

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



FENOLES TOTALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, MICROELEMENTOS Y
EVALUACIÓN SENSORIAL EN INFUSIONES DE CASCARILLA DE CACAO
(*Theobroma cacao* L.) CON HOJAS DE ESPECIES AROMÁTICAS

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

CUYA CORDOVA, MAX JHON

Tingo María – Perú

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Carretera Central Km. 1.21. Teléfono (062) 561385
Apartado Postal 156 Tingo María E.mail; fiiia@unas.edu.pe

"Año de la Unidad, la Paz y el Desarrollo"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 003-2023

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 15 de marzo del 2023, a horas 5:00 p.m., en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bach. **MAX JHON CUYA CORDOVA**, titulada:

"FENOLES TOTALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, MICROELEMENTOS Y EVALUACIÓN SENSORIAL EN INFUSIONES DE CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) CON HOJAS DE ESPECIES AROMÁTICAS"

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **A.P.R.O.B.A.D.O.** con el calificativo de **M.V.Y. B.U.E.N.O.**; en consecuencia, el sustentante, queda apto para obtener el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias**, de conformidad con el artículo 45° numeral 45.2, de la Ley Universitaria 30220; los artículos 132 inciso "k" y 135 inciso "f" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 15 de marzo del 2023


Ing. Eduardo Alejandro Cáceres Almenara
Presidente


M.Sc. Raida Lourdes Matos Bustamante
Miembro


M.Sc. Victor Elvis Condori Rondan
Miembro


M.Sc. Gunter Daza Rengifo
Asesor


Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gomez
Asesora


Ing. Daryni Reátegui Diaz
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL
(RIDUNAS)

Correo: repositorio@unas.edu.pe



“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 124 - 2023 - CS-RIDUNAS

El Coordinador de la Oficina de Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El trabajo de investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Facultad:

Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de investigación	
-------	---	--------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
FENOLES TOTALES, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE, MICROELEMENTOS Y EVALUACIÓN SENSORIAL EN INFUSIONES DE CASCARILLA DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i> L.) CON HOJAS DE ESPECIES AROMÁTICAS	CUYA CORDOVA, MAX JHON	15% Quince

Tingo María, 22 de mayo de 2023


Mg. Ing. García Villegas, Christian
Coordinador del Repositorio Institucional Digital (RIDUNAS)

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
OFICINA DE INVESTIGACION**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

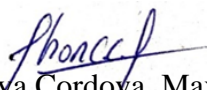
**REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCION DEL
TITULO UNIVERSITARIO, INVESTIGACIÓN DOCENTE
Y TESISISTA**

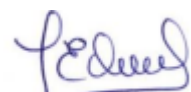
(Resolución N°113-2019-CU-R-UNAS)

I. Datos Generales de Pregrado


Universidad	: Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Título de tesis	: Fenoles totales, capacidad antioxidante, microelementos y evaluación sensorial en infusiones de cascarilla de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) con hojas de especies aromáticas
Autor	: Cuya Cordova, Max Jhon
Asesor de tesis	: M.Sc. Gunter Daza Rengifo Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gomez Ing. Darlym Reategui Diaz
Escuela Profesional	: Ingeniería en Industrias Alimentarias
Programa de investigación	: Ciencia y Tecnología de Alimentos
Línea(s) de investigación	: Ciencia y Tecnología de Alimentos
Eje temático de investigación	: Procesamiento y/o conservación de alimentos
Lugar de ejecución	: Tingo María, Huánuco
Duración	: Inicio : Octubre 2021 Término : Setiembre 2022
Financiamiento	: FEDU : S/0 Propio : S/ 3 671,8 Otros : S/0

Tingo María, Perú, abril 2023


Bach. Cuya Cordova, Max Jhon
Tesista


Dra. Ordoñez Gomez, Elizabeth Susana
Asesor


M.Sc. Daza Rengifo, Gunter
Asesor


Ing. Reategui Díaz, Darlym
Asesor

DEDICATORIA

A Dios:

Al proporcionarme la vida y la salud necesaria, brindar la sabiduría para enfrentar cualquier desafío que se presentara y darme la fuerza requerida durante mi educación y carrera profesional.

A mi padre y madre:

Ruben Cuya Mendoza y Saturnina Cordova Garcia, por la formación que recibí y agradecerles por sus consejos constantes que me ayudaron a alcanzar mi desarrollo en mi carrera profesional.

A mi hermana:

Sayda Daria Cuya Cordova y Estrella Espiritu Alejo por su afecto, cariño, apoyo y motivación.

AGRADECIMIENTOS

- A mis padres por su apoyo, esfuerzo, guía durante mi etapa de mi vida
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por darme la oportunidad de formarme como profesional.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, a los docentes por brindar sus conocimientos y consejos necesarios para mi desempeño profesional.
- A mis asesores, M.Sc. Daza Rengifo, Gunter, Dra. Ordoñez Gómez, Susana Elizabeth y Ing. Reátegui Díaz, Darlym, agradezco por el respaldo, tolerancia y dedicación que han demostrado durante mi proceso de desarrollo profesional.
- A los miembros del jurado, Ing. Eduardo Alejandro Cáceres Almenara, M.Sc. Raida Lourdes Matos Bustamante y M.Sc. Victor Elvis Condori Rondan agradezco por su apoyo, confianza, disposición y aporte durante la investigación desarrollada.
- A la Ing. Aurelia Isabel León Arévalo, Ing. Miguel Sánchez Rodríguez, Ing. José Trujillo Ccanahuire, Ing. Christopher Del Aguila Meléndez, técnico Yacha Melgarejo Celedonio y Ariza Jean Carlos agradezco el respaldo, conocimiento y amistad brindado durante la ejecución de mi tesis.
- A mis hermanas Sayda Cuya y Estrella Espiritu por su apoyo, motivación en mi estudio.
- A mis amigos Felicano, Jeydi, Karina, Noé, Noemi, Pierina, Rosa, Rosalinda, Rosmeri y Sergio por su amistad, apoyo y motivación durante mi etapa universitaria.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Aspectos generales de <i>Theobroma cacao</i> L. (cacao)	3
2.1.1. Generalidades y origen del cacao	3
2.1.2. Taxonomía	3
2.1.3. Cascarilla de cacao	3
2.2. Hierbas y plantas aromáticas	4
2.2.1. Generalidades de la hierba luisa	5
2.2.2. Generalidades de la canela	5
2.2.3. Generalidades del limón	6
2.2.4. Métodos de preparación de bebidas con hierbas aromáticas	6
2.2.5. Normativa de la infusión	7
2.3. Evaluación sensorial	8
2.3.1. Atributos sensoriales	8
2.4. Fenoles totales y capacidad antioxidante	9
2.4.1. Fenoles totales	9
2.4.2. Importancia de los fenoles	10
2.4.3. Clasificación de los fenoles	10
2.4.4. Antioxidantes	11
2.4.5. Importancia de los antioxidantes	11
2.4.6. Métodos para medir los antioxidantes	12
2.5. Minerales	13
2.5.1. Definición de minerales	13
2.5.2. Clasificación	13
2.5.3. Hierro	13
2.5.4. Zinc	14
2.5.5. Cobre	14
2.5.6. Manganeseo	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Lugar de ejecución	16
3.2. Materia prima	16

