

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**INFUSIONES A BASE DE CÁSCARILLA DE CACAO (*THEOBROMA CACAO*.):
UNA ALTERNATIVA SALUDABLE**

POR:

MAYLIN JOSETHS CRUZ PONCE

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**INFUSIONES A BASE DE CÁSCARILLA DE CACAO (*THEOBROMA CACAO.*):
UNA ALTERNATIVA SALUDABLE**

POR:

MAYLIN JOSETHS CRUZ PONCE

Ph.D. MARIO GONZALES

Asesor Principal

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA**

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

A Dios

Por estar siempre conmigo en todas las etapas de mi vida cuidándome y guiándome siempre por el buen camino y darme la oportunidad de poder salir adelante.

Dedicado a mi madre Glauda Ponce porque siempre ha estado conmigo brindándome su apoyo, cariño y sus valiosos consejos guiándome para ser una mujer de bien, enseñándome a nunca rendirme y siempre seguir adelante a pesar de las adversidades que se presenten. También a Darcy Martínez y Edissa Valdez quienes representaron un pilar importante para lograr mis sueños, motivándome para alcanzar cada uno de ellos, gracias por brindarme consejos valiosos para poder seguir adelante y nunca rendirme.

A mi hermana Keysi Cruz Ponce, por su apoyo incondicional y cariño constante, espero que algún día ella pueda cumplir los sueños que más anhela. A mi hermana del alma, Alison Solís por su amor incondicional, su ejemplo de fortaleza y por haber sido siempre un apoyo incondicional en todo este proceso.

A mi amiga Martha Diaz, por su constante apoyo, comprensión y compañía incondicional a lo largo de este proceso y nunca dejarme sola, a mis demás amigas, Seleste Borjas, María Carrasco, María Acuña quienes me han acompañado tanto en los momentos de éxito como en los de dificultad. A mis asesores por su guía, paciencia y motivación constante durante toda mi investigación.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco primeramente a Dios por haberme permitido que cumpla con éxito este trabajo de investigación, por darme la fuerza para no rendirme en todo el trayecto de mi carrera que gracias a ello estoy finalizando mi tesis.

En primer lugar, agradecer a mi asesor principal de tesis Ph.D. Mario Gonzales, por su valiosa orientación, dedicación y apoyo a lo largo de este proyecto. Su experiencia y conocimientos fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación. Así como la de mis asesores auxiliares M.Sc. Nairobi Sevilla, quien siempre me motivo a enfrentar mis dudas y lograr más y a la Dra. Elky Bock por su apoyo y consejos.

Quiero agradecer a mis amigos que conocí en la Universidad por siempre brindarme ese gran apoyo y poder salir adelante hasta culminar nuestra carrera universitaria.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo General:	3
2.2	Objetivo Especifico:	3
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1	Origen del cacao	3
3.2	Composición y propiedades de la cascarilla de cacao	3
3.3	Aprovechamiento de los residuos del cacao en la industria alimentaria	4
3.4	Valorización económica de los residuos en la industria alimentaria.....	4
3.5	Mango	4
3.6	Jengibre.....	5
3.7	Piña	5
3.8	Canela	6
3.9	Cáscara de naranja verde	6
3.10	Guayaba	7
3.11	Flor de jamaica	8
3.12	Infusiones funcionales a base de subproductos vegetales	8
3.13	Técnicas de secado y su impacto en compuestos funcionales.....	9
3.14	Evaluación sensorial en bebidas funcionales.....	9
IV.	METODOLOGÍA.....	11
4.1	Lugar donde se realizó la investigación	11
4.2	Proceso de elaboración	11
4.2.1	Materia prima	11
4.2.2	Limpieza y desinfección	12
4.2.3	Preparación de las muestras.....	12
4.2.4	Deshidratación de ingredientes.....	13

4.2.5	Molienda y tamizado	15
4.2.6	formulación de ingredientes	16
4.2.7	Preparación final de la bebida para análisis sensorial	17
4.3	Análisis fisicoquímicos	18
4.3.1	pH	18
4.3.2	Acidez titulable.....	18
4.3.3	Sólidos solubles totales (°Brix)	19
4.3.4	Temperatura.....	19
4.3.5	Color (L, a, b*) **	20
4.4	Evaluación sensorial	20
4.5	Índice de aceptabilidad	21
4.6	Análisis experimental	22
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1	Comparación Fisicoquímica entre Formulaciones	23
5.2	Análisis del color en las formulaciones (L, a, b*, C*, h°, ΔE).....	24
5.3	Evaluación Sensorial entre Formulaciones.....	25
5.4	Índice de aceptabilidad (%)	26
5.5	Percepción del consumidor e intención de compra	27
5.6	Percepción del consumidor e intención de compra	30
5.6.1	Conocimiento de producción sostenible.....	30
5.6.2	Importancia atribuida a la sostenibilidad.....	31
5.6.3	Disposición a pagar más por el producto.....	31
5.6.4	Rango de precio dispuesto a pagar	32
5.6.5	Preferencia de envase	32
5.6.6	Influencia del origen en la decisión de compra	33
VI.	CONCLUSIONES	34
VII.	RECOMENDACIONES	35

VIII. BIBLIOGRFÍA	36
IX. ANEXOS	39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial.	21
Tabla 2. Porcentaje de ingredientes utilizados en cada formulación de infusión.....	22
Tabla 3. Comparación de medias de parámetros fisicoquímicos	23
Tabla 4. Caracterización del color y variaciones tonales (ΔE) entre formulaciones.	24
Tabla 5. Evaluación sensorial de los atributos hedónicos de las formulaciones.	25

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Cortador manual utilizado para el corte uniforme de las muestras vegetales.	13
Ilustración 2. Deshidratador de aire forzado utilizado en el proceso experimental.....	14
Ilustración 3. Distribución uniforme de las muestras en bandejas individuales durante la deshidratación.....	14
Ilustración 4. Tamiz metálico utilizado para separar partículas gruesas después de la molienda.	16
Ilustración 5. Muestras de infusión (20 mL por tratamiento) servidas en tazas de vidrio y codificadas para la evaluación sensorial.....	18
Ilustración 6. Aceptabilidad global de las formulaciones evaluadas expresada como porcentaje.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Muestra la distribución del panel según género, observándose una participación mayoritaria de (mujeres/hombres) *	27
Figura 2. Representación de edad de los panelistas	28
Figura 3. Nivel académico de los panelistas	28
Figura 4. Ocupación de los panelistas	29
Figura 5. Frecuencia de consumo de los panelistas.....	29
Figura 6. Porcentaje de té más consumido por los panelistas	30
Figura 7. Conocimiento de la producción sostenible del té	31
Figura 8. Importancia de la producción sostenible del té.....	31
Figura 9. Disposición a pagar por té.....	32
Figura 10. Disponibilidad de pagó por 20 sobres.....	32
Figura 11. Preferencia de envase.....	33
Figura 12. Influencia del lugar de origen a la decisión de compra.....	33

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Formato de evaluacion sensorial	39
Anexo 2. Recolección de materia prima	40
Anexo 3. Deshidratad, tamizado y molienda de la materia prima	41

I. RESUMEN

La cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) es un subproducto abundante de la industria cacaotera que comúnmente se desecha, pese a su contenido de fibra, compuestos fenólicos y su potencial para desarrollar productos funcionales. Este estudio abordó el problema del desaprovechamiento de este subproducto mediante la formulación de infusiones saludables que integran frutas, flores y especias locales, evaluando su calidad fisicoquímica, color y aceptación sensorial.

El objetivo principal fue desarrollar cinco infusiones a base de cascarilla de cacao y caracterizar sus propiedades para determinar su viabilidad como alternativa de consumo y valor agregado. Para ello, se empleó un diseño completamente al azar. Se elaboraron cinco formulaciones utilizando cáscara de cacao como ingrediente base, combinada con mango, jengibre, piña, canela, cáscara de naranja verde, guayaba y flor de jamaica. Las mezclas fueron sometidas a análisis fisicoquímicos (pH, acidez titulable, °Brix y temperatura), parámetros de color en sistema CIELAB y pruebas sensoriales mediante escala hedónica con 50 consumidores no entrenados.

Los resultados mostraron que las propiedades fisicoquímicas no presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), lo que indica estabilidad y uniformidad entre las formulaciones. En contraste, los parámetros de color sí evidenciaron variaciones perceptibles asociadas a los ingredientes adicionados, destacando los cambios cromáticos en la mezcla con guayaba y jamaica. En la evaluación sensorial, los tratamientos T1, T2 y T3 obtuvieron las mejores puntuaciones, siendo T3 la formulación con mayor aceptabilidad global (71.11 %).

En conclusión, la cascarilla de cacao demostró ser un ingrediente viable para la elaboración de infusiones funcionales, con una aceptación positiva por parte de los consumidores y un potencial significativo para su aprovechamiento como subproducto agroindustrial sostenible.

Palabras clave: cascarilla de cacao, infusiones, propiedades fisicoquímicas, evaluación sensorial, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

La cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) es un subproducto generado tras el proceso de tostado y descascarillado del grano, y aunque representa un volumen considerable dentro de la cadena de producción, suele ser desechada a pesar de su potencial aprovechamiento en productos alimentarios. En los últimos años, diversas investigaciones han destacado la utilidad de la cascarilla para la elaboración de infusiones, señalando que puede aportar características sensoriales agradables y obtenerse mediante procesos simples y accesibles. (Delgado-Ospina et al., 2023).

El uso de la cascarilla como base en infusiones también responde a la necesidad de promover alternativas sostenibles dentro del sector agroalimentario, ya que permite valorizar un subproducto y reducir el desperdicio asociado a la industria del cacao. Este enfoque se alinea con la ODS 12: Producción y Consumo Responsables, que promueve el aprovechamiento eficiente de recursos y la reducción de residuos. Además, estudios recientes indican que la incorporación de frutas, flores y especias en infusiones puede mejorar el perfil de sabor, aroma y color, factores determinantes en la preferencia del consumidor. (Manzoor et al., 2024).

La evaluación de infusiones no solo requiere describir sus características fisicoquímicas, sino comprender cómo los consumidores perciben y aceptan el producto. Investigaciones en bebidas vegetales han demostrado que variables como edad, sexo, nivel educativo, hábitos de consumo y familiaridad con el producto influyen significativamente en la aceptación y disposición de compra. (Baş et al., 2024).

En este contexto, la presente investigación formula y evalúa cinco infusiones elaboradas a base de cascarilla de cacao combinada con ingredientes vegetales locales, con el objetivo de analizar sus propiedades fisicoquímicas, parámetros de color y aceptación sensorial mediante una prueba hedónica. Asimismo, se recopilieron datos sobre sexo, edad, nivel educativo, ocupación, frecuencia de consumo de té y tipo de té preferido, con el fin de relacionar las características del consumidor con su percepción de las infusiones elaboradas a partir de un subproducto agroindustrial.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

- Desarrollar infusiones a base de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*), formuladas con frutas, especias y flores locales, evaluando sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales.

