

Artículo Original

Nutr Clín Diet Hosp. 2026; 46(1):142-153
DOI: 10.12873/461lhvasquez-2

Caracterización de una bebida a base de cascarilla de Cacao (*Theobroma Cacao L.*), Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam*) y Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*)

Characterization of a beverage based on cocoa husk (*Theobroma cacao L.*), jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam*) and hibiscus flower (*Hibiscus sabdariffa*)

Ángel Oliverio FERNÁNDEZ ESCOBAR¹, Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ^{2,3}, Paul Marcelo TACLE HUMANANTE⁴, Fátima René MEDINA PINOARGOTE², Sanyi Lorena RODRIGUEZ CEVALLOS⁵

¹ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera Alimentos.

² Universidad Técnica de Babahoyo, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

³ Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, Argentina.

⁴ Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

⁵ Autor independiente.

Recibido: 20/diciembre/2025. Aceptado: 29/enero/2026.

RESUMEN

Introducción: La valorización de subproductos agroindustriales representa una estrategia clave para el desarrollo de bebidas funcionales con valor agregado y enfoque en economía circular. La cascarilla de cacao, la cascarilla de jackfruit y la flor de Jamaica poseen compuestos bioactivos con potencial antioxidante y sensorial, cuya aplicación en infusiones requiere una evaluación integral.

Objetivos: Desarrollar y caracterizar una bebida funcional elaborada a partir de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*), cascarilla de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam.*) y flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), evaluando sus propiedades fisicoquímicas, capacidad antioxidante y aceptabilidad sensorial.

Material y Métodos: Se realizó un estudio experimental con diseño bifactorial completamente al azar, conformado por nueve tratamientos y tres repeticiones (27 unidades experimentales). Los factores evaluados fueron la dosificación de

materia prima (1, 1,5 y 2 g) y el tiempo de infusión (5, 10 y 15 min). Se determinaron pH, sólidos solubles, turbidez, conductividad eléctrica y capacidad antioxidante mediante el método FRAP. La evaluación sensorial se efectuó con un panel semientrenado de 20 catadores, utilizando una escala hedónica de cinco puntos.

Resultados: Los valores de pH oscilaron entre 3,31 y 3,86, evidenciando un perfil ácido estable. La dosificación influyó significativamente en los parámetros fisicoquímicos, especialmente en sólidos solubles, conductividad eléctrica y turbidez. La capacidad antioxidante mostró una respuesta dependiente de la dosificación y del tiempo de infusión, alcanzando los valores más elevados en tratamientos con mayor concentración de materia prima y tiempos de infusión intermedios. Los tratamientos con mayor dosificación presentaron, además, los niveles más altos de aceptabilidad sensorial.

Discusión: Los resultados confirman que la concentración de materia prima es el principal factor modulador de la composición fisicoquímica, la capacidad antioxidante y la percepción sensorial de la bebida, mientras que el tiempo de infusión actúa como un factor optimizador del proceso de extracción.

Conclusiones: La bebida desarrollada presenta propiedades funcionales, aceptabilidad sensorial adecuada y alto potencial antioxidante, validando el aprovechamiento de sub-

Correspondencia:

Luis Humberto Vásquez Cortez
lvazquezc@utb.edu.ec

productos agroindustriales como una alternativa sostenible e innovadora.

PALABRAS CLAVE

Infusiones vegetales, subproductos del cacao, compuestos fenólicos, capacidad antioxidante FRAP, análisis sensorial hedónico, formulación alimentaria.

ABSTRACT

Introduction: The valorization of agro-industrial by-products represents a key strategy for the development of functional beverages with added value and a circular economy approach. Cocoa husk, jackfruit husk, and hibiscus flower contain bioactive compounds with antioxidant and sensory potential, whose application in infusions requires a comprehensive evaluation.

Objectives: To develop and characterize a functional beverage formulated from cocoa husk (*Theobroma cacao* L.), jackfruit husk (*Artocarpus heterophyllus* Lam.), and hibiscus flower (*Hibiscus sabdariffa*), evaluating its physicochemical properties, antioxidant capacity, and sensory acceptability.

Materials and Methods: An experimental study was conducted using a completely randomized bifactorial design comprising nine treatments and three replications (27 experimental units). The evaluated factors were raw material dosage (1, 1.5, and 2 g) and infusion time (5, 10, and 15 min). pH, soluble solids, turbidity, electrical conductivity, and antioxidant capacity were determined using the FRAP method. Sensory evaluation was performed with a semi-trained panel of 20 assessors using a five-point hedonic scale.

Results: pH values ranged from 3.31 to 3.86, indicating a stable acidic profile. Dosage significantly influenced physicochemical parameters, particularly soluble solids, electrical conductivity, and turbidity. Antioxidant capacity showed a response dependent on both dosage and infusion time, reaching the highest values in treatments with higher raw material concentrations and intermediate infusion times. Treatments with higher dosages also exhibited the highest levels of sensory acceptability.

Discussion: The results confirm that raw material concentration is the main factor modulating the physicochemical composition, antioxidant capacity, and sensory perception of the beverage, while infusion time acts as an optimizing factor in the extraction process.

Conclusions: The developed beverage exhibits functional properties, adequate sensory acceptability, and high antioxidant potential, validating the use of agro-industrial by-products as a sustainable and innovative alternative.

KEYWORDS

Plant-based infusions, cocoa by-products, phenolic compounds, antioxidant capacity (FRAP), hedonic sensory analysis, food formulation.

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos agroindustriales representa un desafío relevante para el sistema agroalimentario global, debido a su impacto ambiental y a la pérdida de subproductos con alto valor biológico, particularmente aquellos derivados del procesamiento de frutas tropicales, ricos en compuestos bioactivos¹. La valorización de subproductos en economía circular es clave para el desarrollo de alimentos y bebidas funcionales sostenibles². En los últimos años, el mercado de bebidas funcionales ha experimentado un crecimiento sostenido, impulsado por la demanda de productos naturales asociados a beneficios para la salud y a prácticas productivas responsables³.

Diversas investigaciones han demostrado que los subproductos vegetales pueden ser transformados eficientemente en matrices líquidas funcionales, conservando su actividad antioxidante y mejorando su aceptación sensorial⁴. Este enfoque no solo contribuye a la reducción del desperdicio alimentario, sino que también fortalece la sostenibilidad económica de las cadenas agroindustriales.

La cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), tradicionalmente considerada un residuo, ha sido ampliamente estudiada por su elevado contenido de polifenoles, metilxantinas y minerales, lo que la posiciona como un ingrediente prometedor para infusiones y bebidas saludables^{5,6}. De manera complementaria, los subproductos del jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) han despertado interés científico debido a su aporte de compuestos fenólicos y antioxidantes naturales, con potencial aplicación en productos funcionales derivados de frutas tropicales⁷. Asimismo, la flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) es reconocida por su alta concentración de antocianinas y flavonoides, responsables de su marcada capacidad antioxidante, color atractivo y perfil ácido característico, ampliamente valorado en bebidas funcionales⁸. La evidencia sobre el uso combinado de estos subproductos en infusiones funcionales es limitada, por lo que es necesario evaluar su viabilidad fisicoquímica, sensorial y antioxidante, especialmente en regiones productoras de cacao y frutas tropicales⁹.