3.3.	Equipos materiales y reactivos	17
3.3.1.	Máquinas y equipos	17
3.3.2.	Reactivos e insumos	18
3.3.3.	Materiales de laboratorio	18
3.4.	Métodos de análisis	18
3.5.	Metodología experimental	18
3.5.1.	Deshidratado de hojas	18
3.5.2.	Preparación de las infusiones	19
3.6.	Determinación de la aceptabilidad sensorial en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón	20
3.7.	Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón	20
3.7.1.	Fenoles totales	20
3.7.2.	Capacidad antioxidante para inhibir radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH ⁰⁺)	21
3.7.3.	Capacidad antioxidante para inhibir radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS ⁰⁺)	22
3.8.	Determinación de microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn) en muestras e infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas	23
3.9.	Evaluación sensorial de atributos en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
4.1.	Determinación de la aceptabilidad sensorial en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón	25
4.2.	Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante en muestras e infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón	27
4.2.1.	Cuantificación de fenoles totales	27
4.2.2.	Capacidad de inhibir el radical libre 1,1 diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)	33
4.2.3.	Capacidad de inhibir el radical libre 2,2-azinobis-3-etilbenzothiazolino-6-ácido sulfónico (ABTS ⁺)	38

4.3. Determinación de microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn) en muestras e infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón	42
4.4. Determinación de la evaluación sensorial de atributos en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón	48
4.4.1. Evaluación del atributo aroma	48
4.4.2. Evaluación del atributo sabor	50
V. CONCLUSIONES	57
VI. PROPUESTAS A FUTURO	58
VII. REFERENCIAS	59
ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición química de la cascarilla de cacao en peso seco (g/100 g)	4
2. Formulación y tratamientos de las infusiones	19
3. Longitud de onda y curva de calibración de los microelementos	23
4. Resultado de la aceptabilidad sensorial en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas	26
5. Resultado de fenoles totales en la muestra e infusión en cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas	28
6. Resultados de la capacidad antioxidante (DPPH ⁰⁺) en muestras e infusiones en cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas	35
7. Resultados de la capacidad antioxidante (ABTS ⁰⁺) en muestra e infusión en cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas	39
8. Resultados del contenido de microelementos en muestra e infusión en cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas	45
9. Resultado de la evaluación sensorial del atributo aroma en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas	49
10. Resultado de la evaluación sensorial del atributo sabor en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas	51
11. Análisis de la matriz de correlación/Coeficientes de Pearson en el aroma y sabor de infusiones de cascarilla de cacao aromatizadas	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Cascarilla de cacao y hoja de canela	16
2. Hojas de hierba luisa y limón	17
3. Comportamiento de la aceptación sensorial de los 15 tratamientos	27
4. Representación de fenoles totales en la muestra	29
5. Representación de fenoles totales en la infusión	32
6. Representación de la capacidad antioxidante (DPPH ⁰⁺) en la muestra	36
7. Representación de la capacidad antioxidante (DPPH ⁰⁺) en las infusiones	37
8. Representación de la capacidad antioxidante (ABTS ⁰⁺) en la muestra	40
9. Representación de la capacidad antioxidante (ABTS ⁰⁺) en las infusiones	41
10. Representación del contenido de microelementos (Fe, Cu, Zn y Mn) en la muestra ...	45
11. Análisis de componentes principales de los atributos sensoriales de la infusión	54
12. Dendograma del tratamiento patrón y las mezclas considerando los atributos sensoriales	56

RESUMEN

La cascarilla de cacao es un subproducto en la industria alimentaria que presenta componentes bioactivos, pero en infusiones no es agradable, por lo que se planteó mejorar estas características sensoriales con la adición de hojas de especies aromáticas y además aportar fenoles totales, capacidad antioxidante y microelementos. Para las infusiones se tomó 1 g de muestra añadiendo 100 mL de agua hervida, dejando reposar durante cinco minutos se filtró; para los extractos se utilizó una solución de metanol: agua y en los minerales se usó ácido nítrico-perclórico. En la evaluación sensorial de aceptabilidad las infusiones de cascarilla de cacao con hierba luisa (IT2), cascarilla de cacao con canela (IT3) y cascarilla de cacao con hojas de hierba luisa, canela y limón (IT4) tuvieron mayor aceptación. En fenoles totales y capacidad antioxidante frente al radical DPPH la muestra de cascarilla de cacao con hierba luisa (MT2) presentó mayor contenido y en la infusión fue IT3; en ABTS lo presentó las muestras MT2 y MT1 (cascarilla de cacao solo), mientras en infusión fue IT3 y IT1; el mayor contenido de Fe y Cu lo presentó MT1 y IT1, mientras en Zn y Mn varían. En la evaluación sensorial de atributo aroma floral, cítrico y herbal tuvo un calificativo “intenso” en la infusión IT2, a diferencia del sabor persistente fue “intenso” en IT3; por último, en componentes principales la infusión IT2 resaltó en los atributos de aroma y sabor.

Palabras claves: Análisis organoléptico, polifenoles, antioxidantes, oligoelementos, *Theobroma cacao*.

ABSTRACT

Cacao hulls are a sub-product in the food industry which present bioactive components, but in infusions they are not desirable, thus, it was proposed to improve these sensory characteristics with the addition of leaves from aromatic species, and moreover to contribute [to the] total phenols, antioxidant capacity, and microelements. For the infusions, 1 g of sample was added to 100 mL of boiled water, letting it rest for five minutes, [it was then] filtered; for the extracts, a methanol to water solution was used, and for the minerals nitric-perchloric acid was used. For the sensory evaluation, the acceptability of the cacao hull infusions with lemon grass (IT2), cacao hull with cinnamon (IT3), and cacao hull with leaves of lemon grass, cinnamon, and lime (IT4) had the best acceptance. For the total phenols and the antioxidant capacity against the DPPH radical, the sample of cacao hull with lemon grass (MT2) presented the greatest content, and for the infusion it was IT3; for the ABTS, it was the MT2 and MT1 samples (just cacao hulls), while for the infusion it was IT3 and IT1. The greatest Fe and Cu contents were presented with MT1 and IT1, while for the Zn and Mn, it varied. The sensory evaluation for the floral, citric, and herbal aroma attribute was classified as “intense” for the IT2 infusion, in comparison to the persistent flavor, which was “intense” for IT3. Finally, for the principal components, the IT2 infusion stood out in the attributes of aroma and flavor.