2.2 Objetivo Especifico:

- Formular distintas combinaciones de infusiones utilizando cascarilla de cacao como ingrediente base, incorporando frutas, especia y flores locales.
- Caracterizar fisicoquímicamente las formulaciones de infusiones a base de cascarilla de cacao.
- Evaluar la aceptabilidad sensorial de las formulaciones para determinar la aceptabilidad por parte de los consumidores.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

El presente capítulo de revisión de literatura tiene como objetivo principal fundamentar científicamente la viabilidad de utilizar la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como ingrediente central para la elaboración de infusiones, es ello, se abordará la síntesis del origen y las propiedades del cacao, se definirán los procesos agroindustriales fundamentales y los subproductos derivados, y se profundizará en el análisis de la composición, las propiedades y los métodos de valorización de la cascarilla. La información aquí recogida proporciona el sustento teórico para la metodología aplicada en esta investigación.

3.1 Origen del cacao

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie nativa de la región amazónica y de las cuencas tropicales de América, domesticada por civilizaciones mesoamericanas para consumo y comercio, su cultivo se expandió por Centro y Suramérica y, posteriormente, a regiones tropicales de África y Asia bajo sistemas agroforestales. El conocimiento actual sobre su diversidad genética y origen apoya la conservación y el manejo sustentable del cultivo.(Motamayor et al., 2008)

3.2 Composición y propiedades de la cascarilla de cacao

Diversos estudios han demostrado que la cascarilla de cacao se compone principalmente de fibra dietética, carbohidratos, proteínas y grasas. Las cascarillas de cacao también proporcionan un perfil equilibrado de aminoácidos, lo que las convierte en una buena fuente de proteína de origen vegetal con aminoácidos esenciales como lisina, leucina y fenilalanina, así como minerales, especialmente potasio.(Gil-Ramírez et al., 2024)

Además, presenta un alto contenido de compuestos fenólicos como la epicatequina, catequina y ácido protocatéquico, responsables de su fuerte actividad antioxidante. La mayor parte de esta fibra es insoluble, principalmente celulosa y lignina, lo que le confiere una buena capacidad de retención de agua y aceite, útil para su incorporación en alimentos.(Rebollo-Hernanz et al., 2020)

3.3 Aprovechamiento de los residuos del cacao en la industria alimentaria

La cascarilla de cacao representa materias primas con alto valor potencial, gracias a su contenido de polisacáridos, fibra, minerales y compuestos bioactivos, pueden ser reutilizados para desarrollar nuevos productos en las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica, esta transformación de residuos en recursos apoya la sostenibilidad de la cadena productiva del cacao, reduce el impacto ambiental y abre oportunidades económicas para los pequeños agricultores mediante la incorporación de los subproductos como ingredientes de valor añadido.(Nascimento et al., 2025)

3.4 Valorización económica de los residuos en la industria alimentaria

La valorización de los residuos de la industria del cacao mediante un enfoque de economía circular permite convertir corrientes que tradicionalmente se desechan como la cascarilla, mucílagos y otros subproductos en recursos con aplicaciones agrícolas, energéticas y alimentarias. Esta reutilización no solo contribuye a la gestión eficiente de residuos y a la mitigación de impactos ambientales, sino que también puede generar ingresos adicionales para los productores de cacao al abrir nuevos mercados para productos de valor agregado.(Sotelo-Coronado et al., 2025)

3.5 Mango

El mango (*Mangifera indica*) es una fruta tropical valorada no solo por su sabor y aroma característicos, sino también por su alto contenido de compuestos bioactivos. Entre estos

destacan los carotenoides, polifenoles y vitaminas como la C y la E, los cuales contribuyen a su notable capacidad antioxidante. Estos componentes ayudan a neutralizar radicales libres y a reducir procesos inflamatorios en el organismo, favoreciendo la protección celular y el fortalecimiento del sistema inmune.

Así como el mango aporta fibra dietética, que contribuye al buen funcionamiento del sistema digestivo y al control de los niveles de glucosa y colesterol. Su perfil nutricional lo convierte en un ingrediente funcional con un potencial importante para la formulación de alimentos y bebidas saludables, tales como néctares, yogures, barras nutritivas y suplementos naturales.(Duarte et al., 2025)

3.6 Jengibre

El jengibre (*Zingiber officinale*) es ampliamente reconocido por su elevado contenido de compuestos bioactivos, entre los que sobresalen los gingeroles, shogaoles y la zingerona. Estos fitonutrientes son responsables de sus efectos antioxidantes, antiinflamatorios y digestivos, lo que lo convierte en un ingrediente de gran interés para la industria alimentaria y nutracéutica. Gracias a su capacidad para reducir procesos inflamatorios, favorecer la función gastrointestinal y proteger al organismo frente al estrés oxidativo, el jengibre se utiliza frecuentemente en la formulación de alimentos y bebidas funcionales orientados al bienestar y la salud preventiva.

Además de su valor terapéutico, el jengibre aporta aroma, sabor y propiedades sensoriales que enriquecen diversos productos, desde infusiones y jugos hasta suplementos naturales y preparaciones culinarias. Su versatilidad, junto con su perfil nutricional y bioactivo, lo posiciona como una fuente nutracéutica relevante para promover hábitos de consumo más saludables y apoyar la prevención de enfermedades crónicas relacionadas con la inflamación y el daño celular.(Garza-Cadena et al., 2023)

3.7 Piña

La piña (*Ananas comosus*) se caracteriza por su contenido de bromelina, una enzima proteolítica reconocida por sus efectos antiinflamatorios y por su capacidad para

favorecer la digestión, especialmente de proteínas. Además, esta fruta es rica en compuestos fenólicos y vitamina C, elementos que contribuyen de manera significativa a su actividad antioxidante. Gracias a estos componentes, la piña ayuda a proteger al organismo frente al daño provocado por los radicales libres y a fortalecer el sistema inmunológico.

Estas propiedades, combinadas con su aroma fresco y su sabor naturalmente dulce y ácido, hacen que la piña sea un ingrediente ideal para la elaboración de infusiones orientadas al bienestar digestivo y al equilibrio general del organismo. Las infusiones a base de piña no solo aportan beneficios funcionales, sino que también ofrecen una experiencia sensorial agradable y refrescante, lo que las convierte en una alternativa saludable para el consumo diario. Asimismo, su versatilidad permite combinarla fácilmente con otras frutas, hierbas y especias, potenciando tanto su valor nutricional como su atractivo organoléptico.(Mohd Ali et al., 2020)

3.8 Canela

La canela (*Cinnamomun verum*) es una especia aromática ampliamente utilizada tanto en la gastronomía como en preparaciones funcionales debido a su riqueza en compuestos bioactivos, entre los que destacan el cinamaldehído y el eugenol. Estos componentes son los principales responsables de sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, que contribuyen a la protección celular y al apoyo del equilibrio metabólico.

Su característico sabor cálido, dulce y ligeramente picante, junto con su aroma envolvente, la posicionan como un ingrediente ideal para la elaboración de infusiones reconfortantes, capaces de aportar no solo un perfil sensorial agradable sino también beneficios asociados a la salud metabólica, como el apoyo en la regulación de la glucosa y la mejora del bienestar general. Además, la canela combina de manera armónica con otras hierbas, frutas y especias, lo que permite crear mezclas que potencian tanto sus propiedades funcionales como su complejidad aromática.(Azad et al., 2024)

3.9 Cáscara de naranja verde

La cáscara de naranja verde (*Citrus sinensis*) destaca por su elevado contenido de flavonoides, entre los que sobresalen la hesperidina y la narirutina, compuestos reconocidos por su potente actividad antioxidante y antiinflamatoria. Estas sustancias contribuyen a neutralizar radicales libres, reducir procesos inflamatorios y proteger los tejidos frente al daño oxidativo.

Además de estos beneficios, los flavonoides presentes en la cáscara de naranja verde juegan un papel importante en la salud cardiovascular, ya que pueden favorecer la circulación sanguínea, mejorar la elasticidad de los vasos y apoyar el equilibrio de los lípidos en el organismo. Asimismo, su aporte de micronutrientes y compuestos bioactivos contribuye al fortalecimiento del sistema inmunológico.(Liu et al., 2021)

3.10 Guayaba

La guayaba (*Psidium guajava*) es una fruta tropical ampliamente reconocida por su notable valor nutricional y funcional. Se distingue por su elevado contenido de vitamina C, cuya concentración supera a la de muchas frutas comúnmente asociadas con esta vitamina. Además, posee una diversidad de flavonoides, carotenoides, taninos y aceites esenciales, los cuales le otorgan una potente actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana y antidiabética. Esta combinación de compuestos bioactivos contribuye a la protección celular frente al daño oxidativo y al fortalecimiento del sistema inmunológico.

Tradicionalmente, la guayaba ha sido utilizada en el tratamiento de afecciones respiratorias, trastornos digestivos y desequilibrios metabólicos, lo que evidencia su importancia dentro de la medicina natural. Actualmente, su relevancia se ha ampliado debido a su potencial para apoyar la prevención de enfermedades crónicas, entre ellas la diabetes tipo 2 y ciertos tipos de cáncer, gracias a su capacidad para modular la inflamación, mejorar la sensibilidad a la insulina y ejercer efectos protectores sobre el sistema celular. Además, su sabor agradable, su versatilidad y su perfil nutricional la convierten en un ingrediente ideal para el desarrollo de alimentos funcionales, bebidas saludables y suplementos naturales orientados al bienestar integral(Amadike Ugbo et al., 2022)

3.11 Flor de jamaica

La flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) es reconocida por su abundancia de compuestos bioactivos, entre ellos antocianinas, flavonoides, ácidos orgánicos y polifenoles, los cuales le confieren una destacada actividad antioxidante, antiinflamatoria y cardioprotector. Estos componentes actúan protegiendo a las células frente al daño oxidativo, regulando los procesos inflamatorios y favoreciendo el buen funcionamiento del sistema circulatorio. El consumo regular de infusiones o extractos de jamaica se asocia con efectos positivos sobre la salud, especialmente en personas con factores de riesgo cardiovascular. Esta planta ha mostrado capacidad para disminuir la presión arterial, favorecer la reducción del colesterol y triglicéridos, y apoyar el control de los niveles de glucosa en sangre, contribuyendo así al manejo de enfermedades metabólicas como la hipertensión, la diabetes tipo 2 y la dislipidemia. Además de sus beneficios funcionales, la flor de jamaica destaca por su color intenso, su aroma característico y su sabor ligeramente ácido, lo que la hace un ingrediente ideal para bebidas, infusiones y productos alimenticios orientados al bienestar general.(Da-Costa-Rocha et al., 2014)

3.12 Infusiones funcionales a base de subproductos vegetales

Las infusiones funcionales se han posicionado como una tendencia creciente dentro del desarrollo de alimentos saludables, debido a su capacidad para aportar beneficios fisiológicos adicionales al consumo regular de bebidas. En este contexto, cobra especial importancia el aprovechamiento de subproductos agroindustriales, los cuales representan una fuente valiosa de compuestos bioactivos que a menudo se desaprovechan.