En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue desarrollar y caracterizar una bebida funcional elaborada a partir de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), cascarilla de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) y flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), evaluando el efecto de la dosificación y el tiempo de infusión sobre sus propiedades fisicoquímicas, capacidad antioxidante y aceptabilidad sensorial, bajo un enfoque de valorización de subproductos agroindustriales y economía circular.

MÉTODOS

Localización

El presente trabajo de investigación se realizará en los laboratorios de la Universidad Técnica de Babahoyo, perteneciente

de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agroindustria, localizada en la ciudad de Babahoyo Provincia de Los Ríos, ubicado cuyas coordenadas son: Long. -1.797404 y Lat. -79.482249, adquiriendo la materia prima de los residuos de otras investigaciones en proceso y los análisis se realizarán en la facultad de ciencia de la industria y producción, carrera de alimentos, laboratorio de agro alimentos, en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, finca experimental "La María" localizada en la ciudad de Quevedo, Provincia de Los Ríos, ubicado cuyas coordenadas son: Long. -1.079488, y Lat. -79.502056, realizando también los análisis de capacidad antioxidante en la estación experimental Santa Catalina, INIAP localizado en Quito, Provincia de Pichincha, ubicado cuyas coordenadas son: Long. -0.367279, Lat. -78.554918, y por último el panel sensorial realizado en las aulas de la Universidad Técnica de Babahoyo, localizada en la ciudad de Babahoyo, Provincia de Los Ríos.

Diseño Experimental

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental completamente al azar, conformado por nueve tratamientos por nueve tratamientos resultantes de la combinación de dos factores y tres repeticiones por tratamiento, para un total de 27 unidades experimentales. La unidad experimental estuvo constituida por una infusión individual preparada a partir de una bolsa de infusión, elaborada con una formulación específica de materia prima vegetal y sometida a un tiempo de extracción definido, sobre la cual se realizaron los análisis, antioxidantes y sensoriales.

El factor A correspondió a la formulación de la infusión, definida por niveles crecientes de dosificación y proporciones variables de los ingredientes vegetales. En este factor se evaluarán tres niveles de formulación, caracterizados por incrementos progresivos en la cantidad de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) y flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*), mientras que la cantidad de cascarilla de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus Lam.*) se mantuvo constante. Las combinaciones específicas de cada tratamiento se detallan en la tabla 1.

El factor B correspondió al tiempo de infusión, evaluado en tres niveles (5, 10 y 15 minutos). La combinación de am-

Tabla 1. Factores de estudio que intervienen en el aprovechamiento de una infusión de aprovechamiento de cascarillas de cacao, Jackfruit y flor de Jamaica

Factor A: Tratamiento por infusión (g)	Factor B: Tiempo (min)
1,00 g	5 min
1,50 g	10 min
2,00 g	15 min

bos factores dio lugar a los nueve tratamientos experimentales (T1-T9).

ANOVA

Los datos experimentales fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) bifactorial, considerando como factores la formulación de los tratamientos (factor A) y el tiempo de infusión (factor B) así como su interacción (AxB), como se muestra en la tabla 2. El nivel de significación estadística se estableció en $p < 0,05$. Previo a la aplicación del ANOVA, se verificaron los supuestos del modelo, evaluando la normalidad de los residuos y la homogeneidad de varianzas, mediante pruebas estadísticas estándar. Una vez confirmados dichos supuestos, las comparaciones múltiples entre medias se realizaron utilizando la prueba de Tukey. El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software InfoStat, versión 2020.

Tabla 2. Análisis de varianza de la investigación

Fuente de Variación		Grados de Libertad (GL)
Tratamiento (Ax B)	t - 1	8
Factor A	(A - 1)	2
Factor B	(B - 1)	2
Interacción Ax B	(A - 1) (B - 1)	4
Error Experimental	(A * B) (r - 1)	18
Total	A * B * r - 1	26

Formulación y definición de los tratamientos experimentales

La tabla 3 resume la composición (g) de cascarilla de cacao, cascarilla de jackfruit y flor de Jamaica, así como el tiempo de infusión correspondiente a cada tratamiento (T1-T9).

Descripción del proceso de elaboración de la infusión

El proceso de elaboración de la infusión se inició con la recepción y selección de la materia prima, asegurando que las nueces de cacao (*Theobroma cacao L.*), yaca (*Artocarpus heterophyllus*) y flores de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) cumplieran con condiciones óptimas de calidad, inocuidad e integridad física, libres de contaminantes y signos visibles de deterioro, conforme a las buenas prácticas de manufactura.

Posteriormente, los materiales vegetales fueron sometidos a un proceso de deshidratación bajo condiciones controladas, realizado en un secador de aire caliente a una temperatura de

Tabla 3. Formulación de los tratamientos experimentales y tiempo de infusión evaluados

Nº	Descripción	Total de infusión
T1	Infusión preparada con 0,50 g de cascarilla de cacao, 0,25 g de cascarilla de jackfruit y 0,25 g de flor de Jamaica, con un tiempo de infusión de 5 minutos.	1 g
T2	Infusión preparada con 0,50 g de cascarilla de cacao, 0,25 g de cascarilla de jackfruit y 0,25 g de flor de Jamaica, con un tiempo de infusión de 10 min.	1 g
T3	Infusión preparada con 0,50 g de cascarilla de cacao, 0,25 g de cascarilla de jackfruit y 0,25 g de flor de Jamaica, con un tiempo de infusión de 15 minutos.	1 g
T4	Infusión preparada con 0,75 g de cascarilla de cacao, 0,25 g de cascarilla de jackfruit y 0,50 g de flor de Jamaica, con un tiempo de infusión de 5 minutos.	1.50 g
T5	Infusión preparada con 0,75 g de cascarilla de cacao, 0,25 g de cascarilla de jackfruit y 0,50 g de flor de Jamaica, con un tiempo de infusión de 10 minutos.	1.50 g
T6	Infusión preparada con 0,75 g de cascarilla de cacao, 0,25 g de cascarilla de jackfruit y 0,50 g de flor de Jamaica, con un tiempo de infusión de 15 minutos.	1.50 g
T7	Infusión preparada con 1,00 g de cascarilla de cacao, 0,25 g de cascarilla de jackfruit y 0,75 g de flor de jamaica, con un tiempo de infusión de 5 minutos.	2 g
T8	Infusión preparada con 1,00 g de cascarilla de cacao, 0,25 g de cascarilla de jackfruit y 0,75 g de flor de jamaica, con un tiempo de infusión de 10 minutos.	2 g
T9	Infusión preparada con 1,00 g de cascarilla de cacao, 0,25 g de cascarilla de jackfruit y 0,75 g de flor de jamaica, con un tiempo de infusión de 15 minutos.	2 g

55 ± 2 °C durante 24 horas, hasta alcanzar peso constante y un contenido de humedad inferior al 10 %. Este procedimiento permitió garantizar la estabilidad microbiológica, facilitar la conservación del material y preservar los compuestos bioactivos presentes en las matrices vegetales.