Keywords: Organoleptic analysis, polyphenols, antioxidants, trace elements, Theobroma cacao

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo las infusiones son la segunda bebida más consumida después del agua, desde la antigüedad estas bebidas tienen una preferencia porque son agradables y muy populares entre los consumidores generando su valor económico (Malongane et al., 2017). Las infusiones de hierbas contienen compuestos bioactivos como vitaminas, minerales, flavonoides, b-caroteno, esteroides y otros compuestos fenólicos (Chandrasekara y Shahidi, 2018); estos mismos compuestos bioactivos presentes en las infusiones de hierbas tienen una amplia gama de efectos biológicos como antibacterianas, antioxidantes, antiinflamatorias, antialérgicas, antitrombóticas y vasodilatadoras (Etheridge y Derbyshire, 2020).

El cacao es el segundo cultivo más importante en la provincia de Leoncio Prado, siendo el principal productor de la región de Huánuco, aportando 13 000 toneladas de granos de cacao a nivel nacional (Florida Rofner et al., 2022). En la industrialización de cacao durante el proceso de tostado, se obtiene la cascarilla que corresponde 12 % del peso de la semilla, esta cascarilla se convierte en un subproducto no industrializable en la línea de cacao, siendo utilizado solo como producto de alimentación animal (Burgos et al., 2020). Sin embargo, la cascarilla de cacao genera un problema en el manejo de estos, ya que no se utilizan para el consumo humano ni genera un ingreso económico significativo para las industrias (El Salous y Pascual, 2018).

En la actualidad la cascarilla de cacao puede ser utilizada en la industria alimentaria lo que permite dar un valor agregado a este subproducto (Pérez et al., 2018); por ejemplo, en la preparación de bebidas e infusiones la misma que no tiene buenas características sensoriales (Teneda et al., 2019; Cantele et al., 2020). En la región se cuenta con el cultivo de la hierba luisa, canela y limón que son reconocidas como plantas aromáticas, además, contienen compuestos bioactivos con aplicaciones industriales, pero también tienen uso en la medicina tradicional para el tratamiento de diversas dolencias (Larrazabal et al., 2018). La hierba luisa contiene flavonoides y compuestos fenólicos (Falah et al., 2015), con propiedades antifúngicas y antioxidantes (Silva et al., 2013); las especies del género Citrus son ricas en aceites esenciales y se utilizan como aromatizante en bebidas, jabones, cosméticos y productos para el hogar (Lemes et al., 2018).

Razón por la cual, se busca elaborar una mezcla entre cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas como hierba luisa, canela y limón que permitan en la infusión tener una buena aceptabilidad y a la vez ser una bebida funcional; y se planteó como objetivos:

Objetivo general

- Evaluar el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante, microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn) y evaluación sensorial en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas, *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf (hierba luisa), *Cinnamomum cassia* (canela) y *Citrus aurantifolia* (limón).

Objetivos específicos

- Determinar la aceptabilidad sensorial y los atributos de aroma y sabor en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas.
- Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante en muestras e infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas.
- Determinación de microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn) en muestras e infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales de *Theobroma cacao* L. (cacao)

2.1.1. Generalidades y origen del cacao

El árbol del cacao es una especie endémica de América del Sur cuyo origen se ubica al este de los andes, en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, afluentes del Amazonas (García-Carrión, 2008). La producción del cacao en la selva peruana se encuentran las regiones de Amazonas, Ayacucho, Cusco, Huánuco, Junín, Pasco, San Martín y Ucayali. Existen tres variedades de cacao, el criollo se caracteriza por ser árboles poco vigorosos, de lento crecimiento y susceptibles a enfermedades e insectos; el cacao forastero se caracteriza por ser resistente y poco aromático, principalmente usado para poder mezclar y dar cuerpo al chocolate y la variedad trinitario es un híbrido entre cacao criollo y forastero siendo más aromático que el Forastero y más resistente que el Criollo (Dos Anjos Lopes et al., 2021).

2.1.2. Taxonomía

Vidal (2013) indica que la taxonomía del cacao es:

Reino: Plantae
División: Fanerógamas
Clase: Angiospermas
Subclase: Dicotiledónea
Orden: Málvales
Familia: Sterculiáceae
Género: *Theobroma*
Especie: *Theobroma cacao* L.

2.1.3. Cascarilla de cacao

La cascarilla de cacao es la parte que cubre la semilla de cacao y además este material representa entre el 7 % y el 15 % del grano de cacao (Núñez-Sellés et al., 2021), es uno de los principales subproductos del cacao; a diferencia de otros como la vaina y el mucílago, la cascarilla de cacao generalmente se descarta en un paso posterior del proceso de fabricación del chocolate, llegando a producir anualmente más de 700 000 toneladas de desechos en todo el mundo (Rojo-Poveda et al., 2019). La cascarilla tiene propiedades fisicoquímicas adecuadas para la generación de productos derivados, por lo que

pueden ser aprovechadas en la industria de la alimentación, así como en la gastronomía y nutrición (Ocampo et al., 2021); ha sido un ingrediente para la creación de bebidas, infusiones y refrescos por su aporte nutricional. Las cascarillas de cacao contienen varios macronutrientes y micronutrientes esenciales para la salud y contienen altos niveles de fibra soluble e insoluble, proteínas, minerales y compuestos fenólicos con actividad antioxidante (Nsor-Atindana et al., 2012), además presenta varios componentes (Tabla 1) (Soares y Oliveira, 2022).

Tabla 1. Composición química de la cascarilla de cacao en peso seco (g/100 g)

Componentes	cascarilla de cacao
Carbohidratos	17,80 – 23,17
Celulosa	15,1
Hemicelulosa	-
Lignina	32,41
Pectina	0,57 – 1,50
Fibra dietética total	18,60 – 60,60
Proteínas totales	15,79 – 18,10
Lípidos	2,02 – 6,87
Ceniza	5,96 – 11,42
Minerales (mg/100 g)	56,75 – 312,57
Ácidos orgánicos totales	-
Fenoles totales *	1,32 – 5,78
Antocianinas **	0,4
Teobromina	1,3
Cafeína	0,1
Taninos	3,30 – 4,46
Flavonoides **	1,5

Fuente: Soares y Oliveira (2022). * (g equivalente de ácido gálico/100 g); ** (µg de quercetina/100 g)

2.2. Hierbas y plantas aromáticas

Las hierbas aromáticas también conocidas como especias que se utilizan por sus propiedades conservantes y medicinales, además de mejorar el aroma y sabor de los alimentos; se identifican por ser antiinflamatorias siendo los más comunes el tomillo, orégano, romero, salvia, albahaca, menta, cúrcuma, eneldo, perejil, canela, clavo, nuez

moscada, hierba luisa, jengibre, pimienta de Jamaica y pimienta (Vázquez-Fresno et al., 2019). Muchas de estas hierbas se cultivan por el aporte de sus metabolitos secundarios, propiedades medicinales y compuestos aromáticos que se utilizan para la producción de productos químicos, perfumería, saborizantes y aromatizantes (Lubbe y Verpoorte, 2011). Estas hojas aromáticas son buena fuente de antioxidantes naturales como eugenol, timol, carvacrol que es propio de los aceites esenciales y están relacionadas con los beneficios para la salud, porque ayudan a retrasar muchas enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, como las enfermedades cardiovasculares, cáncer, diabetes y Alzheimer (Christaki et al., 2012).