Las cáscaras de frutas como la granada, los cítricos, la piña y el mango contienen una concentración significativa de compuestos fenólicos, flavonoides y ácidos orgánicos, elementos que se caracterizan por su elevada actividad antioxidante.

El uso de estos subproductos en la elaboración de infusiones no solo permite desarrollar bebidas con propiedades funcionales, sino que también promueve prácticas de producción más sostenibles, al transformar residuos vegetales en ingredientes de valor agregado. De esta manera, las infusiones elaboradas a partir de cáscaras de frutas se convierten en alternativas saludables, aromáticas y ambientalmente responsables, apreciadas por

consumidores que buscan opciones naturales y con beneficios para el bienestar general. (AJILA et al., 2007)

La incorporación de estos subproductos no solo permite reducir el desperdicio alimentario, sino que también mejora el perfil funcional de las bebidas al añadir polifenoles, flavonoides y ácidos orgánicos de forma natural. Además, se ha demostrado que el secado y molienda adecuados permiten conservar los compuestos bioactivos en concentraciones útiles para el consumo humano(Jiang et al., 2021)

3.13 Técnicas de secado y su impacto en compuestos funcionales

Estudios comparativos han demostrado que la liofilización (secado por congelación) es una de las técnicas más efectivas para preservar la calidad funcional y sensorial de los alimentos, ya que opera a bajas temperaturas y en ausencia de oxígeno, lo que reduce la degradación de compuestos sensibles al calor y la oxidación(Ratti, 2001) Por otro lado, el secado por aire caliente o convección, aunque más accesible y económico, puede provocar una pérdida considerable de actividad antioxidante debido a la exposición prolongada a temperaturas elevadas(Nędzarek et al., 2017)

Las técnicas convencionales como el secado en horno siguen siendo una alternativa viable y eficiente, especialmente en contextos de producción a pequeña o mediana escala, puede facilitar la intensificación de sabores naturales en algunos ingredientes, sin comprometer su aceptabilidad sensorial(Nikolova et al., 2015). Estudios han demostrado que, si se controlan adecuadamente la temperatura y el tiempo de secado, es posible minimizar la pérdida de compuestos fenólicos y preservar buena parte de la capacidad antioxidante de frutas y vegetales secos, logrando productos estables y funcionales(Contreras et al., 2008)

3.14 Evaluación sensorial en bebidas funcionales

Se utilizó un panel de consumidores no entrenados, que valoraron cada muestra mediante escalas hedónicas de 5, 7 o 9 puntos, enfocándose en atributos como dulzura, acidez,

astringencia, intensidad del aroma, y color. Este tipo de análisis permite identificar las combinaciones con mayor potencial de aceptación en el mercado objetivo (Herbert Stone & Joel L. Sidel, 2004)

Según un estudio publicado en la *Tropical Journal of Natural Product Research*, las infusiones elaboradas con *Cymbopogon citratus* presentaron una alta aceptabilidad sensorial, destacándose por su aroma cítrico característico y un sabor refrescante que fue bien valorado por los panelistas. La investigación demostró que la presencia de compuestos funcionales en la bebida no afectó negativamente la percepción sensorial, lo cual evidencia que es posible desarrollar infusiones con propiedades saludables sin comprometer la preferencia del consumidor (Ahmed Tazi et al., 2024).

IV. METODOLOGÍA

4.1 Lugar donde se realizó la investigación

La investigación se llevó a cabo en los laboratorios de Suelos de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG). Para la realización del análisis fisicoquímico, se hizo uso de los laboratorios de la Planta Procesadora de Lácteos, también perteneciente a la UNAG. Ambos laboratorios están ubicados en el campus universitario, situado en la Carretera hacia Dulce Nombre de Culmí, kilómetro 215, Barrio El Espino, Catacamas, Olancho, Honduras

4.2 Proceso de elaboración

4.2.1 Materia prima

La materia prima principal utilizada en este estudio fue la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), obtenida como subproducto del proceso de descascarillado del grano tostado. Esta fue recolectada en la Cooperativa Agrícola Cafetalera COAGRICAL, ubicada en la entrada a Copán Ruinas, Honduras, donde se procesa cacao para su comercialización. El material fue entregado recién separado del grano, colocado en bolsas limpias y trasladado inmediatamente al laboratorio para prevenir deterioro físico o microbiológico. Además, se emplearon frutas y subproductos agroindustriales locales como mango, guayaba, jengibre fresco, cáscara de piña y cáscara de naranja verde, adquiridos en la frutera La Sureña (Catacamas, Olancho). La selección de los insumos se realizó considerando su estado de madurez comercial, integridad física y ausencia de defectos visibles. Como ingredientes complementarios se utilizaron flor de jamaica deshidratada y canela en rama, suministradas por la Planta Procesadora de Granos y Cereales de la Universidad.

Todas las materias primas fueron transportadas al laboratorio en recipientes limpios y protegidos, manteniéndose a temperatura ambiente y refrigerando las que lo requerían, hasta su posterior procesamiento.

4.2.2 Limpieza y desinfección

Antes de su procesamiento, las materias primas de origen fresco fueron sometidas a un procedimiento estandarizado de higienización con el propósito de garantizar su inocuidad. En primera instancia, cada insumo fue lavado manualmente con agua potable para eliminar tierra, restos de tejido vegetal, partículas adheridas y cualquier impureza superficial. Posteriormente, se aplicó un proceso de desinfección mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio con una concentración entre 50–200 ppm durante 5–10 minutos, siguiendo métodos recomendados para la reducción de flora microbiana en frutas y hortalizas destinadas a procesamiento. (Mendoza et al., 2022).

Después de la desinfección, los insumos fueron enjuagados nuevamente con agua potable para eliminar residuos del agente clorado y se colocaron en bandejas sanitizadas hasta completar su escurrido. Este proceso permitió asegurar que la materia prima entrara al procesamiento en condiciones higiénicas apropiadas, reduciendo riesgos de contaminación cruzada.

4.2.3 Preparación de las muestras

Una vez higienizados, los insumos fueron clasificados por tipo y preparados para el proceso de deshidratación. Para estandarizar el tamaño de las piezas y asegurar un secado uniforme, todos los ingredientes frescos (mango, guayaba, jengibre, cáscara de piña y cáscara de naranja verde) se cortaron utilizando un cortador manual tipo mandolina, equipado con una hoja de acero inoxidable



Ilustración 1. Cortador manual utilizado para el corte uniforme de las muestras vegetales.

Este equipo permitió obtener rebanadas de aproximadamente 1 mm de espesor, garantizando uniformidad en el grosor y favoreciendo una deshidratación eficiente y homogénea.

El cortador manual fue previamente lavado y desinfectado, y se manipuló sobre superficies sanitizadas para evitar contaminación cruzada. Cada ingrediente vegetal se procesó por separado y se colocó en recipientes limpios y cubiertos, con el fin de mantener su identidad y evitar mezclas involuntarias antes de la formulación final. La estandarización del tamaño de las láminas constituyó un paso fundamental para reducir variaciones en la pérdida de humedad y mejorar la reproducibilidad del proceso experimental.

4.2.4 Deshidratación de ingredientes

Las materias primas previamente cortadas fueron sometidas a un proceso de deshidratación en un deshidratador de aire forzado (modelo ST-03, 6 bandejas, 500 W), ubicado en el Laboratorio de Suelos. Este equipo opera mediante convección de aire caliente, lo cual favorece un secado uniforme gracias al flujo horizontal distribuido sobre todas las bandejas. La selección de la temperatura y el tiempo se realizó con base en reportes científicos actuales que recomiendan condiciones moderadas de secado para preservar calidad sensorial y reducir degradación térmica.



Ilustración 2. Deshidratador de aire forzado utilizado en el proceso experimental.

Antes del secado, los insumos se distribuyeron en capas delgadas sin superposición, ya que estudios recientes demuestran que el espesor uniforme y la adecuada circulación de aire mejoran la transferencia de calor y reducen variaciones en la pérdida de humedad.(Shao et al., 2022).



Ilustración 3. Distribución uniforme de las muestras en bandejas individuales durante la deshidratación.

Condiciones específicas de deshidratación utilizadas:

Mango y guayaba: Se deshidrataron a 60 °C durante 6-8 horas, temperatura recomendada para frutas tropicales debido a su capacidad para conservar color, compuestos fenólicos y atributos sensoriales sin deterioro significativo.(Xu et al., 2021). Cáscara de piña y cáscara de naranja verde: Se emplearon 50 °C durante 4-6 horas, rango indicado para matrices con aromas volátiles y aceites esenciales, ya que reduce la degradación térmica y minimiza el pardeamiento no enzimático.(El Gamal et al., 2023)

El jengibre se secó a 60 °C durante 5-7 horas, siguiendo estudios que evidencian que esta temperatura permite mantener gingeroles, shogaols y aceites esenciales sin pérdidas sensoriales significativas.(Aboutorab et al., 2021).

El proceso se monitoreó de manera periódica y se consideró finalizado cuando la materia prima alcanza una textura crujiente, según criterios de $A_w < 0.60$ es el nivel recomendado para asegurar estabilidad microbiológica y permitir su almacenamiento sin deterioro. Las condiciones aplicadas durante el secado, que incluyen el uso de láminas delgadas, un flujo constante de aire caliente y temperaturas moderadas, coinciden con lo reportado en investigaciones recientes sobre secado convectivo de productos vegetales. En conjunto, estos factores favorecen una eliminación uniforme de la humedad y permiten obtener ingredientes secos de calidad adecuada para las etapas posteriores de molienda, tamizado y formulación

4.2.5 Molienda y tamizado

Una vez completado el proceso de deshidratación, todos los ingredientes secos, incluyendo cascarilla de cacao, flor de jamaica, canela, mango, guayaba, jengibre, cáscara de piña y cáscara de naranja verde, fueron sometidos a un proceso de molienda con el propósito de reducir su tamaño de partícula y facilitar su posterior dispersión en las formulaciones de infusión. La molienda se realizó utilizando una licuadora doméstica de vaso metálico (Oster), la cual permitió triturar los ingredientes en pequeños lotes hasta obtener partículas finas. Para evitar sobrecalentamiento del material y preservar sus características sensoriales, el proceso se efectuó en intervalos cortos y controlados.

El material triturado fue posteriormente sometido a tamizado manual, empleando un tamiz de acero inoxidable de malla fina.



Ilustración 4. Tamiz metálico utilizado para separar partículas gruesas después de la molienda.

Adecuado para separar partículas gruesas y asegurar una granulometría más uniforme. La fracción retenida en el tamiz fue reincorporada a la licuadora para repetir el proceso hasta alcanzar un tamaño de partícula homogéneo en todas las formulaciones.