A continuación, se efectuó el descascarillado manual de las nueces de cacao y yaca, separando cuidadosamente las cáscaras y eliminando restos de pulpa o impurezas, procurando mantener la integridad estructural del material vegetal con el fin de evitar pérdidas de componentes funcionales.

Las cáscaras obtenidas, junto con las flores de Jamaica previamente deshidratadas, fueron sometidas a un proceso de molienda, hasta obtener un tamaño de partícula homogéneo que facilitara su manipulación y favoreciera la extracción eficiente de compuestos durante la preparación de la infusión. El material molido fue posteriormente tamizado, eliminando partículas gruesas o no deseadas, con el objetivo de obtener una textura uniforme y un producto estandarizado para el envasado.

Posteriormente, el material tamizado fue dosificado con precisión en cantidades de 1,0; 1,5 y 2,0 g, utilizando balanzas analíticas, y envasado en bolsas de infusión de dimensiones uniformes, asegurando un sellado adecuado para evitar pérdidas de material durante el proceso de preparación.

Finalmente, cada bolsa de infusión fue sumergida en 250 mL de agua potable a una temperatura constante de 80 °C, eva-

luándose tiempos de extracción de 5, 10 y 15 minutos. Este procedimiento permitió la liberación controlada de compuestos funcionales, así como el desarrollo de las propiedades sensoriales características de la bebida, garantizando condiciones experimentales reproducibles para su posterior evaluación fisicoquímica y sensorial.

Análisis Fisicoquímico

Los análisis fisicoquímicos de las infusiones se realizaron conforme a las normativas técnicas ecuatorianas vigentes y a métodos internacionales estandarizados, con el fin de garantizar la confiabilidad, exactitud y reproducibilidad de los resultados obtenidos.

La determinación del pH se efectuó de acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1862, empleando un potenciómetro previamente calibrado con soluciones tampón de pH 4,00 y 7,00. Este parámetro se utilizó como indicador del equilibrio ácido-base y de la estabilidad del producto.

El contenido de sólidos solubles totales (°Brix) se determinó mediante refractometría, siguiendo el método AOAC 932.14, ampliamente utilizado para la cuantificación de azúcares en matrices líquidas de origen vegetal. Los resultados se expresaron en grados Brix (°Brix).

La turbidez de las infusiones se evaluó mediante el método nefelométrico, conforme a la norma UNE-EN ISO 7027-1:2016,

la cual permite cuantificar la presencia de partículas suspendidas en líquidos. Las mediciones se expresaron en unidades nefelométricas de turbidez (NTU), considerando este parámetro como un indicador de la apariencia y aceptabilidad visual del producto.

La conductividad eléctrica se determinó siguiendo la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 267:2012, utilizando un equipo multiparamétrico previamente calibrado. Los valores se expresaron en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), como una medida indirecta del contenido de sales y compuestos iónicos disueltos en la bebida.

La capacidad antioxidante se evaluó mediante el método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), basado en la reducción de iones férricos (Fe^{3+}) a ferrosos (Fe^{2+}) en medio ácido. La absorbancia se registró a 593 nm utilizando un espektrofotómetro UV-Vis, y los resultados para capacidad antioxidante mediante el método FRAP y se expresaron como unidad en micromoles equivalentes de Trolox por 100 mL de infusión ($\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ mL}$).

Análisis Organoléptico

La evaluación sensorial con 20 catadores semientrenados, seleccionados en función de su experiencia previa en evaluación sensorial de alimentos. Antes de la prueba, los participantes recibieron una inducción breve sobre el procedimiento y el uso de la escala hedónica, con el fin de homogenizar los criterios de evaluación. Para minimizar la fatiga sensorial, las muestras se presentaron de forma aleatorizada y se establecieron pausas breves entre evaluaciones. Los atributos evaluados fueron aroma, apariencia, sabor y aceptabilidad global, utilizando una escala hedónica de cinco puntos, en la que 1= me disgusta, 2= no me gusta, 3= me gusta poco, 4= me gusta y 5= me gusta mucho. Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva y análisis de varianza (ANOVA), aplicando la prueba de Tukey cuando se detectaron diferencias significativas ($p<0,05$). La participación de los evaluadores fueron voluntarias, y el análisis sensorial se llevó a cabo respetando los principios éticos para estudios con participantes humanos, garantizando confidencialidad, anonimato y ausencia de riesgos asociados al consumo de las muestras evaluadas.

RESULTADOS

Análisis de pH y °Brix

Los valores de pH registrados oscilaron entre 3,38 y 3,72, evidenciando un perfil ácido característico de infusiones de origen vegetal. El análisis de varianza mostró que únicamente el factor formulación de la infusión presentó un efecto estadísticamente significativo sobre el pH ($p = 0,0013$), mientras que el tiempo de extracción ($p = 0,3797$) y la interacción formulación \times tiempo ($p = 0,4522$) no mostraron efectos significativos. Los tratamientos elaborados con 2 g de formulación

a 5 y 10 min presentaron los valores más bajos de pH (3,38), mientras que el valor más alto se registró en la combinación de 1,5 g a 5 min (3,72), evidenciando diferencias entre tratamientos asociadas a la formulación aplicada.

En relación con los sólidos solubles totales (°Brix), los valores oscilaron entre 0,13 y 4,30 °Brix. El análisis de varianza evidenció una influencia altamente significativa del factor formulación ($p < 0,0001$) y de la interacción formulación \times tiempo ($p = 0,0001$), mientras que el tiempo de extracción, considerado de manera independiente, no presentó un efecto estadísticamente significativo ($p = 0,3426$). Los resultados mostraron un comportamiento no lineal de los valores de °Brix entre niveles de formulación, con valores elevados registrados en los tratamientos de 1 g a 5 y 10 min (4,30 y 4,23 °Brix, respectivamente), en contraste con valores marcadamente inferiores observados en los tratamientos de 1,5 g, particularmente a 5 min (0,13 °Brix). Esta dispersión de los datos refleja una elevada variabilidad entre tratamientos, asociada a la combinación de formulación y tiempo de extracción evaluada. El coeficiente de variación (CV) fue de 3,36 % para pH y 9,54 % para °Brix, lo que indica una adecuada precisión experimental para pH y una mayor variabilidad relativa en los valores de °Brix, como se muestra en la Tabla 4.

Respuesta de la conductividad eléctrica y la turbidez en función de la dosis de infusión y el tiempo de extracción

Los valores de conductividad eléctrica oscilaron entre 392,00 y 817,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, evidenciando un incremento de los valores medios conforme aumentó la dosis de infusión. El análisis de varianza indicó un efecto altamente significativo del factor infusión ($p < 0,0001$), mientras que el tiempo de extracción ($p = 0,6275$) y la interacción infusión \times tiempo ($p = 0,9640$) no presentaron diferencias estadísticamente significativas. El valor mínimo se registró en el tratamiento de 1 g a 5 min (392,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mientras que los valores más elevados correspondieron a los tratamientos con 2 g de infusión, particularmente a 15 min (817,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$), los cuales se diferenciaron estadísticamente de los tratamientos con menor dosis. El coeficiente de variación (CV = 13,73 %) indica una variabilidad moderada, lo que respalda la consistencia y robustez de las comparaciones realizadas para esta variable (Tabla 5).