2.2.1. Generalidades de la hierba luisa

La taxonomía de *Cymbopogon citratus* (hierba luisa) pertenece a la familia Poaceae; es una hierba perenne de 0,5 a 2 m de altura, sus hojas son arrosetadas en la base de la planta, lineales, estrechas; se cultiva en regiones tropicales como planta medicinal y como especie (Shah et al., 2011). La hierba luisa tiene un sabor a cítricos, este sabor permite su uso en las cocinas de los países tropicales, siendo sus hojas un ingrediente común en la cocina asiática en té, sopas y curry; esta hierba es muy consumida como una bebida herbal aromática y de sabor agradable; los compuestos aromáticos que se encuentran presentes en su mayoría son los aldehídos principalmente el citral, siendo este responsable de las propiedades aromáticas y antimicrobianas; además, se encuentran los terpenos y terpenoides (geraniol y citranelol) siendo estos compuestos volátiles; también tienen compuestos bioactivos como flavonoides, fenoles, saponinas y taninos (Muala et al., 2021). Es una hierba que industrialmente sirve como aditivos, saborizantes, insecticidas y conservantes en té, alimentos horneados y cocinas; es una de las hierbas medicinales con actividades farmacológicas ya que posee actividades antifúngicas, antibacterianas, antiinflamatorias, anticancerígenas, antioxidantes y antirreumáticas; pero también se sabe que restringe la composición plaquetaria, infecciones gastrointestinales, ansiedad, malaria y neumonía (Oladeji et al., 2019).

2.2.2. Generalidades de la canela

Las hojas de *Cinnamomum cassia* (canela) pertenece a la familia Lauraceae. La canela es un pequeño árbol de hoja perenne, de 10 a 15 metros de altura, es nativo de Sri Lanka, sur de la India y otras zonas del mundo (Ford et al., 2019). La canela es una de las especias más antiguas y populares utilizadas a lo largo de la historia, que a partir de

la hoja se extrae el aceite esencial siendo muy importante para productos de valor agregado de la canela, además es utilizado en la industria alimentaria y también en la industria de sabores y fragancias siendo más barato que el aceite de corteza (Cardoso-Ugarte et al., 2016). Los compuestos del aceite esencial que tiene la hoja de canela se caracterizan por su alto contenido en cinamaldehído y eugenol (Perdones et al., 2014), siendo estos los que aportan en la canela un aroma dulce, cálido, amaderado y clavo, además un sabor a cálido, especiado y aromático (Charles, 2012). Las distintas especies de canela son importantes debido a que son populares y utilizadas en todo el mundo, no solo para cocinar, sino también en la medicina tradicional y moderna; las cortezas y las hojas se usan comúnmente para tratar diversos trastornos porque ejercen propiedades antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes, antidiabéticas, antiinflamatorias, nematocidas, efectos insecticidas y anticancerígenos (Vasconcelos et al., 2018).

2.2.3. Generalidades del limón

El *Citrus aurantifolia* (hoja de limón) pertenece a la familia Rutaceae. Es un árbol perenne, floreciente, perennifolio de 3 a 5 m de altura, con un tallo inusualmente delgado, ramificado y con espinas afiladas (Narang y Jiraungkoorskul, 2016); esta planta medicinal es originaria del sudeste asiático, mientras hoy en día se cultiva principalmente en el sudeste asiático, México, América Latina y el Caribe (Al-Aamri et al., 2018). El limón es muy popular debido a sus cualidades nutricionales, sabor distintivo y beneficios para la salud, siendo una fuente importante de compuestos bioactivos que incluyen pectinas, compuestos fenólicos, ácido ascórbico y además con tres tipos de flavonoides como las flavanonas, flavonas y flavonoles; donde los principales compuestos aromáticos presentes en las hojas del limón son el limoneno, neral y geranial (Tavallali et al., 2021). Las hojas de limón tienen usos tradicionales y propiedades fitoquímicas como actividades antibacteriana, antidiabética, antifúngica, antihipertensiva, antiinflamatoria, antioxidante, antiparasitaria y antiplaquetaria; se utiliza para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, hepáticas, osteoporosis, urolitiasis y actúa como promotor de la fertilidad; además, se puede utilizar para la actividad insecticida (Narang y Jiraungkoorskul, 2016).

2.2.4. Métodos de preparación de bebidas con hierbas aromáticas

Infusión: Es el producto líquido que se obtiene por la acción del agua, a temperatura de ebullición sobre una especie vegetal, con el objetivo de extraer las sustancias solubles de la misma (BOE, 2013). Es una bebida que se obtiene a partir de las diferentes

partes aéreas (hojas, flores y frutos) de diversas hierbas o plantas aromáticas; para la obtención de esta infusión, el agua se llega hervir normalmente y se vierte sobre la hierba o filtrante dejando reposar durante un período de tiempo, siendo el procedimiento ideal para obtener bebidas de las partes delicadas de las plantas donde se extraen una gran cantidad de sustancias activas, con muy poca alteración de su estructura química, y por lo tanto se conservan al máximo las propiedades (Muñoz-Velázquez et al., 2012).

Decocción: Llamado también cocimiento, preparados en los cuales se somete a la planta a hervir en agua por tiempos determinados; la decocción es a base de partes duras de las plantas (raíces, cortezas, semillas), que precisan de una ebullición mantenida para liberar sus principios activos. Se prepara vertiendo la cantidad adecuada de la parte de la planta en un recipiente con agua hasta ebullición, y se deja hervir durante un tiempo, después se apaga el fuego y se deja en maceración, el líquido resultante se cuele y se consume rápidamente, preferiblemente caliente (Coz-Bolaños et al., 2018).

Macerado: En este método, las hierbas medicinales enteras o en polvo se introducen en un recipiente tapado con un solvente y se deja a temperatura ambiente durante al menos tres días con agitación frecuente hasta que la materia soluble se haya disuelto, el proceso pretende ablandar y romper las paredes celulares de la planta para liberar fitoquímicos y compuestos bioactivos solubles, luego se procede a filtrar la mezcla (Azwanida, 2015).

Percolación: En este método se utiliza un equipo único llamado percolador, este es otro método que comparte el mismo principio fundamental, las partes de las plantas secas en polvo se envasan en el percolador y se maceran durante dos horas con agua hirviendo; el proceso de percolación se realiza a una velocidad moderada hasta que se completa la extracción antes que se produzca la evaporación para obtener un extracto concentrado (Azwanida, 2015).

2.2.5. Normativa de la infusión

Las infusiones son soluciones diluidas de los compuestos activos que son solubles del material vegetal; y las especies vegetales o sus partes son utilizadas para las infusiones que, por su aroma y sabor, características de la especie a la que pertenecen, se utilizan en la alimentación por su efecto fisiológico y sensorial (BOE, 2013); para la elaboración de distintos productos solo se utilizarán especies vegetales o sus extractos solubles, y el contenido de tallos extraños, materias inertes u otras impurezas el límite permisible es 8 %. El documento técnico sobre el agua, es esencial para que nuestro

organismo funcione correctamente, y por eso que la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria recomienda consumir 2-2,5 litros de agua al día, esta puede provenir de agua pura, infusiones o jugos de frutas sin azúcar (Lázaro Serrano y Domínguez Curi, 2019). Los límites máximos permisibles de la calidad organoléptica en el agua, el olor sea “aceptable”, sabor “aceptable”, mientras en el contenido de minerales como el hierro es 0,3 mg/L, cobre 2 mg/L y zinc 3 mg/L (Salud, 2011).