La combinación de ambos procesos permitió obtener mezclas con textura uniforme, mejor fluidez y adecuada capacidad extractiva, características esenciales para garantizar una infusión estandarizada durante los análisis fisicoquímicos y sensoriales.

4.2.6 formulación de ingredientes

Una vez obtenidos los ingredientes secos y molidos, se procedió a elaborar cinco formulaciones experimentales de infusiones, cada una preparada mediante la combinación de los ingredientes en las proporciones previamente establecidas. Las formulaciones fueron las siguientes:

- Muestra 1 (Control): 100 % cascarilla de cacao.
- Muestra 2: 70 % cáscara de cacao, 25 % mango deshidratado y 5 % jengibre.
- Muestra 3: 65 % cáscara de cacao, 30 % piña deshidratada y 5 % canela.
- Muestra 4: 70 % cáscara de cacao y 30 % cáscara de naranja verde.
- Muestra 5: 60 % cáscara de cacao, 25 % guayaba y 15 % flor de jamaica.

Para cada formulación, los ingredientes fueron pesados individualmente en una balanza analítica y mezclados manualmente en recipientes limpios hasta obtener una distribución homogénea de las partículas. Las mezclas se almacenaron en bolsas selladas, codificadas y protegidas de la luz, manteniéndose en un ambiente fresco y seco hasta su utilización

en los análisis fisicoquímicos y sensoriales.

4.2.7 Preparación final de la bebida para análisis sensorial

Para la preparación de las muestras de té destinadas a la evaluación sensorial, se tomaron 2 gramos de la mezcla seca previamente formulada y se infundieron en 100 ml de agua caliente a una temperatura de 90°C durante 5 minutos. Posteriormente, la infusión fue filtrada utilizando papel filtro para eliminar residuos sólidos. La bebida fue servida tibia, con una temperatura aproximada de 60°C, en tazas de vidrio pequeñas. El uso de tazas de vidrio transparente garantizó la uniformidad en la presentación y permitió una evaluación objetiva del atributo color (cromatismo e intensidad), además de conferir un atractivo visual a la muestra.

Los recipientes fueron codificados con números aleatorios, asegurando así condiciones uniformes. Esta estandarización del proceso de degustación garantizó que los atributos sensoriales, como sabor, aroma, color y aceptabilidad general, pudieran ser evaluados de manera objetiva por el panel de jueces.

Para la preparación de las muestras destinadas a la evaluación sensorial, se pesaron 2 g de cada formulación y se infundieron en 100 mL de agua caliente a 90 °C durante 5 minutos, una vez finalizada la extracción, las infusiones fueron filtradas mediante papel filtro con el propósito de eliminar los residuos sólidos presentes.

Posteriormente, cada infusión se sirvió tibia, a una temperatura aproximada de 60 °C, en tazas de vidrio transparente previamente sanitizadas. A cada panelista se le suministró un volumen estandarizado de 20 mL por muestra, cantidad adecuada para la evaluación sensorial bajo el formato hedónico aplicado. Las tazas fueron identificadas mediante códigos aleatorios de tres dígitos, garantizando el anonimato de las muestras y evitando sesgos durante la valoración.



Ilustración 5. Muestras de infusión (20 mL por tratamiento) servidas en tazas de vidrio y codificadas para la evaluación sensorial.

Este procedimiento permitió que todas las muestras fueran presentadas bajo condiciones controladas, reproducibles y uniformes, asegurando consistencia en la degustación y confiabilidad en los resultados sensoriales obtenidos.

4.3 Análisis fisicoquímicos

4.3.1 pH

El pH de las infusiones se determinó utilizando un peachímetro digital HANNA Instruments, modelo HI2211, equipo de mesa diseñado para mediciones de alta precisión. Antes de cada sesión de análisis, el instrumento fue calibrado mediante soluciones buffer estándar de pH 4.00 y 7.00, con el fin de garantizar exactitud en la lectura.

Para cada muestra, se preparó una infusión empleando 2 g de mezcla seca en 100 ml de agua destilada, siguiendo las mismas condiciones aplicadas en la evaluación sensorial. Después de la filtración, la medición se realizó directamente sobre el filtrado a temperatura ambiente, evitando fluctuaciones en la lectura asociadas a cambios térmicos. Este parámetro permitió caracterizar la acidez natural de las formulaciones bajo condiciones controladas.

4.3.2 Acidez titulable

La acidez titulable se determinó mediante una titulación ácido-base siguiendo protocolos estándar para bebidas infusionadas. Se tomaron 25 mL de cada infusión filtrada y se titularon con NaOH 0.1 N, empleando fenolftaleína como indicador. La titulación se llevó a cabo hasta la aparición de una coloración rosada estable durante al menos 30 segundos. Los valores obtenidos se expresaron como ácido cítrico equivalente, siguiendo el método utilizado en análisis de bebidas vegetales. Este procedimiento permitió cuantificar la acidez orgánica presente en cada formulación, parámetro relevante para estudios de estabilidad y caracterización sensorial.

4.3.3 Sólidos solubles totales (°Brix)

El contenido de sólidos solubles se determinó utilizando un refractómetro manual de laboratorio, previamente calibrado con agua destilada a 20 °C. Se colocó una gota de la infusión filtrada sobre el prisma del equipo y se registró la lectura en grados Brix (°Bx). La medición de °Brix permitió estimar la cantidad de azúcares y solutos presentes en las preparaciones, lo cual es fundamental para comparar la concentración extractable de las formulaciones bajo condiciones estandarizadas.

4.3.4 Temperatura

La temperatura de las infusiones se midió utilizando un termómetro digital de laboratorio, verificando dos puntos críticos del proceso:

- Temperatura inicial (90 °C): registrada inmediatamente después de retirar la mezcla del calor.
- Temperatura de reposo (60 °C): medida tras los 5 minutos destinados al reposo previo al servicio.

El registro de estas temperaturas permitió estandarizar las condiciones de preparación, garantizar seguridad durante la manipulación y asegurar que todas las muestras fueran evaluadas bajo condiciones térmicas similares.

4.3.5 Color (L, a, b*) **

El color de las infusiones se analizó mediante un colorímetro Konica Minolta, modelo CR-400, equipado con un sistema de medición basado en el espacio cromático CIELAB. Antes de cada serie de análisis, el equipo fue calibrado utilizando la placa blanca estándar proporcionada por el fabricante.

Para cada medición, la infusión se colocó en placas Petri translúcidas, asegurando una profundidad óptica constante y una superficie lisa para la lectura. Se registraron los valores de:

- L* (luminosidad: 0 = negro, 100 = blanco)
- a* (tendencia hacia rojo-positivo o verde-negativo)
- b* (tendencia hacia amarillo-positivo o azul-negativo)

Este análisis instrumental permitió cuantificar diferencias cromáticas entre las formulaciones, ofreciendo una medida objetiva del color bajo condiciones de iluminación controlada.

4.4 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó mediante una prueba afectiva de aceptación, con el objetivo de determinar la percepción general de los consumidores hacia las cinco formulaciones de infusión elaboradas. La prueba fue aplicada a 50 jueces no entrenados, seleccionados de manera voluntaria entre población adulta perteneciente a distintos ámbitos laborales y académicos. Los participantes debían cumplir dos criterios mínimos:

- ser mayores de 18 años, y
- ser consumidores habituales u ocasionales de té.

La selección de este tipo de panel está respaldada por la literatura, ya que las pruebas hedónicas se aplican preferiblemente a consumidores reales del producto para obtener valoraciones representativas del mercado objetivo. Por esta razón, se invitó a personas con distintos perfiles ocupacionales y niveles de formación, siempre que manifestaran familiaridad con el consumo de té.

Las muestras se sirvieron en tazas de vidrio transparente, conteniendo 20 ml de infusión a una temperatura aproximada de 60 °C, y fueron identificadas mediante códigos

aleatorios de tres dígitos, con el fin de evitar sesgos durante la evaluación. La degustación se desarrolló bajo condiciones controladas de iluminación y temperatura.

Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 significa “Me disgusta extremadamente” y 9 “Me gusta extremadamente”. La escala se estructuró de la siguiente manera.

Tabla 1. Escala hedónica utilizada para la evaluación sensorial.

Puntaje	Significado
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta un poco
5	No me gusta ni me disgusta
6	Me gusta poco
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA de un factor, seguido de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para identificar diferencias significativas entre tratamientos.

4.5 Índice de aceptabilidad

El índice de aceptabilidad se calculó a partir de los puntajes obtenidos en la evaluación sensorial para la aceptación global de cada muestra. Este índice permite expresar la aceptabilidad en términos porcentuales, facilitando la comparación entre formulaciones. El cálculo se realizó utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Índice de aceptabilidad: } \left(\frac{\text{Promedio de cada característica}}{\text{Valor máximo de escala hedónica}} \right) \times 100$$

:

Dado que la escala hedónica utilizada fue de 9 puntos, el valor máximo considerado para la normalización correspondió a 9.

4.6 Análisis experimental

Para el análisis de los datos se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), apropiado para evaluar el efecto de cinco formulaciones independientes sobre las variables de calidad analizadas. Este diseño permitió controlar fuentes de variación no deseadas y garantizar que todas las muestras fueran evaluadas bajo condiciones equivalentes.

Los datos fueron procesados en el software estadístico Minitab, aplicando un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor con un nivel de significancia de $p < 0.05$, con el fin de determinar la existencia de diferencias estadísticas entre tratamientos. Cuando el ANOVA mostró diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples Tukey HSD, con el objetivo de identificar específicamente qué formulaciones diferían entre sí.

Este enfoque estadístico permitió interpretar de manera objetiva los efectos de las distintas combinaciones de ingredientes en los parámetros fisicoquímicos, de color y sensoriales.

Tabla 2. Porcentaje de ingredientes utilizados en cada formulación de infusión

Ingredientes	T1 (Control)	T2	T3	T4	T5
Cascarilla de cacao	100%	70%	65%	70%	60%
Mango		25%			
Jengibre		5%			
Cascara de piña			30%		
Canela			5%		
Cascara de naranja verde				30%	
Guayaba					25%
Flor de jamaica					15%

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta investigación sobre el desarrollo de las infusiones a base de cascarilla de cacao, se presentan los resultados, para los parámetros fisicoquímicos (pH, °Brix, acidez, color y temperatura), se presenta la elaboración de una sola tabla donde se representarán la media y la desviación estándar de cada variable, seguidamente se dan a conocer los resultados de los parámetros de color, de igual manera, se incluirá una tabla única para los resultados de las pruebas sensoriales.

Adicionalmente, se presentará una gráfica del índice de aceptación global, expresada en porcentaje, que permitirá visualizar la preferencia general de los panelistas.