En cuanto a la turbidez, los valores oscilaron entre 595,00 y 1774,33 NTU, mostrando una mayor dispersión de los datos en comparación con la conductividad eléctrica. El análisis estadístico evidenció un efecto significativo del factor infusión ($p = 0,0480$), mientras que el tiempo de extracción ($p = 0,9530$) y la interacción infusión \times tiempo ($p = 0,9448$) no presentaron efectos estadísticamente significativos. El coeficiente de variación elevado observado para la turbidez (CV = 24,25 %) refleja una heterogeneidad marcada entre tratamientos, característica común en variables asociadas a

Tabla 4. Valores medios, significancia estadística y coeficiente de variación de pH y °Brix en función de la dosis de infusión y el tiempo de extracción

Factores		Variable			
Infusión (g)	Tiempo (min)	pH		°Brix	
1	5	3.52 ^{ab}		4.30 ^d	
	10	3.42 ^{ab}		4.23 ^{cd}	
	15	3.39 ^{ab}		3.80 ^c	
1.5	5	3.72 ^b		0.13 ^a	
	10	3.62 ^{ab}		0.60 ^{ab}	
	15	3.56 ^{ab}		0.93 ^b	
2	5	3.38 ^a		0.77 ^b	
	10	3.38 ^a		0.70 ^b	
	15	3.46 ^{ab}		0.77 ^b	
	CV	3.36		9.54	
	DMS	0.14118		0.20709	
	EEM ±	0.04		0.06	
Probabilidad	Infusión (gr)	0.0013	*	<0.0001	**
	Tiempo (min)	0.3797	ns	0.3426	ns
	Interacción Infusión (gr) * Tiempo (min)	0.4522	ns	0.0001	**

CV= Coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa; EEM= Error estándar de la media; ns= no significativo; * P<0.05; ** P<0.01. Las letras en superíndice diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas en el pH y °Brix según prueba de Tukey (P<0.05).

la presencia de partículas suspendidas y sistemas coloidales. Esta elevada dispersión explica la ausencia de diferencias significativas entre medias individuales, aun cuando el análisis global detecta un efecto del factor infusión, evidenciando que la respuesta de la turbidez presenta una sensibilidad diferencial entre formulaciones, como se muestra en la Tabla 5.

Análisis organoléptico

Aroma

La Figura 1 presenta los valores medios de la puntuación hedónica del atributo aroma, obtenidos a partir de la evaluación de 20 catadores semientrenados. Las puntuaciones medias oscilaron entre 3.2 ± 0.6 (T1) y 4.2 ± 0.3 (T9), ubicándose mayoritariamente entre los niveles "me gusta poco" y "me gusta mucho" de la escala hedónica. Los tratamientos T3 (3.9 ± 0.4), T6 (3.8 ± 0.4), T7 (3.9 ± 0.3) y T8 (3.7 ± 0.5) presentaron valores medios similares, reflejando una res-

puesta aromática comparable entre estas formulaciones. Por su parte, T1 (3.2 ± 0.6) y T2 (3.3 ± 0.5) registraron las puntuaciones medias más bajas, mientras que T9 (4.2 ± 0.3) presentó el valor medio más alto del conjunto evaluado. Las desviaciones estándar observadas fueron moderadas en todos los tratamientos, lo que indica una variabilidad controlada en las respuestas de los evaluadores.

Color

La Figura 2 muestra los valores medios de la puntuación hedónica del atributo color, obtenidos a partir de la evaluación de 20 catadores semientrenados. Las puntuaciones medias oscilaron entre 3.1 ± 0.6 (T1) y 4.1 ± 0.3 (T9), ubicándose mayoritariamente entre los niveles "me gusta poco" y "me gusta" de la escala hedónica. Los tratamientos T2 (3.4 ± 0.5), T3 (3.8 ± 0.4) y T4 (4.0 ± 0.3) presentaron valores medios intermedios, mientras que T6 (3.5 ± 0.4), T7 (3.9 ± 0.4) y T8 (3.7 ± 0.5) mostraron puntuaciones si-

Tabla 5. Valores medios, significancia estadística y coeficiente de variación de la conductividad eléctrica y la turbidez en función de la dosis de infusión y el tiempo de extracción

Factores		Variable			
Infusión (g)	Tiempo (min)	C. Electrica		Turbidez	
1	5	392.00 ^a		890.00 ^a	
	10	433.66 ^a		595.00 ^a	
	15	439.66 ^a		860.66 ^a	
1.5	5	551.00 ^{ab}		1303.00 ^a	
	10	598.00 ^{abc}		1283.67 ^a	
	15	598.33 ^{abc}		1135.33 ^a	
2	5	780.67 ^c		1462.00 ^a	
	10	794.67 ^c		1604.67 ^a	
	15	817.00 ^{bc}		1774.33 ^a	
	CV	13.73		24.25	
	DMS	0.1456		0.1245	
	EEM ±	0.27		0.19	
Probabilidad	Infusión (gr)	<0.0001	**	0.0480	*
	Tiempo (min)	0.6275	ns	0.9530	ns
	Interacción Infusión (gr) * Tiempo (min)	0.9640	ns	0.9448	ns

CV= Coeficiente de variación; DMS= diferencia mínima significativa; EEM= Error estándar de la media; ns= no significativo; * P<0.05; ** P<0.01. Las letras en superíndice diferentes (a, b, c) indican diferencias significativas en C. Eléctrica y Turbidez según prueba de Tukey (P<0.05).

milares, reflejando una respuesta visual comparable entre estas formulaciones. El tratamiento T9 ($4,1 \pm 0,3$) registró el valor medio más alto, mientras que T1 ($3,1 \pm 0,6$) presentó la puntuación media más baja. Las desviaciones estándar observadas fueron moderadas en todos los tratamientos, lo que indica una variabilidad controlada en las respuestas de los evaluadores.

Sabor

La Figura 3 presenta los valores medios de la puntuación hedónica del atributo sabor, obtenidos a partir de la evaluación de 20 catadores semientrenados. Las puntuaciones medias oscilaron entre $3,0 \pm 0,6$ (T1) y $4,2 \pm 0,3$ (T9), ubicándose mayoritariamente entre los niveles "me gusta poco" y "me gusta mucho" de la escala hedónica. Los tratamientos T2 ($3,4 \pm 0,5$), T3 ($4,1 \pm 0,3$), T5 ($3,5 \pm 0,4$) y T6 ($3,7 \pm 0,4$) presentaron valores medios intermedios, mientras que T7 ($3,4 \pm 0,5$) y T8 ($3,6 \pm 0,4$) mostraron puntuaciones similares, reflejando

una respuesta gustativa comparable entre estas formulaciones. El tratamiento T9 ($4,2 \pm 0,3$) registró el valor medio más alto, mientras que T1 ($3,0 \pm 0,6$) presentó la puntuación media más baja. Las desviaciones estándar fueron moderadas en todos los tratamientos, lo que indica una variabilidad controlada en las respuestas de los evaluadores.