2.3. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es un método científico que es utilizado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas de las características organolépticas de los alimentos, tal como se perciben a través de los sentidos como la vista, olfato, tacto, gusto y el oído (Fuentes et al., 2018). El sabor y el aroma son uno de los principales atributos de los perfiles sensoriales. Son un factor clave en la obtención de productos y subproductos que cumplan con las exigencias de las demandas de alta calidad de los consumidores (Mestanza et al., 2021). La aceptabilidad de los alimentos y bebidas en términos sensoriales está influenciada por las propiedades intrínsecas que posee, como la apariencia, aroma, sabor, textura del alimento (Murray y Baxter, 2003).

2.3.1. Atributos sensoriales

Aroma: El sabor de los alimentos se compone de aroma, gusto y sensación, siendo el aroma el más importante, debido a que tiene un gran impacto en el perfil de sabor de alimentos (Song y Liu, 2018). El término olor es la cualidad de la sensación percibida de ciertos compuestos volátiles, a través del órgano olfativo situado en la cavidad nasal; las concentraciones de compuestos volátiles en los alimentos que contribuyen al aroma pueden ser muy bajas o altas (Mottram y Elmore, 2003); el aroma de los alimentos está asociado a un gran número de compuestos volátiles, además son diferentes los compuestos volátiles en los diferentes tipos de alimentos y bebidas (Ibáñez, 2001). De los compuestos aromáticos, aquellos con el sabor único en los alimentos, son llamados compuestos de carácter-impacto (Regueiro et al., 2017), donde los alimentos se clasifican en cuatro grupos: en el primer grupo el aroma está determinado de forma decisiva por un solo compuesto de impacto característico, la presencia de otros componentes tiene poca importancia y sólo es un complemento del aroma característico del alimento; en el segundo grupo el aroma característico se debe a una mezcla de pocos compuestos, uno de los cuales puede desempeñar un papel importante; en el tercer grupo el aroma sólo puede simularse o reproducirse con un

número suficiente grande de compuestos, es poco probable que haya un compuesto de impacto en el carácter, y en el último grupo el aroma del alimento no puede reproducirse satisfactoriamente ni siquiera incluido un gran número de compuestos aromáticos.

Sabor: El sabor o gusto se refiere a la combinación de estímulos gustativos y olfativos, lo que lleva a descriptores como afrutado, floral, carnoso, herbal, entre otros más que se encuentran presente en los alimentos (Spence, 2015). El sabor es la principal sensación que experimentamos al comer, que desempeña una función importante para el organismo al probar y evaluar la calidad de los alimentos ingeridos, facilitando la aceptación o el rechazo de los alimentos; el sabor se compone de varias modalidades sensoriales, como la gustativa, retroolfatoria y sensación trigeminal (Canon et al., 2018); siendo este un proceso muy complejo que comienza a nivel de los receptores sensoriales y termina en el sistema nervioso central, donde se combina con la información proveniente de otros sentidos (Valentová y Panovská, 2003). El sabor de los alimentos está influenciada por los compuestos de aroma y sabor, dentro de los cuales incluyen como: Los cambios químicos entre estos compuestos, cambios en las concentraciones de compuestos responsables del sabor percibido, interacciones entre compuestos químicos que mejoran o disminuyen ciertas sensaciones gustativas y la complejidad de diferentes matrices alimentarias y su efecto sobre el sentido del gusto (Regueiro et al., 2017). Los compuestos fenólicos son los que intervienen en las características organolépticas en los alimentos, afectando en gran medida en el color y en el sabor natural (Martínez-valverde et al., 2000).

2.4. Fenoles totales y capacidad antioxidante

2.4.1. Fenoles totales

Según Delgado et al. (2019), los compuestos fenólicos, fenoles o polifenoles son denominaciones de un tipo de metabolitos secundarios de las plantas, que tienen la presencia de al menos un anillo aromático con grupos hidroxilo. Se encuentran comúnmente en partes de plantas y pueden actuar como fitoalexinas, atrayentes para polinizadores, contribuyentes a la pigmentación de las plantas, antioxidantes y agentes protectores contra la luz ultravioleta; además, los compuestos fenólicos pueden contribuir al amargor, astringencia, color, sabor, olor y la estabilidad oxidativa de los alimentos (Shahidi et al., 2019).

2.4.2. Importancia de los fenoles

Kumar y Goel (2019) menciona que la infusión es una de las bebidas más rico en compuestos fenólicos; el enfoque actual es hacia los antioxidantes naturales, especialmente los fenoles provenientes de los vegetales; es de interés investigar las propiedades antioxidantes de las infusiones de hierbas, especialmente las que se usan tradicionalmente en la medicina popular.

2.4.3. Clasificación de los fenoles

Dependiendo de la cantidad de anillos aromáticos y del resto estructural adherido a ellos, los polifenoles se pueden dividir en diferentes categorías; los principales compuestos fenólicos de las plantas incluyen ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, stillbenos, cumarinas, lignanos y ligninas (Singh et al., 2020).

Flavonoide: El mayor grupo de polifenoles son los flavonoides, que forman el 60 % del total de compuestos fenólicos de los alimentos y se estima que hay 4000 flavonoides más importantes, que son las isoflavonas, flavonol, flavonas, flavononas, flavononol, flavan-3-oles y antocianidinas; los flavonoides son más comúnmente conocidos por sus efectos antioxidantes, sin embargo, ahora se sabe que tiene grandes beneficios para la salud que brindan contra el cáncer y las enfermedades del corazón; aparte de diversas frutas y vegetales, los flavonoides se encuentran en semillas, frutos secos, granos, especias y diversas plantas medicinales, así como en bebidas como el vino y té (Shahidi et al., 2019).

Ácidos fenólicos: Los ácidos fenólicos generalmente describen los compuestos fenólicos con un grupo ácido carboxílico, que se dividen principalmente en dos subgrupos, siendo los ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinámicos; se encuentran en la variedad de alimentos de origen vegetal, semillas, frutas y las hojas de las verduras que son los contienen más altas concentraciones; estos mismos ácidos fenólicos influyen en la función de los receptores de glucosa e insulina (Kumar y Goel, 2019).

Taninos: Los taninos se definen como proantocianidinas que pueden condensarse o hidrolizarse según su estructura química; están ampliamente presentes en muchas especies de plantas, que desempeñan un papel protector contra la depredación, incluso como pesticidas y ayudan a regular el crecimiento de las plantas (Gulcin, 2020). Los taninos condensados son oligómeros y polímeros de flavonoides, especialmente flavan-3-oles, que se encuentran principalmente en las frutas, bayas, cacao, vinos, cerveza y té; mientras los taninos hidrolizables son ácido gálico glicosilado, que se encuentran presentes en las bayas,

legumbres y las verduras que son las principales fuentes de taninos hidrolizables (Shahidi y Ambigaipalan, 2015).