5.1 Comparación Fisicoquímica entre Formulaciones

Tabla 3. Comparación de medias de parámetros fisicoquímicos

Tratamiento	pH	Acidez	Brix	Temperatura	
				Inicial	Final
T1	6.36±0.03 ^a	0.14±0.02 ^a	1.67±0.29 ^a	89±1.00 ^a	60.67±1.53 ^b
T2	4.68±0.02 ^d	0.02±0.01 ^{b C}	1.33±0.29 ^{a b}	88.3±1.53 ^a	56.67±1.53 ^c
T3	5.41±0.07 ^c	0.02±0.01 ^C	1.00±0.00 ^{a b}	87 ±1.00 ^a	64±1.00 ^a
T4	5.84±0.02 ^b	0.02±0.01 ^{b C}	0.83±0.29 ^b	88.3±2.08 ^a	59±1.00 ^{bc}
T5	4.15±0.03 ^e	0.04±0.01 ^b	0.83±0.29 ^b	89±1.00 ^a	57±1.00 ^c

Nota: *medias con una letra en común no son significativamente diferentes (p<0.05), según la prueba de comparación de tukey*

Los valores de pH, acidez titulable, sólidos solubles (°Brix) y temperatura no presentaron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas ($p > 0.05$), de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 3). Esto indica que, a nivel fisicoquímico, las infusiones mantienen un comportamiento uniforme

independientemente de los ingredientes adicionados.

El pH de todas las formulaciones se mantuvo dentro de rangos ligeramente ácidos, lo cual es característico de infusiones elaboradas a partir de matrices vegetales.

La acidez titulable tampoco mostró diferencias significativas ($p > 0.05$), evidenciando estabilidad entre tratamientos y coherencia con los valores de pH observados.

Los valores de °Brix no difirieron significativamente ($p > 0.05$) entre formulaciones, lo cual es esperable en infusiones sin adición de azúcares y elaboradas principalmente con ingredientes ricos en fibra y compuestos no solubles.

La temperatura inicial y final registrada en las muestras se mantuvo sin diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que confirma que el procedimiento de preparación fue estandarizado para todos los tratamientos.

En conjunto, los parámetros evaluados muestran que no existieron variaciones estadísticamente significativas entre las formulaciones, lo que indica que la adición de frutas, flores o especias no modificó de manera sustancial las propiedades fisicoquímicas básicas de las infusiones

5.2 Análisis del color en las formulaciones (L^* , a^* , b^* , C^* , h° , ΔE)

Tabla 4. Caracterización del color y variaciones tonales (ΔE) entre formulaciones.

Tratamientos	L^*	a^*	b^*	Croma	h°	ΔE
1	27.11±0.75 ^a	3.26±0.26 ^{ab}	2.48±0.22 ^a	3.05±0.36 ^a	48.19±1.67 ^a	0.00±0.26 ^a
2	27.30±0.78 ^a	2.02±0.23 ^c	1.59±0.28 ^a	3.13±0.44 ^a	51.33±1.67 ^a	0.60±0.26 ^{ab}
3	28.10±0.50 ^a	2.33±0.09 ^{bc}	2.09±0.17 ^a	3.87±0.44 ^a	52.73±1.67 ^{ab}	0.63±0.37 ^{ab}
4	27.65±0.31 ^a	3.02±0.44 ^{ab}	2.42±0.48 ^a	3.87±0.44 ^a	57.01±1.36 ^{bc}	1.30±0.21 ^b
5	27.21±0.63 ^a	3.67±0.55 ^a	2.01±0.48 ^a	4.19±0.62 ^a	61.31±2.36 ^c	1.42±0.26 ^b

Nota. *Medias que comparten una misma letra no presentan diferencias significativas entre sí ($p < 0.05$), según la prueba de comparación de medias de Tukey*

El análisis colorimétrico mostró diferencias significativas entre las formulaciones en los parámetros a^* , b^* , C^* , h° y ΔE , según la prueba de Tukey ($p < 0.05$), lo que indica que los ingredientes incorporados influyeron en las características cromáticas del producto (Tabla 4).

Los valores de luminosidad (L^*) se mantuvieron dentro del rango de 27.1 a 28.1, correspondiente a una tonalidad oscura uniforme, típica de infusiones elaboradas a partir de cacao tostado.

El parámetro a^* presentó diferencias significativas asociadas a variaciones en los matices rojizos, mientras que b^* mostró diferencias relacionadas con cambios en los tonos amarillentos entre formulaciones.

Los valores de croma (C^*) y matiz (h°) también evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05$), reflejando modificaciones en la saturación y tonalidad del color debidas a la composición vegetal de cada mezcla.

El parámetro ΔE , que representa la diferencia total de color entre tratamientos, mostró valores significativamente distintos, evidenciando que la incorporación de frutas, flores o especias generó variaciones perceptibles en el color de las infusiones.

Estos resultados coinciden con estudios que reportan que los compuestos fenólicos, pigmentos y metabolitos secundarios presentes en matrices vegetales pueden producir variaciones notables en el perfil colorimétrico de bebidas funcionales.

5.3 Evaluación Sensorial entre Formulaciones

Tabla 5. Evaluación sensorial de los atributos hedónicos de las formulaciones.

Tratamiento	Apariencia color	Claridad	Aroma inicial	Intensidad del aroma	Sabor global	Equilibrio amargor dulzor	Posgusto	Sensación en boca
T1	5.5±2.73 ^a	5.28±1.69 ^a	6.36±2.41 ^a	6.12±2.16 ^a	6.04±2.73 ^a	5.34±2.3 ^{abc}	5.12±2.72 ^a	5.04±2.76 ^a
T2	6.22±2.57 ^a	6.56±1.76 ^a	6.74±1.98 ^a	6.8±2.16 ^a	5.88±2.57 ^a	6.12±2.10 ^a	5.7±2.16 ^a	6.±2.28 ^a
T3	6.4±2.60 ^a	6.16±1.71 ^a	6.84±1.73 ^a	6.58±1.80 ^a	6.26±2.05 ^a	5.96±1.97 ^{ab}	6.04±2.14 ^a	5.94±2.05 ^a
T4	6.4±2.23 ^a	6.52±1.28 ^a	6.32±2.20 ^a	6.26±2.02 ^a	5.58±2.23 ^a	4.9±2.33 ^{abc}	4.9±2.44 ^a	5.24±2.10 ^a
T5	6.14±2.09 ^a	6.44±1.98 ^a	6.3±2.27 ^a	6.24±2.16 ^a	5.02±2.09 ^a	4.8±1.81 ^c	5.42±2.13 ^a	5.7±2.10 ^a

Nota: *medias con una letra en común no son significativamente diferentes ($p < 0.05$), según la prueba de comparación de tukey*

En la Tabla 5 se presentan los resultados de los atributos hedónicos evaluados mediante

escala de 9 puntos. Aunque se observan variaciones numéricas entre tratamientos en apariencia/color, claridad, aroma inicial, intensidad del aroma, sabor global, equilibrio amargo–dulzor, posgusto y sensación en boca, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas según la prueba de Tukey ($p > 0.05$).

Esto indica que las formulaciones fueron sensorialmente similares para la mayoría de los panelistas, sin que la incorporación de diferentes combinaciones de ingredientes generara cambios perceptibles a nivel estadístico en los atributos evaluados.

Para el atributo sabor global, los promedios muestran variaciones entre tratamientos; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que las distintas formulaciones fueron aceptadas de manera comparable por los consumidores.

Los atributos equilibrio amargo–dulzor y posgusto presentaron variaciones numéricas entre tratamientos, pero sin diferencias significativas, lo cual señala que los panelistas no percibieron cambios sensoriales marcados relacionados con estos atributos.

En conjunto, los resultados indican que no existieron diferencias sensoriales significativas entre las formulaciones evaluadas. Todas se ubicaron dentro de rangos de aceptación adecuados, reflejando que la adición de frutas, flores o especias no modificó de forma sustancial la percepción sensorial general de las infusiones.

5.4 Índice de aceptabilidad (%)

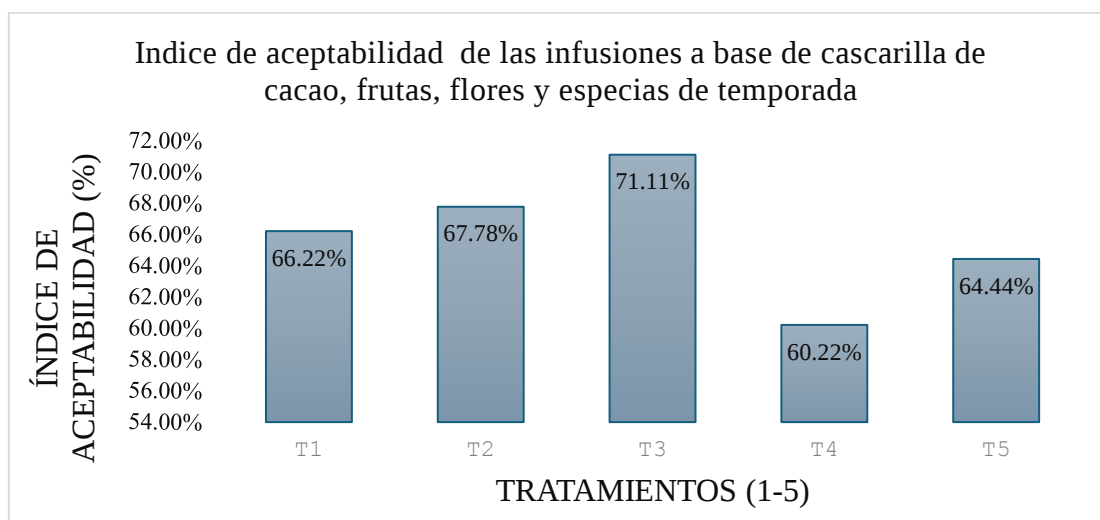


Ilustración 6. Aceptabilidad global de las formulaciones evaluadas expresada como porcentaje.

En la ilustración 6 se presenta el índice de aceptabilidad de las infusiones evaluadas. La

formulación correspondiente al tratamiento T3 obtuvo un porcentaje de aceptabilidad del 71.11 %, lo que indica que esta mezcla fue aceptada positivamente por los consumidores dentro del panel sensorial.

Aunque se observaron variaciones numéricas entre tratamientos, la prueba de Tukey mostró que no existieron diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$), ya que todos compartieron la misma letra de agrupación. Esto sugiere que, estadísticamente, los consumidores no percibieron diferencias marcadas en la aceptabilidad general de las infusiones.

En conjunto, los resultados señalan que T3 alcanzó un nivel de aceptación adecuado, y que todas las formulaciones se mantuvieron dentro de rangos aceptables de preferencia por parte de los participantes.

5.5 Perfil del consumidor

Con el fin de contextualizar los resultados de la evaluación sensorial, se recopiló información sociodemográfica de los 50 panelistas mediante un formulario estructurado. Este análisis permite comprender el perfil de los consumidores que participaron en la valoración de las infusiones, lo cual es relevante dado que factores como edad, género, experiencia de consumo y preferencias individuales pueden influir en la percepción sensorial.