Aceptabilidad

La Figura 4 muestra los valores medios de la puntuación hedónica del atributo aceptabilidad, obtenidos a partir de la evaluación de 20 catadores semientrenados. Las puntuaciones medias oscilaron entre $3,2 \pm 0,4$ (T5) y $4,3 \pm 0,3$ (T9), ubicándose mayoritariamente entre los niveles "me gusta poco" y "me gusta mucho" de la escala hedónica. Los tratamientos T1 ($4,0 \pm 0,4$), T3 ($4,2 \pm 0,3$) y T9 ($4,3 \pm 0,3$) presentaron valores medios más elevados, mientras que T2 ($3,3 \pm 0,5$), T5 ($3,2 \pm 0,4$) y T6 ($3,3 \pm 0,5$) registraron puntuaciones medias inferiores dentro del conjunto eva-

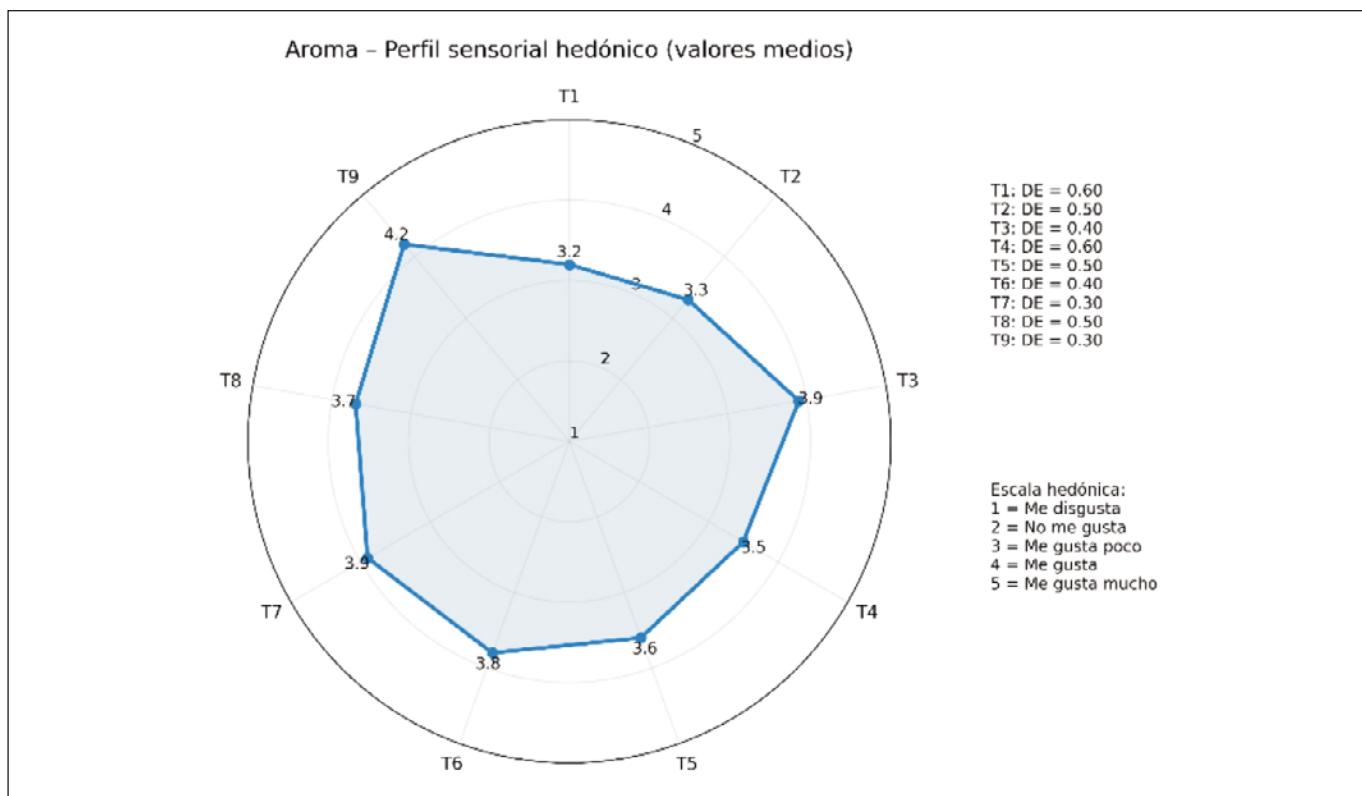


Figura 1. Perfil sensorial del atributo aroma expresado como valores medios de la escala hedónica de cinco puntos