Cumarinas: Las cumarinas representan una familia importante de compuestos de benzopirona naturales, que consisten en un anillo de benceno unido a un anillo de pirona; las cumarinas se dividen en seis grupos básicos como las cumarinas simples, piranocumarinas, furanocumarinas, benzocumarinas, bisumarinas y cumestanolas; se consideran metabolitos secundarios que protegen a las plantas de infecciones, que juega un rol muy importante en la bioquímica y fisiología de las plantas; actúan como antioxidantes, inhibidores de enzimas y precursores de sustancias tóxicas; se encontró en muchas otras plantas como el trébol de olor, aspérula, hierba de bisonte, hierba de vainilla, canela, así como la fresa, grosella negra, albaricoque y la cereza (Lončar et al., 2020).

2.4.4. Antioxidantes

Los compuestos fenólicos son productos del metabolismo secundario de las plantas y son buenas fuentes de antioxidantes naturales, siendo importante en la industria alimentaria no solo por su utilidad como método de conservación sino también por sus efectos beneficiosos para la salud humana (Miron, 2010); los ensayos de antioxidantes se enmarcan en la capacidad antioxidante que es el número total de electrones donados o moléculas diana transformadas por mol de antioxidante en una reacción completa bajo ciertas condiciones, esto suele ser el número aproximado grupos -OH fenólicos, o dos electrones por grupo -OH, aunque no siempre; desafortunadamente, el requisito de una reacción completa ignora la velocidad de reacción y crea una especie de situación de "tortuga y liebre" en la que los antioxidantes de reacción lenta con muchos grupos fenólicos obtienen las clasificaciones más altas, mientras que los antioxidantes de reacción rápida con pocos grupos fenólicos pueden subestimarse en gran medida o incluso pasarse por alto; la actividad antioxidante es la concentración de antioxidante requerida para producir una velocidad de reacción determinada o extensión de reacción específicas (Schaich et al., 2015).

2.4.5. Importancia de los antioxidantes

Los antioxidantes son importantes para el desarrollo de las plantas y juegan un papel importante en los mecanismos de defensa; el consumo regular de infusiones de hierbas o plantas puede ser valioso para los humanos debido a los beneficios confirmados relacionados con la salud, a saber, la capacidad antioxidante y antiinflamatoria, la regulación

del colesterol, la mejora de los trastornos vasculares y las propiedades antimutagénicas (Coelho et al., 2016).

2.4.6. Métodos para medir los antioxidantes

Caracterizar las propiedades antioxidantes de los compuestos o extractos, se deben evaluar mediante dos parámetros, la actividad antioxidante que es la velocidad constante de reacción entre antioxidante y oxidante, mientras la capacidad antioxidante es la cantidad de un radical libre particular capturado por una muestra de antioxidantes; no existe un método universal para la determinación la actividad/capacidad antioxidante (Acosta-Quiroga et al., 2021), por lo cual la mayoría de los métodos de antioxidantes se basan en reacciones de transferencia de electrones como el ensayo de capacidad antioxidante equivalente Trolox (TEAC), 2,2-difenil-1-picril-hidrazil-hidrato (DPPH) y 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico) (ABTS).

2.4.6.1. Método de captación del radical DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrilhydrazil)

El método de captación de radicales 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) es uno de los métodos más utilizados y proporciona el primer enfoque para evaluar la actividad antioxidante, este método de eliminación de radicales DPPH es una prueba simple, fácil, económico, rápido y eficaz que se usa comúnmente para medir la actividad antioxidante y evaluar la actividad de eliminación de radicales libres de los antioxidantes no enzimáticos (Gulcin, 2020). Las soluciones de los radicales DPPH tienen un color azul intenso, la lectura del radical dan una absorbancia de 515-520 nm, y se reducen al reaccionar con compuestos antioxidantes formando la forma reducida de DPPH^{0+} , que es de color amarillo pálido (Pérez-Lamela et al., 2021).

2.4.6.2. Método de captación del radical ABTS (2,2'-azino-bis (3-ettrylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

En este método, los oxidantes oxidan ABTS a su catión radical de un color intenso, y la capacidad antioxidante se mide como la capacidad de los compuestos de prueba para reducir el color al reaccionar directamente con el radical ABTS; este método es adecuado tanto para compuestos lipofílicos como hidrofílicos, la formación del catión radical ABTS constituye la base de un método espectrofotométrico que se han utilizado para medir la actividad antioxidante total de sustancias puras, mezclas acuosas y bebidas (Gulcin, 2020).

Las soluciones de radicales catiónicas ABTS tienen un color azul verdoso y máximos de absorbancia en longitudes de onda de 734 para medios acuosos y 730 para medios etanólico nm siendo las más utilizadas (Pérez-Lamela et al., 2021).

2.5. Minerales

2.5.1. Definición de minerales

Los minerales son nutrientes inorgánicos necesarios para regular y construir los trillones de células vivas que componen el cuerpo (De y De, 2019), se clasifican como nutrientes esenciales ya que no pueden ser sintetizados por el cuerpo humano y deben obtenerse de la dieta, se encuentran en los alimentos de origen vegetal, como los vegetales, frutas, cereales y legumbres que son ingredientes importantes en la dieta humana en todo el mundo, donde cada vez más son importantes debido a la sostenibilidad, en especial los países en desarrollo, los alimentos de origen vegetal constituyen la mayor parte de la dieta (Rousseau et al., 2020).

2.5.2. Clasificación

Los nutrientes minerales son elementos inorgánicos esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas y animales; según sus requerimientos cuantitativos de los nutrientes minerales a partir de vegetales se clasifican en dos grupos, los macroelementos se encuentran generalmente en los tejidos vegetales en el rango de mg/g de peso seco, donde se encuentran el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y selenio (S) y los microelementos son el boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), cloruro (Cl), manganeso (Mn), molibdeno (Mo) y zinc (Zn), que se encuentran en plantas en el rango de $\mu\text{g/g}$ de peso seco; además los alimentos de origen vegetal son una fuente importante de minerales esenciales para los humanos (Ma et al., 2017).

2.5.3. Hierro

El hierro tiene una masa atómica de 55,8 g/mol, está presente en los sistemas biológicos en reacciones redox en las formas ferrosas (Fe^{2+}) y férrica (Fe^{3+}), ya que en los vegetales se encuentra como hierro no hemínico y su absorción es pobre debido a que se encuentra en estado férrico y para su absorción el hierro debe encontrarse en estado ferroso (Tostado-Madrid et al., 2015); también el hierro se encuentra en el organismo formando de dos compartimientos: Funcional, formado por los numerosos compuestos, entre los que se incluyen la hemoglobina, la mioglobina, la transferrina y las enzimas que requieren hierro

como cofactor, ya sea en forma iónica o como grupos hemo; y el compartimiento de depósito, compuesto por la ferritina y la hemosiderina, que constituyen las reservas corporales de este metal (Forrellat Barrios et al., 2000). La ingesta de recomendada en los niños es de 7-9 mg/día, en los jóvenes es de 12-15 mg/día y en los adultos es de 10 mg/día, siendo un mineral esencial que participa en muchas funciones enzimáticas relacionadas como el transporte de oxígeno, el metabolismo energético y la síntesis de ADN (Toxqui et al., 2010).