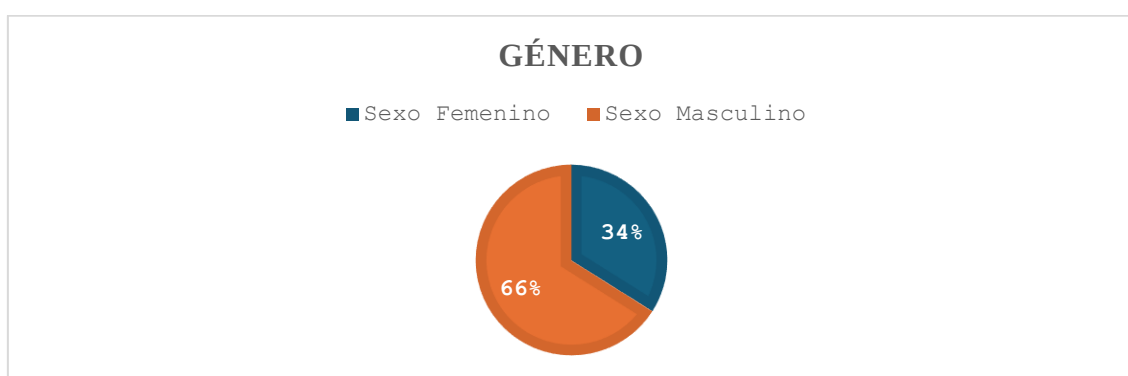


Figura 1. Muestra la distribución del panel según género, observándose una participación mayoritaria de (mujeres/hombres) *

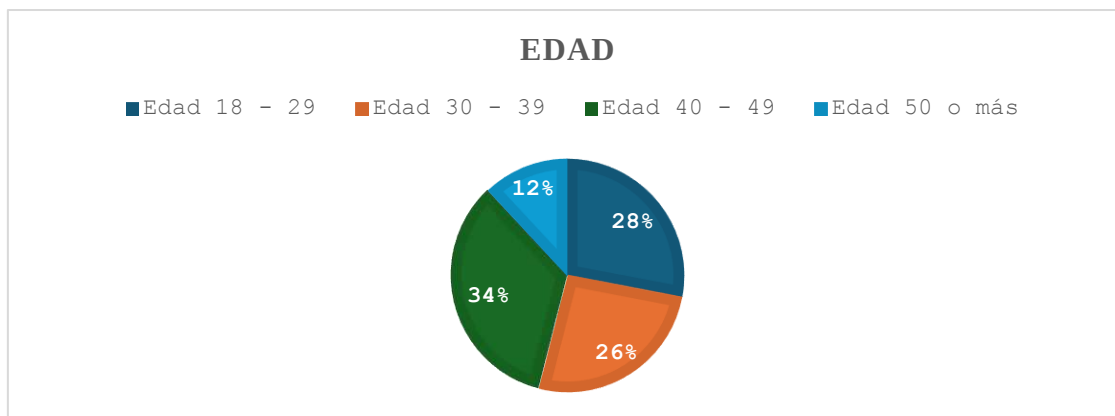


Figura 2. Representación de edad de los panelistas

Representa la distribución por edad, indicando que la mayor parte de los panelistas se ubicó en el rango de X-X años, seguido por otros grupos minoritarios, lo cual refleja una representación adecuada de consumidores adultos.

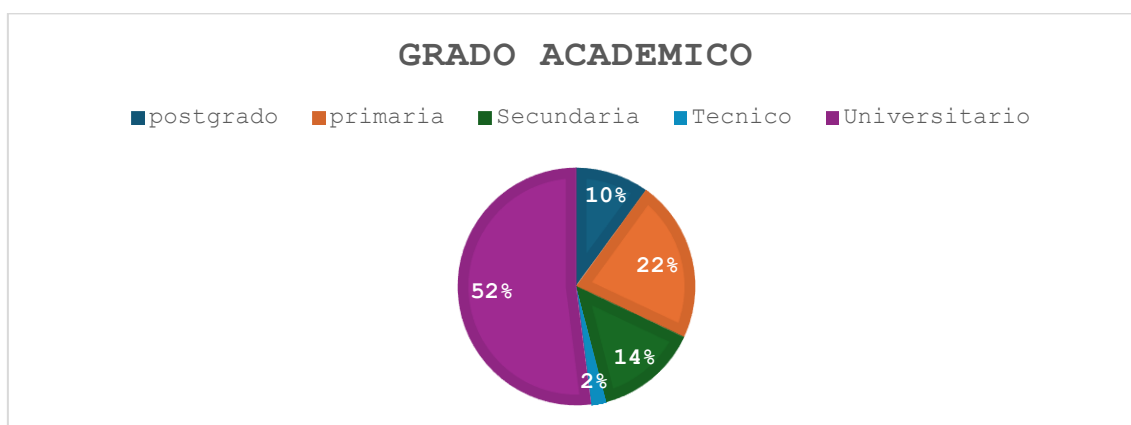


Figura 3. Nivel académico de los panelistas

Se observa el nivel educativo de los participantes, que abarcó desde educación secundaria hasta nivel universitario, lo cual evidencia diversidad en el perfil académico.

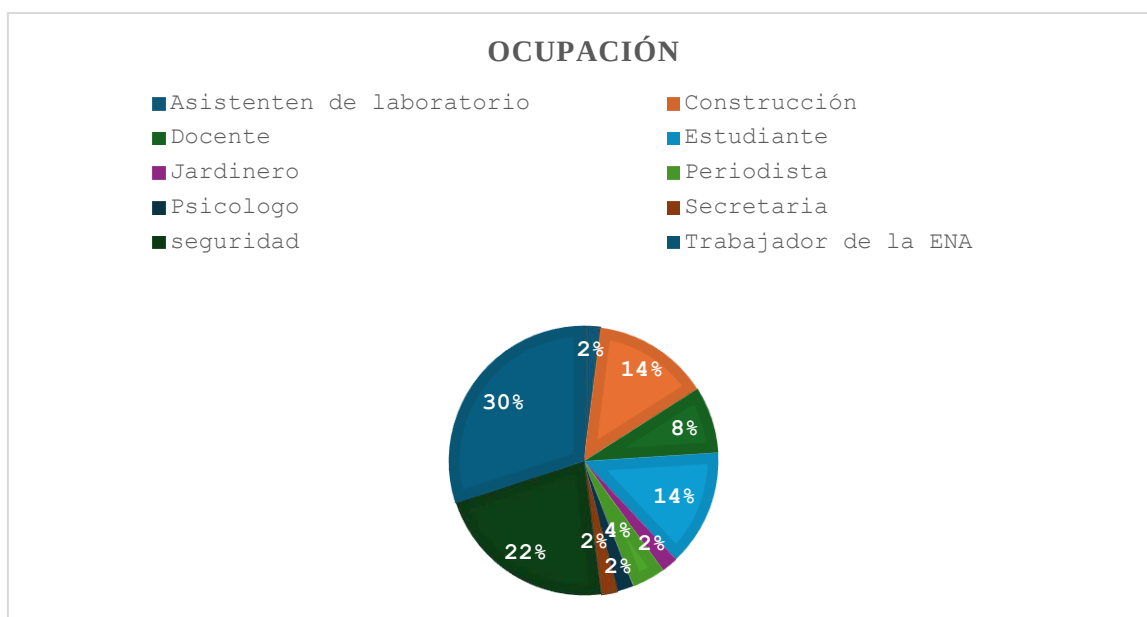


Figura 4. Ocupación de los panelistas

Muestra la ocupación, con presencia de estudiantes, trabajadores del sector público, privado, y personas dedicadas a oficios diversos.

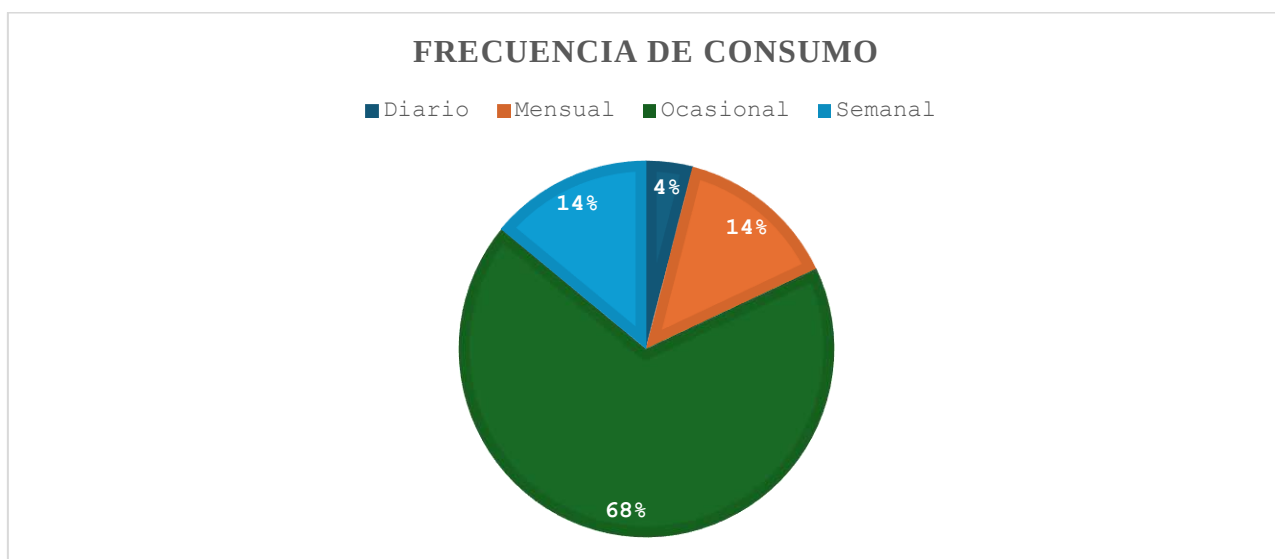


Figura 5. Frecuencia de consumo de los panelistas

La frecuencia de consumo se puede observar que una proporción importante de los panelistas consume té de manera regular, lo que favorece una apreciación más informada durante la evaluación.