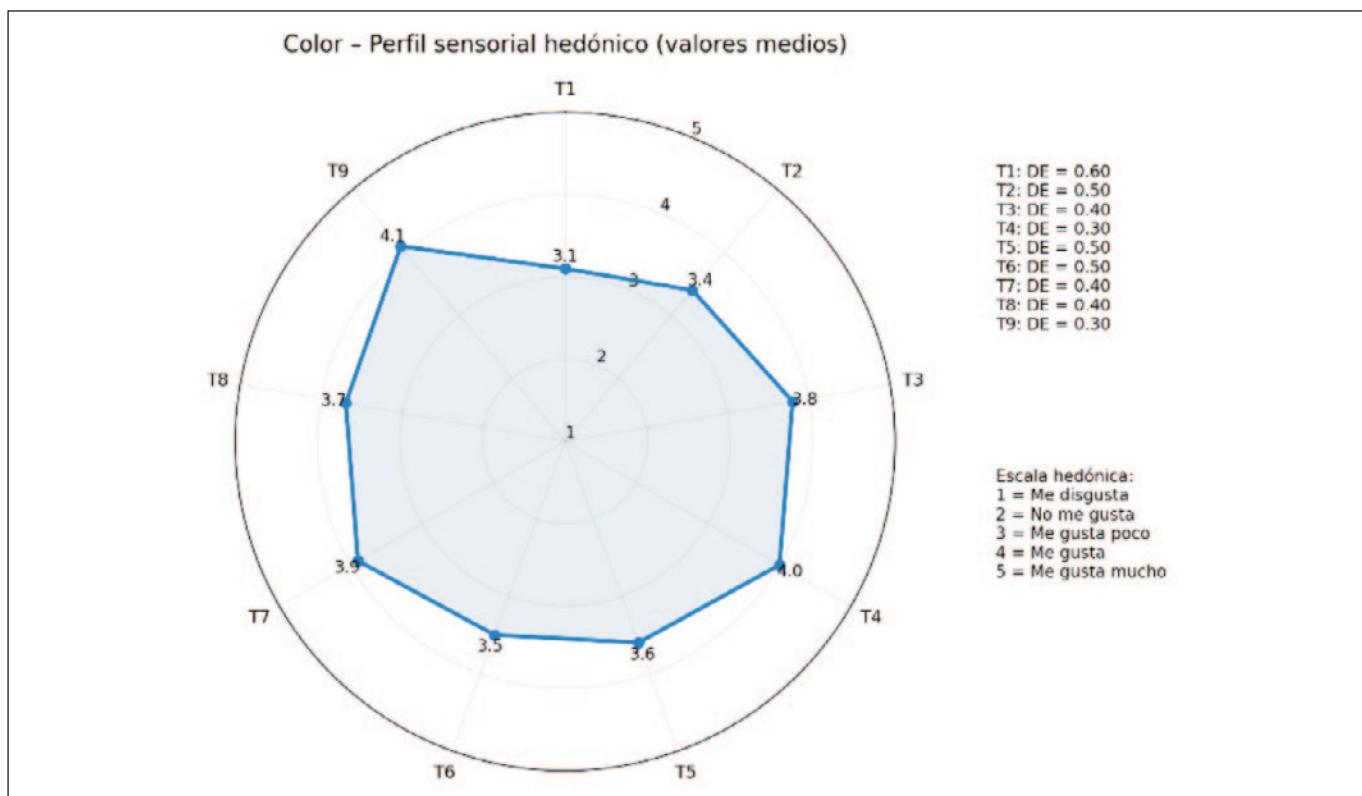


Figura 2. Perfil sensorial del atributo de color expresado como valores medios de la escala hedónica de cinco puntos

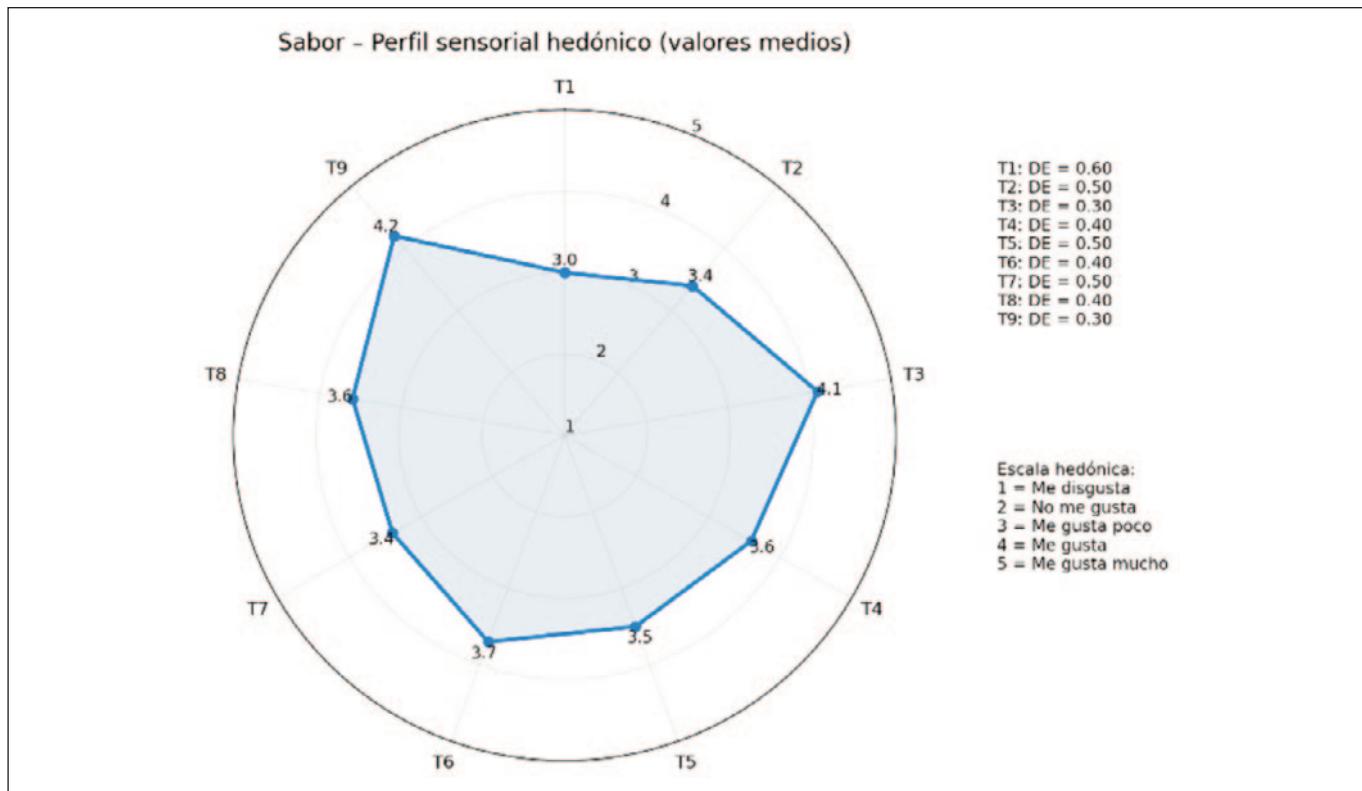


Figura 3. Perfil sensorial del atributo de color expresado como valores medios de la escala hedónica de cinco puntos