2.5.4. Zinc

El zinc es un elemento con un peso atómico de 65,37 g/mol, siendo un metal de transición, se encuentra en el suelo principalmente como Zn^{2+} , y entra al citoplasma de las células vegetales (Broadley et al., 2007); en los vegetales no son alimentos con alto contenido en zinc; las verduras, hortalizas, frutas, grasas, pescados y los dulces es una fuente pobre de este micronutriente; en el organismo el zinc desempeña una gran variedad de funciones en el metabolismo, además, es fundamental en la estabilización de ciertas macromoléculas (incluidos receptores nucleares de hormonas esteroides, retinoides y tiroideas) y de las membranas celulares; regula la transcripción, se une a proteínas nucleares (Lugo, 2017). La ingesta recomendada de zinc varía entre países, siendo 14 mg/día para hombres y 8 mg/día para mujeres en Australia (Foster y Samman, 2015).

2.5.5. Cobre

El cobre es un metal de transición con un peso atómica de 63,54 g/mol, que presenta estados de oxidación como cuproso (Cu^+), cúprico (Cu^{2+}), además, en los sistemas biológicos el cobre se encuentra principalmente como Cu^{2+} y se encuentran cantidades mínimas (EFSA, 2006); las principales funciones del cobre es la formación del tejido conectivo en el desarrollo de huesos, músculos, corazón y vasos mediante la enzima lisiloxidasas, participa en el metabolismo del hierro, producción de energía en las células en forma de trifosfato de adenosina (ATP) (Feoktistova Victorava y Clark Feoktistova, 2018). La ingesta recomendada de cobre para los niños es 1 mg, para los jóvenes y adultos es de 2 mg, también la necesidad mínima establecida por la OMS es de 40 a 80 $\mu g/kg$ según el peso corporal (Silva Trejos, 2012).

2.5.6. Manganeso

El manganeso es un microelemento con un peso atómico 65,94 g/mol, siendo el segundo elemento traza más abundante después del hierro, llegando intervenir en

diversos procesos metabólicos como la fotosíntesis, respiración, síntesis de ácidos grasos y proteínas (Li et al. 2019); además en la flora, fauna y en el hombre, está involucrado en la formación de huesos y en el metabolismo de aminoácidos, lípidos y carbohidratos, además en el metabolismo tiene baja absorción aproximadamente 6 %, la absorción y biodisponibilidad son inhibidas por hierro no hémico, fibra y ácido fítico (Ramírez Hernández et al., 2015). La ingesta diaria aporta cantidades requeridas para conservar la salud (entre 2,3 y 8,8 mg), pero puede ser mucho mayor cuando se consumen alimentos o agua contaminados con altos niveles de manganeso (Y Ayala y Azcona-Cruz, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio Central de Investigación (LCI) y en los laboratorios de: Química y Análisis de Alimentos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), ubicada en la ciudad de Tingo María, capital del distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; con una presión atmosférica 702,34 mmHg, localizada geográficamente a 9°18'31" de latitud sur y 76°00'02" de longitud oeste; con clima tropical húmedo a 660 metros sobre el nivel del mar; con una precipitación pluvial de 2300 mm al año, una temperatura promedio de 28 °C y con una humedad relativa de 84 %.

3.2. Materia prima

Cascarilla de cacao: Se obtuvo de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) de la variedad CCN-51 (Figura 1) de la Cooperativa Agroindustrial Cacao Alto Huallaga (CAICAH), localizado en el distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; con ubicación geográfica a 9°16'35" de latitud sur y 76°00'21" de longitud oeste.



Figura 1. Cascarilla de cacao y hoja de canela

Canela: Las hojas (Figura 1) fueron recolectadas en la localidad de Angashyacu, en el distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, con coordenada geográfica 8°59'28" de latitud sur y 76°04'40" de longitud oeste.

Hierba luisa y limón sutil: Las hojas (Figura 2) fueron recolectadas en el fundo Picuroyacu ubicado en Picuroyacu Bajo del distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco; localizada a 9°17'00" de latitud sur y 76°01'06" de longitud oeste.



Figura 2. Hojas de hierba luisa y limón

3.3. Equipos materiales y reactivos

3.3.1. Máquinas y equipos

Balanza analítica, marca Galaxy Ohaus Electronic modelo 6161 (EE.UU.); estufa, marca Precision Scientific CO modelo 18 EM (EE.UU.); espectrofotómetro UV-visible, marca Thermo Scientific modelo Genesys 150 (EE.UU.); centrifuga, marca Hettich modelo mikro 22 R (Inglaterra); agitador, marca Scilogex modelo SCI-O330-Pro LCD (EE.UU.); espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente, marca Horiba modelo Ultima expert (Francia); automuestreador, marca Horiba modelo AS 500 (Francia).

3.3.2. Reactivos e insumos

Metanol (CH₃OH) puriquim reagent (Perú); trolox (C₁₄H₁₈O₄) Merck (Alemania); Folin-Ciocalteus Himedia (India); carbonato de sodio (Na₂CO₃) Scharlau (España); 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) Merck (Alemania); 2,2-difenil-1-picrilhidrazil Merck (Alemania); alcohol 96° Alkofarma (Perú); agua destilada desionizada (H₂O dd); ácido nítrico 65 % (HNO₃) Merck (Alemania); ácido perclórico (HClO₄) Merck (Alemania); estándares de hierro (Fe), cobre (Cu), Zinc (Zn) y manganeso (Mn) de 1000 ppm Merck (Alemania).

3.3.3. Materiales de laboratorio

Vasos precipitados de vidrio de 100 mL (Pyrex), embudos de vidrio (Pyrex), vasos de vidrio 25 mL, matraz erlenmeyer de 250 mL (Pyrex), fiolas de 25 mL (Pyrex), cubetas de poliestireno 1,5 mL (Isolab), tamiz N° 20 de 850 µm (Tyler), portaembudos de madera, papel aluminio (Aluminium Foil), papel filtro sin ceniza N° 40 (Whatman), micro tubos de 1,5 mL (EuroLab), tubos de 50 mL (Falcon).

3.4. Métodos de análisis

- ✓ Análisis de aceptabilidad sensorial: Se siguió la metodología recomendada por Li et al. (2019).
- ✓ Análisis de fenoles totales: Se realizó por el método de Reyes Munguía et al. (2017).
- ✓ Análisis de la capacidad antioxidante: Se realizó según la metodología de Gómez et al. (2018).
- ✓ Análisis de microelementos: Se realizó por el método de espectrometría de emisión óptica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES), según el método de Malik et al. (2008).
- ✓ Evaluación sensorial de atributos: se utilizó la metodología recomendada por Castiglioni et al. (2015).