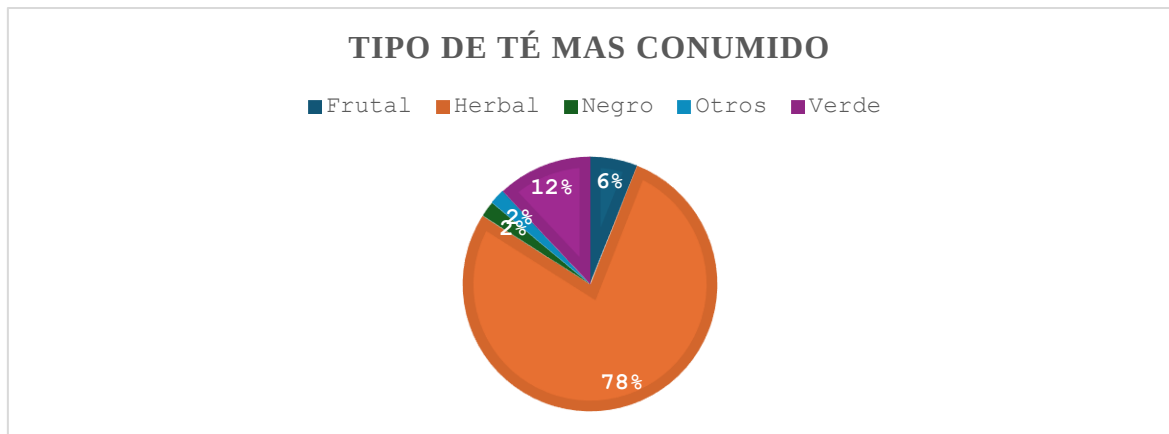


Figura 6. Porcentaje de té más consumido por los panelistas

Nos muestra el tipo de té preferido, (té herbal, negro, verde o frutas, según tus datos), destacando el té herbal como el más consumido.

Estos resultados indican que el panel estuvo conformado por consumidores familiarizados con bebidas infusionadas, con variabilidad suficiente en sus características demográficas para aportar una evaluación representativa.

5.6 Percepción del consumidor e intención de compra

En conjunto a la evaluación sensorial, se aplicó un cuestionario de percepción del consumidor enfocado en sostenibilidad, disposición de compra y preferencias de empaque. Esta información complementa la interpretación del comportamiento del consumidor.

5.6.1 Conocimiento de producción sostenible

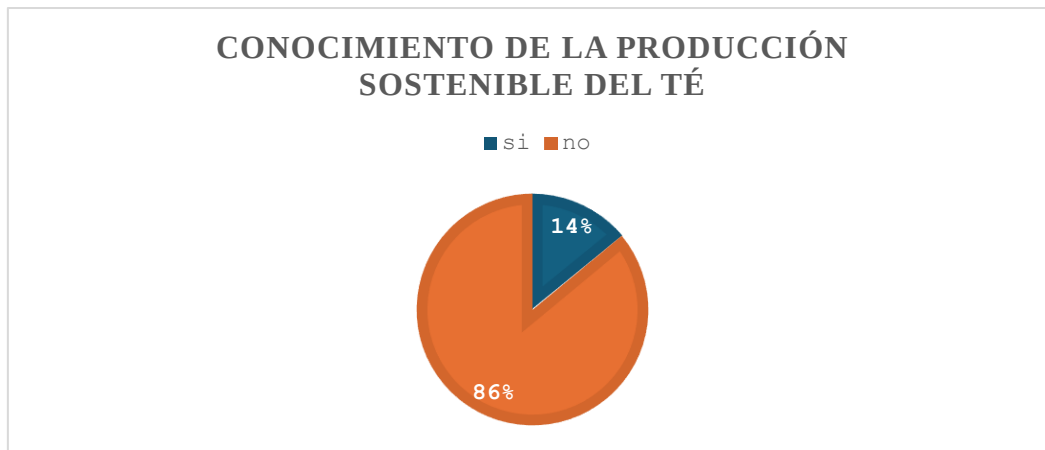


Figura 7. Conocimiento de la producción sostenible del té

La mayoría de los participantes desconocía que el producto podía elaborarse mediante procesos sostenibles, lo que indica la necesidad de fortalecer estrategias de comunicación sobre prácticas responsables.

5.6.2 Importancia atribuida a la sostenibilidad

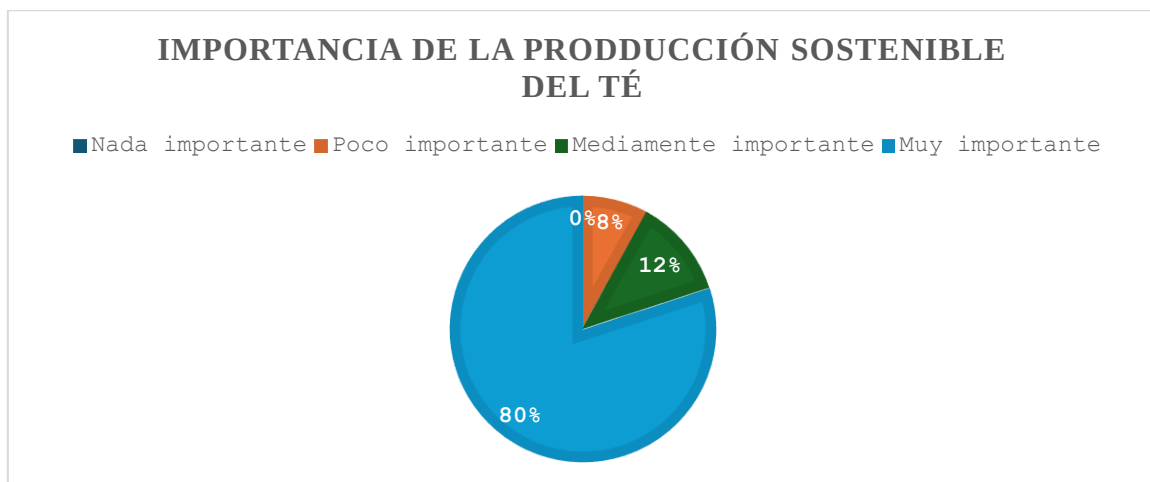


Figura 8. Importancia de la producción sostenible del té

Los consumidores clasificaron la sostenibilidad como muy importante, lo cual representa una oportunidad para posicionar el producto como alternativa responsable.

5.6.3 Disposición a pagar más por el producto



Figura 9. Disposición a pagar por té

Un 46 % de los encuestados estaría dispuesto a pagar más por una infusión elaborada de manera sostenible, lo que evidencia un mercado abierto a productos de valor agregado.

5.6.4 Rango de precio dispuesto a pagar

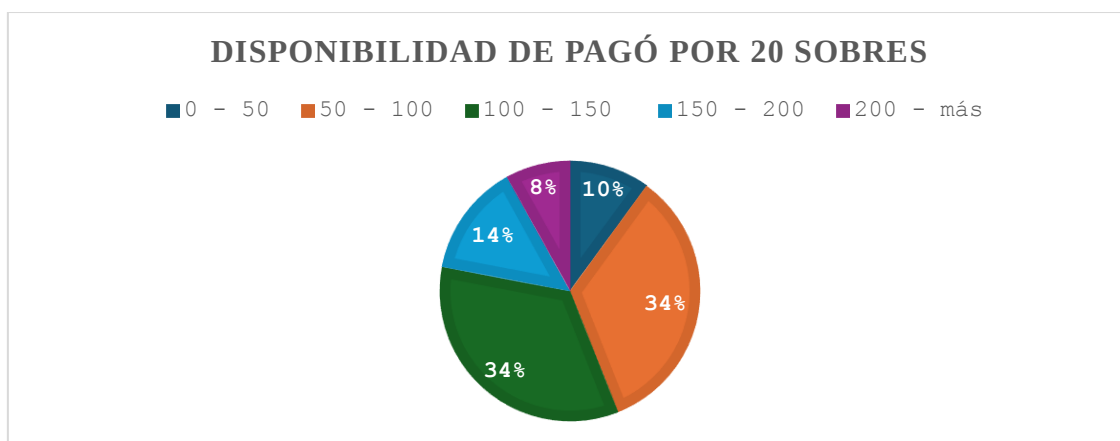


Figura 10. Disponibilidad de pagó por 20 sobres

Los rangos más aceptados fueron 50–100 L y 100–150 L por caja de 20 sobres, lo cual orienta el posible precio de comercialización.

5.6.5 Preferencia de envase

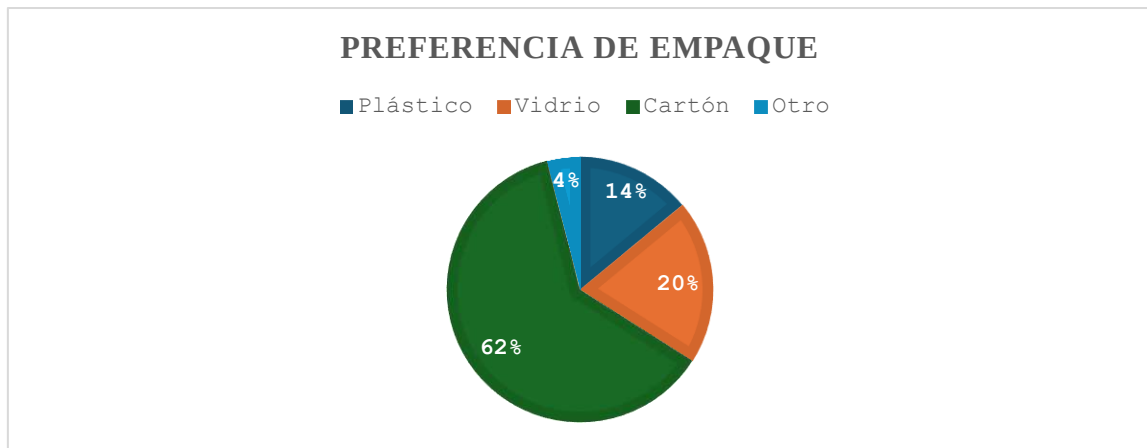


Figura 11. Preferencia de envase

El empaque más preferido fue cartón, seguido por vidrio, lo que coincide con tendencias hacia productos sostenibles.

5.6.6 Influencia del origen en la decisión de compra

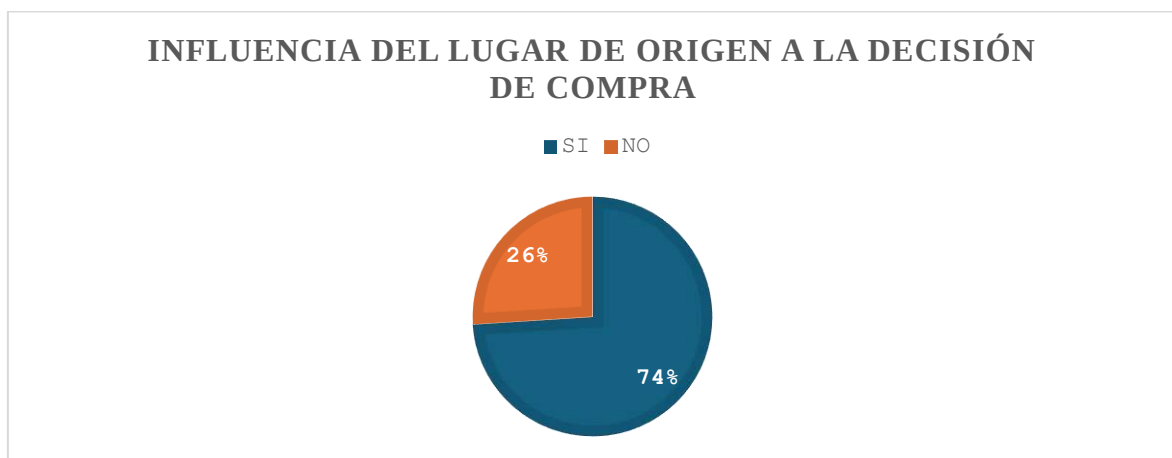


Figura 12. Influencia del lugar de origen a la decisión de compra

La mayoría afirmó que el lugar de origen sí influye en su compra, lo cual beneficia productos locales y artesanales como el desarrollado en esta investigación.