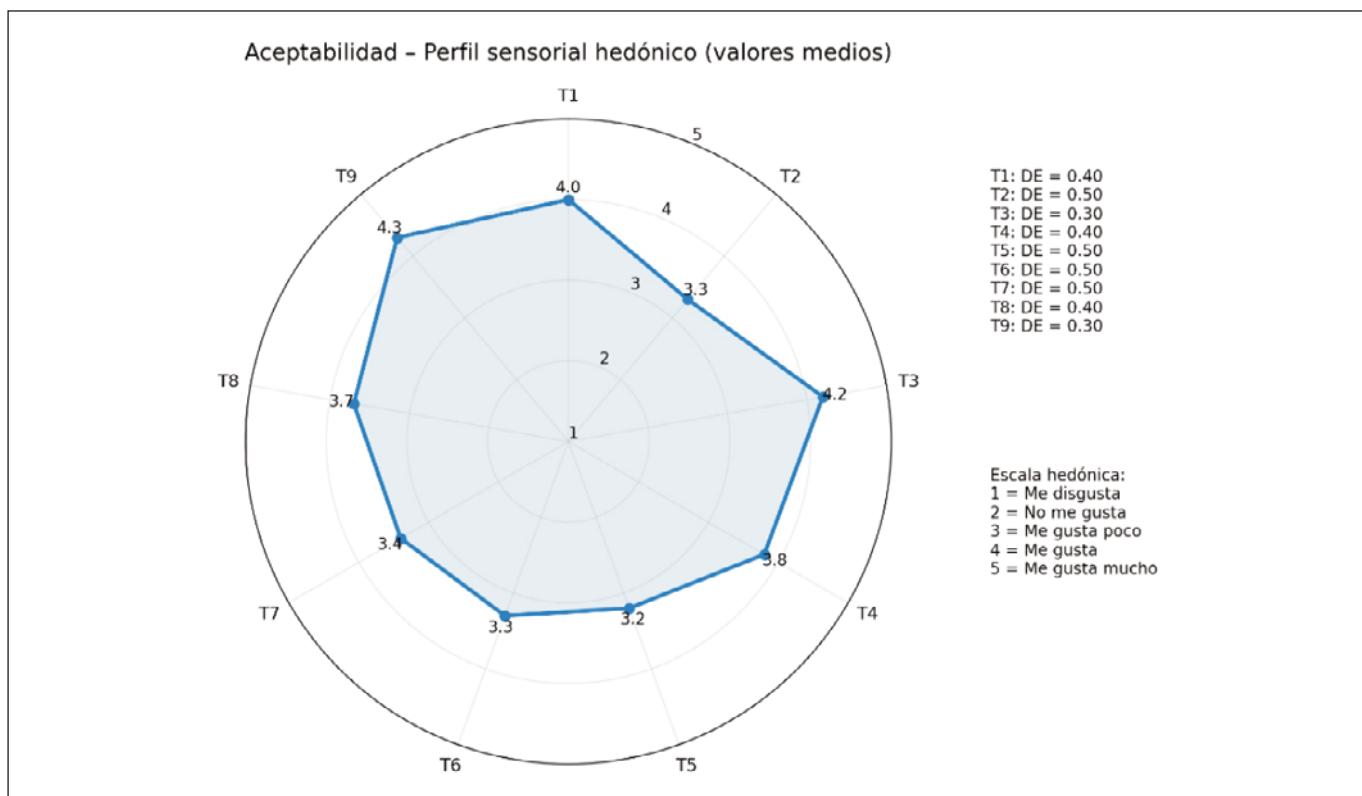


Figura 4. Perfil sensorial del atributo de aceptabilidad expresado como valores medios de la escala hedónica de cinco puntos

luado. Los tratamientos T4 ($3,8 \pm 0,5$), T7 ($3,4 \pm 0,5$) y T8 ($3,7 \pm 0,4$) mostraron valores intermedios, reflejando una aceptación global comparable entre estas formulaciones. Las desviaciones estándar observadas fueron moderadas, lo que indica una variabilidad controlada en las respuestas del panel sensorial.

Análisis de Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante, evaluada mediante el método FRAP, mostró diferencias significativas entre los tratamientos, evidenciando una respuesta dependiente de la formulación de la infusión y del tiempo de extracción. Los valores de FRAP presentaron una variación amplia entre tratamientos, reflejando distintas magnitudes de actividad antioxidante en función de las condiciones evaluadas. Los tratamientos T1, T2 y T3 registraron los valores más bajos de capacidad antioxidante, mientras que los tratamientos T4, T5 y T6 mostraron valores intermedios, evidenciando un incremento progresivo de la actividad antioxidante conforme se modificó la formulación de la infusión. Los valores más elevados de FRAP se observaron en los tratamientos T7 y T8, con un máximo registrado en T8. En el tratamiento T9, correspondiente al mayor tiempo de infusión, el valor de FRAP fue inferior al registrado en T8, lo que pone de manifiesto un comportamiento no lineal de la capacidad antioxidante en relación con el tiempo de extracción. En conjunto, los resultados indican que la capacidad antioxidante varió significativamente entre tratamientos, en función de la combinación de formulación y tiempo de infusión evaluados.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio respecto a la capacidad antioxidante de las infusiones, evaluada mediante el ensayo FRAP, confirman la influencia tanto de la composición de la formulación como del tiempo de infusión sobre la extracción y estabilidad de compuestos fenólicos y antioxidantes. En las formulaciones con mayor proporción de cascarilla de cacao y flores de Jamaica, se observó un aumento progresivo de la capacidad antioxidante hasta un punto máximo, seguido de una ligera disminución al prolongar el tiempo de infusión, lo cual está respaldado por estudios que señalan que el tiempo de infusión con agua caliente influye significativamente en la extractabilidad de polifenoles y en la actividad antioxidante de las infusiones herbales¹⁰.

Estudios recientes en infusiones de té han documentado efectos similares del tiempo de preparación sobre la actividad antioxidante; en la investigación de Winiarska (2024)¹¹ observaron que el contenido de compuestos antioxidantes y su capacidad radicalaria variaba entre 5 y 15 minutos de infusión, dependiendo del tipo de té, y que no siempre existe una relación lineal entre tiempo y actividad antioxidante, lo que se alinea con los patrones observados en el presente trabajo.

La literatura también destaca que las condiciones térmicas y de tiempo prolongado pueden provocar la degradación de compuestos antioxidantes termolábiles, como ciertos polifenoles y antocianinas, lo que puede explicar la ligera disminución de la capacidad antioxidante observada en tratamientos con mayores tiempos de infusión (15 min). Estudios sobre es-

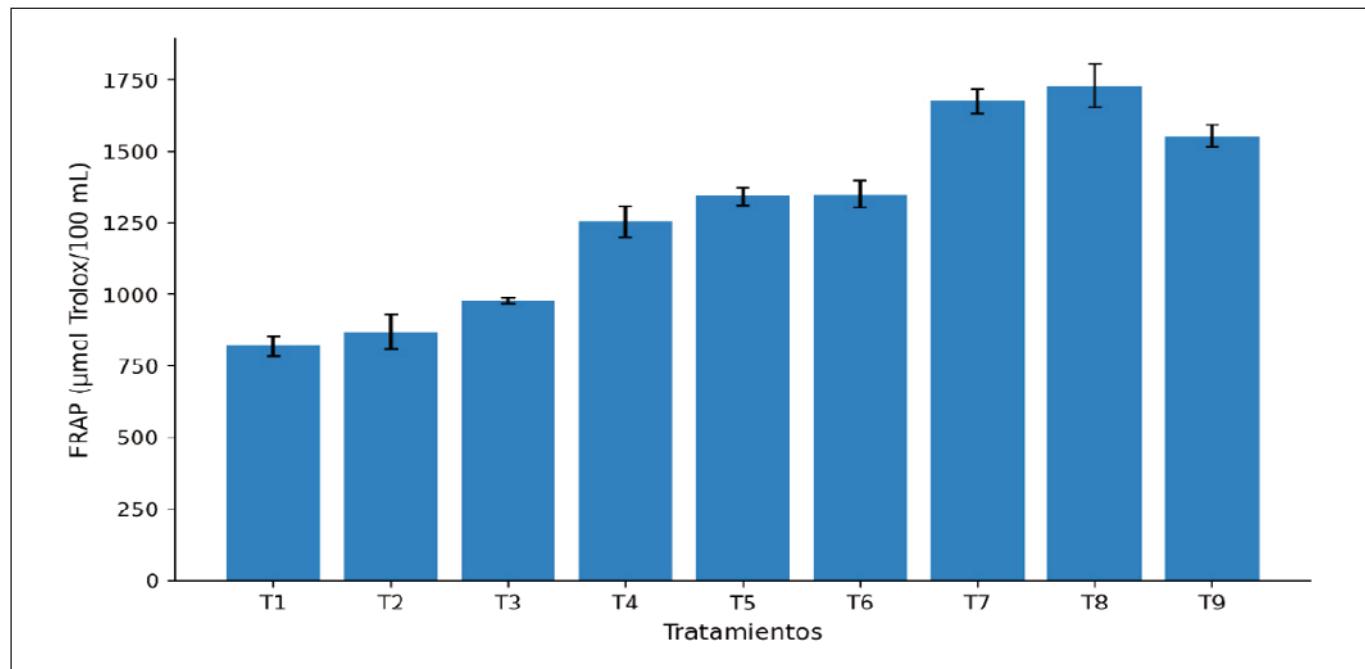


Figura 5. Capacidad antioxidante determinada mediante el método FRAP en las infusiones evaluadas

