si se tratase de estudios realizados en seres humanos, debe enunciarse el cumplimiento de las normas éticas del Comité de Investigación o de Ensayos Clínicos correspondiente y de la Declaración de Helsinki vigente, disponible en español en la URL: <http://www.metodo.uab.es/enlaces.htm>

2. Título

Se indicarán, en página independiente y en este orden, los siguientes datos:

- Título del artículo en español o portugués y en inglés.
- Apellidos y nombre de todos los autores, separados entre sí por coma. Se aconseja que figure un máximo de ocho autores. Mediante números arábigos, en superíndice, se relacionará a cada autor, si procede, con el nombre de la institución a la que pertenecen.
- Dirección de correo-e que desean hacer constar como contacto en la publicación.

3. Resumen

Deberá ser comprensible por sí mismo sin contener citas bibliográficas. Será redactado obligatoriamente en los siguientes idiomas: a) español ó portugués y b) inglés, respetando en todo caso la estructura del trabajo remitido con un máximo de 250 palabras:

- Introducción
- Objetivos
- Métodos
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones

4. Palabras clave

Debe incluirse al final de resumen un máximo de 5 palabras clave que coincidirán con los Descriptores del Medical Subjects Headings (MeSH) accesible en la URL siguiente:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=mesh>

5. Abreviaturas

Se incluirá un listado de las abreviaturas presentes en el trabajo con su correspondiente explicación.

6. Texto

De acuerdo a la estructura siguiente:

- Introducción
- Objetivos
- Métodos
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones
- Bibliografía

Es necesario especificar, en la metodología, el diseño, la población estudiada, los sistemas estadísticos y cualesquiera otros datos necesarios para la comprensión perfecta del trabajo.

7. Agradecimientos

En esta sección se deben citar las ayudas materiales y económicas, de todo tipo, recibidas señalando la entidad o empresa que las facilitó. Estas menciones deben de ser conocidas y aceptadas para su inclusión en estos "agradecimientos".

8. Bibliografía

Tienen que cumplir los Requisitos de Uniformidad del Comité Internacional de Directores de Revistas Médicas, como se ha indicado anteriormente.

Las referencias bibliográficas se ordenarán y numerarán por orden de aparición en el texto, identificándose mediante números arábigos en superíndice. Para citar las revistas médicas se utilizarán las abreviaturas incluidas en el Journals Database, disponible en la URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=journals>

9. Figuras y fotografías

Deben elaborarse teniendo en cuenta las siguientes indicaciones:

Se realizarán utilizando programas informáticos adecuados que garanticen una buena reproducción (300 píxeles de resolución por pulgada) en formato BMP, TIF ó JPG. No se admiten ficheros de Power-point ni similares. Los gráficos y las figuras podrán ser enviados preferiblemente en color o, en su defecto, en blanco y negro o en tonos de grises.

ENVÍO DE ORIGINALES

Los trabajos se remitirán por vía electrónica utilizando exclusivamente el formulario disponible en la web de la revista: **www.revista.nutricion.org**

EVALUACIÓN DE ORIGINALES

Los trabajos remitidos para publicación serán evaluados mediante el método de la **dobles revisión por pares**. El autor principal podrá proponer revisores que no estén vinculados al original remitido.

nutrición clínica

y

Dietética Hospitalaria