VI. CONCLUSIONES

Las infusiones elaboradas a partir de cascarilla de cacao, combinada con frutas, flores y especias locales, demostraron ser una alternativa viable para la valorización de subproductos agroindustriales, contribuyendo al aprovechamiento sostenible de residuos en concordancia con la ODS 12. Los análisis fisicoquímicos evidenciaron que las variables pH, acidez titulable, °Brix y temperatura no presentaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que confirma que la cascarilla de cacao proporciona una base estable y consistente para la formulación de infusiones, aun cuando se incorporan ingredientes funcionales adicionales.

El análisis colorimétrico reveló variaciones perceptibles asociadas principalmente a los pigmentos naturales de las frutas y flores utilizadas, especialmente en la mezcla con guayaba y flor de jamaica, lo cual demuestra que la adición de ingredientes secundarios influye directamente en la tonalidad y saturación del color de las infusiones.

En la evaluación sensorial, los tratamientos T1, T2 y T3 obtuvieron las puntuaciones más altas en la mayoría de los atributos hedónicos, destacándose T3 como la formulación con mayor índice de aceptabilidad (71.11%). Aunque no se observaron diferencias estadísticas significativas, los patrones de preferencia indican que las combinaciones con piña y canela generan una experiencia sensorial más equilibrada.

En conjunto, los resultados confirman que la cascarilla de cacao posee un alto potencial para el desarrollo de bebidas funcionales, sensorialmente aceptadas y compatibles con modelos de producción sostenible, lo que abre oportunidades para su aprovechamiento en la industria alimentaria y para la reducción del desperdicio agroindustrial.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda ajustar las proporciones de frutas, flores y especias en las formulaciones T4 y T5, con el fin de mejorar el equilibrio sensorial, especialmente en los atributos de sabor y posgusto. La incorporación gradual de ingredientes o el ajuste de tiempos de infusión podría optimizar la aceptación global.

Es necesario realizar análisis microbiológicos en futuras investigaciones para asegurar la inocuidad del producto final, especialmente si se proyecta su comercialización como infusión lista para consumo o en presentaciones en sobres.

Se sugiere ampliar la caracterización fisicoquímica mediante la evaluación de la capacidad antioxidante, contenido fenólico total y actividad bioactiva, con el fin de respaldar científicamente los posibles beneficios funcionales de las infusiones.

Para fortalecer el potencial comercial del producto, se aconseja realizar estudios de vida útil bajo diferentes condiciones de almacenamiento, análisis de estabilidad del color y pruebas de aceptación en consumidores de distintos segmentos poblacionales.

Finalmente, se propone evaluar nuevas combinaciones de ingredientes locales y explorar tecnologías de secado más eficientes, con el objetivo de mejorar la conservación de compuestos bioactivos y mantener la calidad sensorial del producto.

VIII. BIBLIOGRFÍA

- Ahmed Tazi, Iman Msegued Ayam, Noura Jaouad, & Faouzi Errachidi. (2024). Sensory and Phytochemical Evaluation of Infusions from Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) Compared with Four Teas Used in Morocco. *Tropical Journal of Natural Product Research*, 8(6). <https://doi.org/10.26538/tjnpr/v8i6.39>
- Ajila, C., Naidu, K., Bhat, S., & Rao, U. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*, 105(3), 982–988. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.052>
- Amadike Ugbogu, E., Emmanuel, O., Ebubechi Uche, M., Dike Dike, E., Chukwuebuka Okoro, B., Ibe, C., Chibueze Ude, V., Nwabu Ekweogu, C., & Chinyere Ugbogu, O. (2022). The ethnobotanical, phytochemistry and pharmacological activities of *Psidium guajava* L. *Arabian Journal of Chemistry*, 15(5), 103759. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.103759>
- Azad, R., Jayaprada, N. V. T., Ranaweera, S. A., Ranawaka, R. A. A. K., Jayasekara, L., Senanayake, G., Hirotoshi, T., & Geekiyanage, S. (2024). Diversity and morpho-chemo correlations of Cinnamon (*Cinnamomum verum* J. Presl) bark oil from Sri Lanka. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101500. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101500>
- Contreras, C., Martín-Esparza, M. E., Chiralt, A., & Martínez-Navarrete, N. (2008). Influence of microwave application on convective drying: Effects on drying kinetics, and optical and mechanical properties of apple and strawberry. *Journal of Food Engineering*, 88(1), 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.01.014>
- Da-Costa-Rocha, I., Bonnlaender, B., Sievers, H., Pischel, I., & Heinrich, M. (2014). *Hibiscus sabdariffa* L. – A phytochemical and pharmacological review. *Food Chemistry*, 165, 424–443. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.002>
- Duarte, L. G., Laurindo, L. F., Bishayee, A., Casarcia, N., Detregiachi, C. R. P., Otoboni, A. M. M., de Alvares Goulart, R., Catharin, V. M. C. S., Baldi, E., Catharin, V. C. S., Guiguer, E. L., Sanches Silva, A., Barbalho, S. M., & Bishayee, A. (2025). Mango (*Mangifera indica* L.) By-products in Food Processing and Health

- Promotion. *Nutrition Reviews*. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuae214>
- E., J., R., V., & T., J. Z. (2014). Quality of dry ginger (*Zingiber officinale*) by different drying methods. *Journal of Food Science and Technology*, 51(11), 3190–3198. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0823-8>
- Garza-Cadena, C., Ortega-Rivera, D. M., Machorro-García, G., Gonzalez-Zermeño, E. M., Homma-Dueñas, D., Plata-Gryl, M., & Castro-Muñoz, R. (2023). A comprehensive review on Ginger (*Zingiber officinale*) as a potential source of nutraceuticals for food formulations: Towards the polishing of gingerol and other present biomolecules. *Food Chemistry*, 413, 135629. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135629>
- Gil-Ramírez, A., Cañas, S., Cobeta, I. M., Rebollo-Hernanz, M., Rodríguez-Rodríguez, P., Benítez, V., Arribas, S. M., Martín-Cabrejas, M. A., & Aguilera, Y. (2024). Uncovering cocoa shell as a safe bioactive food ingredient: Nutritional and toxicological breakthroughs. *Future Foods*, 10, 100461. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100461>
- Herbert Stone, & Joel L. Sidel. (2004). *Sensory Evaluation Practices* (Vol. 1). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-672690-9.X5000-8>
- Jiang, L., Hassan, M. M., Ali, S., Li, H., Sheng, R., & Chen, Q. (2021). Evolving trends in SERS-based techniques for food quality and safety: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 225–240. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.006>
- Li, M., Guo, X., Chen, Y., Zhang, K., Bai, Q., Gao, Z., & Long, F. (2020). The degradation of forchlorfenuron in the model kiwifruit juice by ultrasonic treatment. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(5). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14424>
- Liu, N., Li, X., Zhao, P., Zhang, X., Qiao, O., Huang, L., Guo, L., & Gao, W. (2021). A review of chemical constituents and health-promoting effects of citrus peels. *Food Chemistry*, 365, 130585. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130585>
- Mohd Ali, M., Hashim, N., Abd Aziz, S., & Lasekan, O. (2020). Pineapple (*Ananas comosus*): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products. *Food Research International*, 137, 109675. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109675>
- Nascimento, M. B., Alencar, J. C. G., Paulino, B. N., Nascimento, J. C. N., Ferreira, T. R., Batista, A. S., Nascimento, M. M., Soares, S. E., & Mesquita, P. R. R. (2025).

- Functional and technological potential of by-products from the cocoa (*Theobroma cacao* L.) production chain. *Food Chemistry*, 493, 145718. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.145718>
- Nędzarek, A., Drost, A., Tórz, A., & Bogusławska-Wąs, E. (2017). The use of a micro- and ultrafiltration cascade system for the recovery of protein, fat, and purified marinating brine from brine used for herring marination. *Food and Bioprocess Processing*, 106, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.09.001>
- Nikolova, Y., Petit, J., Gianfrancesco, A., Sanders, C. F. W., Scher, J., & Gaiani, C. (2015). Impact of Spray-Drying Process Parameters on Dairy Powder Surface Composition and Properties. *Drying Technology*, 33(13), 1654–1661. <https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1060494>
- Ratti, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 49(4), 311–319. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)
- Rebollo-Hernanz, M., Cañas, S., Aguilera, Y., Benitez, V., Gila-Díaz, A., Rodriguez-Rodriguez, P., Cobeta, I. M., Lopez de Pablo, A. L., Gonzalez, M. C., Arribas, S. M., & Martin-Cabrejas, M. A. (2020). Validation of Cocoa Shell as a Novel Antioxidant Dietary Fiber Food Ingredient: Nutritional Value, Functional Properties, and Safety. *Current Developments in Nutrition*, 4, nzaa052_042. https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa052_042
- Shofian, N. M., Hamid, A. A., Osman, A., Saari, N., Anwar, F., Dek, M. S. P., & Hairuddin, M. R. (2011). Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(7), 4678–4692. <https://doi.org/10.3390/ijms12074678>
- Sotelo-Coronado, L. E., Oviedo-Argumedo, W., & Alvis-Bermúdez, A. (2025). Cacao in the Circular Economy: A Review on Innovations from Its By-Products. *Processes*, 13(7), 2098. <https://doi.org/10.3390/pr13072098>

IX. ANEXOS

Anexo 1 Formato de evaluación sensorial



EVALUACIÓN SENSORIAL DEL TÉ

Instrucciones:

- En esta parte recibirá diferentes muestras de té codificadas (sin marca).
- Pruebe las muestras en el orden indicado, empezando por la número 1.
- Entre muestra y muestra, enjuague su boca con agua para evitar que el sabor anterior afecte la siguiente evaluación.
- Use la escala que va del 1 al 9, donde 1 significa que le disgusta extremadamente y 9 significa que le gusta extremadamente.

Código - 472		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Atributos										
Apariencia/Color		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Claridad		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aroma inicial		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Intensidad del aroma		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sabor global		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Equilibrio amargor-dulzor		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Posgusto		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Sensación en boca (cuerpo, astringencia, suavidad)		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aceptación global		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Anexo 2. Recolección de materia prima



Anexo 3. Deshidratad, tamizado y molienda de la materia prima