tabilidad térmica de compuestos fenólicos han reportado que la exposición prolongada a temperaturas elevadas puede degradar estas moléculas y disminuir la actividad antioxidante medible¹². Más aún, la relación entre la cantidad de material vegetal y la liberación de compuestos antioxidantes ha sido ampliamente documentada; un mayor contenido de ingredientes ricos en fenoles suele asociarse con valores superiores de capacidad antioxidante, lo que coincide con las tendencias de incremento observadas en las formulaciones con mayor proporción de cascarilla de cacao y flor de Jamaica. Este comportamiento es consistente con revisiones sobre la extracción de polifenoles, las cuales señalan que parámetros como la relación sólido-líquido, temperatura y tiempo de extracción son críticos para maximizar la recuperación de antioxidantes¹³.

En estudios comparativos sobre extractos de *Hibiscus sabdariffa* una de las materias primas clave de este trabajo se ha reportado que las flores y hojas de esta especie son fuentes ricas en compuestos fenólicos que contribuyen significativamente a la actividad antioxidante, lo que respalda la elección de este ingrediente funcional para formulaciones con potencial funcional¹⁴.

Por otro lado, técnicas alternativas de extracción que optimizan la liberación de compuestos antioxidantes, como métodos asistidos por ultrasonido o pulsos eléctricos, han demostrado que un balance entre tiempo y condiciones físicas puede mejorar la eficiencia de extracción sin inducir degradación térmica significativa, lo cual abre oportunidades para futuros trabajos en la mejora de las formulaciones de bebidas funcionales basadas en subproductos agroindustriales¹⁵. Los resultados concuerdan con la literatura reciente, indicando que la actividad antioxidante de las infusiones está determinada por la composición de los ingredientes y las condiciones de extracción, especialmente tiempo y temperatura. Se identifica un punto óptimo que maximiza la obtención de compuestos antioxidantes sin afectar su estabilidad, lo que resulta relevante para el diseño de bebidas funcionales y la optimización de sus condiciones de preparación.

CONCLUSIONES

La bebida funcional desarrollada a partir de cascarilla de cacao, cascarilla de jackfruit y flor de jamaica constituye una alternativa viable para la valorización de subproductos agroindustriales, alineada con los principios de la economía circular. La dosificación de la amteria prima fue el factor que ejerció la mayor influencia sobre las propiedades fisicoquímicas de la infusión, mientras que el tiempo de infusión mostró un efecto complementario, particularmente en interacción con la formulación. La capacidad antioxidante, evaluada mediante el método FRAP, presentó diferencias significativas entre tratamientos, alcanzando valores más altos en formulaciones con mayor dosificación y tiempos de infusión intermedios.

Desde el punto de vista sensorial, las infusiones mostraron una acpetabilidad global intermedia a alta, con variaciones asociadas a la formulación aplicada. En conjunto, los resultados respaldan el potencial funcional y tecnología de la bebida desarrollada, así como su posible aplicación en el desarrollo de bebidas funcionales a partir de residuos agroindustriales.

BIBLIOGRAFÍA

- Vasilean I, Aprodu I, Garnai M, Munteanu V, Patrascu L. Preliminary investigations into the use of amylases and lactic acid bacteria to obtain fermented vegetable products. Foods [Internet]. 2021;10(7):1–11. Available from: <https://doi.org/10.3390/foods10071530>
- Vásquez L, Vera J, Alvarado K, Intriago F, Fonseca D, Yépez P, et al. Aprovechamiento de hojas de variedades de cacao (*Theobroma cacao L.*) Nacional, Forastero y Trinitario, con dos estudios fisiológicos foliares para la obtención de una infusión. Rev Agrotecnológica Amaz [Internet]. 2024;4(1):1–12. Available from: <https://doi.org/10.51252/raa.v4i1.573>
- Panou A, Karabagias I. Composition, properties, and beneficial effects of functional beverages on human health. beverages [Internet]. 2025;11(2):1–23. Available from: <https://doi.org/10.3390/beverages11020040>
- Carvalho F, Lah lou R. Exploring bioactive compounds from fruit and vegetable by-products with potential for food and nutraceutical applications. Foods [Internet]. 2025;14(22):1–18. Available from: <https://doi.org/10.3390/foods14223884>
- 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>
- Alcívar L, Julca A, Quiroz J, Vásquez L, Oviedo M, Soto D. Chemical characterization of Nacional and CCN-51 cocoa in Los Ríos, Ecuador. Rev Investig en Ciencias Agroindustriales y Vet [Internet]. 2025;9(26):582–606. Available from: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.367>
- 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://doi.org/10.56519/g3zy6452>
- Guerrero A, Arguello J, Revilla K, Aldas J. Desarrollo de mermelada de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) en diferentes estados (natural y deshidratada). Nutr Clínica y Dietética Hosp [Internet]. 2025;45(1):219–26. Available from: <https://doi.org/10.12873/451arguello>
- 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>

10. Young Q, Thuy H, Negus C. From herbal teabag to infusion-impact of brewing on polyphenols and antioxidant capacity. *beverages* [Internet]. 2022;8(4):1–13. Available from: <https://doi.org/10.3390/beverages8040081>
11. Mieczan A, Baranowska E. The effect of brewing time on the antioxidant activity of tea infusions. *Appl Sci* [Internet]. 2024;14(15):1–11. Available from: <https://doi.org/10.3390/app14052014>
12. Monteiro W, Conrado L, Jacinto R, Carlos N, Silva J, Santiago Á, et al. Thermal stability of total phenolic compounds and antioxidant activities of jaboticaba peel: Effect of solvents and extraction methods. *J Indian Chem Soc* [Internet]. 2023;100(5):1–15. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jics.2023.100995>
13. Athanasiadis V, Chatzimitakos T, Kotsou K, Bozinou E, Lalas S, Kalompatsios D. Polyphenol Extraction from Food (by) Products by Pulsed Electric Field: A Review. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2023;24(21):1–37. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijms242115914>
14. Omar S, Sidik M, Mamat A, Sanny M. Phytochemical analysis, total phenolic content and antioxidant activity of two varieties of *Hibiscus sabdariffa* L. leaves. *J Trop Resour Sustain Sci* [Internet]. 2023;11:41–8. Available from: <https://doi.org/10.47253/jtrs.v11i2.1241>
15. Razola-díaz M, Sevenich R, Schlueter O, Verardo V, Gómez A. Improving olive leaf phenolic extraction with pulsed Electric field technology pre-treatment. *Foods*. [Internet]. 2025;14(3):1–15. <https://doi.org/10.3390/foods14030368>