3.5. Metodología experimental

3.5.1. Deshidratado de hojas

Las hojas se recolectaron manualmente a las siete de la mañana, en una bolsa de polietileno previamente etiquetada, y se transportaron al laboratorio. Las hojas se seleccionaron para separar de aquellas que tenían picaduras de insectos, rotas u otro deterioro;

seguidamente fueron lavadas con agua corriente, con el objetivo de eliminar la suciedad e impurezas, se enjuago con agua destilada, se dejó orear por dos horas a temperatura ambiente, posteriormente fue sometido al proceso de deshidratado en una estufa por aire caliente a 60 °C hasta lograr un peso constante (Cuello et al., 2017), seguidamente las hojas y la cascarilla de cacao fueron trituradas y tamizadas con malla Tyler N° 20 (850 µm de diámetro) (González-Alejo et al., 2019), y guardadas en envases de vidrio cerrado recubierto con papel aluminio a temperatura de refrigeración hasta realizar el análisis.

3.5.2. Preparación de las infusiones

Para las formulaciones se pesaron un 1 g de muestra para cada tratamiento; obteniendo un total de 15 tratamientos (Tabla 2), almacenadas en envases de vidrio a temperatura de refrigeración hasta su análisis.

Tabla 2. Formulación y tratamientos de las infusiones

Tratamientos	Cascarilla de cacao %	Hierba Luisa %	Limón %	Canela %
IT1	100	-	-	-
IT2	95	5	-	-
IT3	85	15	-	-
IT4	75	25	-	-
IT5	95	-	5	-
IT6	85	-	15	-
IT7	75	-	25	-
IT8	95	-	-	5
IT9	85	-	-	15
IT10	75	-	-	25
IT11	85	5	5	5
IT12	70	10	10	10
IT13	90	5	5	-
IT14	90	5	-	5
IT15	90	-	5	5

Para la preparación de las infusiones, a cada muestra de 1 g se añadió 100 mL de agua hirviendo, dejando reposar durante 5 minutos a temperatura ambiente para luego ser filtrado.

3.6. Determinación de la aceptabilidad sensorial en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón

Para la prueba de aceptabilidad se utilizó la ficha de evaluación sensorial (Anexo-I) cuya escala hedónica fue de 5 puntos (5 = me gusta extremadamente; 4 = me gusta mucho; 3 = me gusta ligeramente; 2 = me disgusta ligeramente y 1 = me disgusta mucho). La distribución de las muestras para la aceptabilidad sensorial (Anexo-II) fue mediante la selección aleatoria y la prueba diseño de bloques incompletos balanceados (Tipo II) (Cochran y Cox, 1957), en donde se utilizaron los siguientes parámetros: Número de tratamientos ($t = 15$), número de muestras que aparecen en cada bloque ($k = 3$), número de repeticiones o jueces por tratamientos ($r = 7$), número de bloques o jueces ($b = 35$), número de veces que un par de muestras aparecen en el mismo bloque ($\lambda = 1$) y el error ($E = 0,71$). La evaluación sensorial se realizó con 35 panelistas semi entrenados mayores de 18 años de ambos sexos. La sesión se realizó en un ambiente adecuado; a cada evaluador se le ofreció la infusión en un vaso de vidrio y para contrarrestar el sabor se incluyó galletas para cada panelista; cada evaluador también recibió la ficha de evaluación la misma que fue marcar con una “X” para asignar su preferencia. Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial se procedieron a realizar los cálculos de los tratamientos; se escogió los tres mejores tratamientos y la muestra testigo para los siguientes análisis.

Estadística: El análisis estadístico se realizó mediante la prueba de diseño de bloques incompletos balanceados y la prueba de Tukey para la deferencia estadística se realizó mediante en el programa de InfoStat.

3.7. Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón

3.7.1. Fenoles totales

Preparación de la muestra: La muestra (1 g) se extrajo con 20 mL de metanol: agua (70:30, v/v), y se dejó reposar con agitación durante 2 h en un ambiente oscuro. Los extractos fueron centrifugados a 10 080 g durante 10 min a 4 °C, y el sobrenadante fue extraído, el extracto (50 mg/mL) fue almacenado en tubos de vidrio con rosca en refrigeración hasta su análisis.

Preparación de la infusión: Se pesó 1 g de muestra y se adicionó 100 mL de agua hirviendo, dejando reposar durante 5 min, las infusiones fueron filtrados (Whatman N° 40), se centrifugó a 10 080 g durante 10 min a temperatura de 4 °C, la infusión (10 mg/mL) obtenida fue almacenada en tubos con tapa rosca hasta el análisis.

Preparación de la curva estándar: se utilizó cinco concentraciones de 1, 2,5, 5, 7,5 y 10 mg/mL a partir de 1000 µg/mL de ácido gálico, para la reacción se agregó 100 µL de cada concentración en las cubetas, a todos se adicionará 500 µL de solución Folin-Ciocalteu 1/10 (dejando reposar durante 8 min a temperatura ambiente y en oscuridad); transcurrido el tiempo se agregó 400 µL de carbonato de sodio al 7,5 %, se dejó por dos horas a temperatura ambiente en oscuridad, la lectura fue en el espectrofotómetro UV-visible a 740 nm, con los resultados de las absorbancias obtenidas (Anexo-III) y las concentraciones de los estándares, se obtuvo la ecuación ($y = 0,1108x - 0,0168$) y el coeficiente de correlación ($R^2 = 0,9993$).

Tratamiento de muestras: Se hizo reaccionar 100 µL de la muestra (MT) (50 mg/mL) o infusión (IT) (10 mg/mL) en una cubeta de polietileno con 500 µL de Folin-Ciocalteu 1/10 (reposar 8 minutos), se agregó 400 µL de carbonato de sodio al 7,5 %, se dejó reposar por 2 horas en oscuridad a temperatura ambiente; previamente a la lectura en el espectrofotómetro UV-visible, se preparó un blanco (agua destilada), y se midió a 740 nm, los resultados obtenidos en muestra se expresaron en equivalente en ácido gálico (mg EAG/100 mL) y en infusión (mg EAG/100 mL). Todos los tratamientos fueron medidos con tres repeticiones.

3.7.2. Capacidad antioxidante para inhibir radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH⁰⁺)

Preparación de la curva estándar: A partir de la solución stock del radical DPPH⁰⁺ (0,0394 g) 1 mM se preparó a una concentración de 100 µM del radical DPPH⁰⁺ en un volumen 100 mL. La curva de calibración fue con Trolox (vitamina E) tanto para las muestras e infusiones; para la primera se consideró las concentraciones 2,5; 6,25; 12,5; 25 y 37,5 µg/mL, la reacción se desarrolló adicionando 25 µL del estándar con 975 µL DPPH⁰⁺ considerando un blanco con alcohol, la absorbancia fue medida en un espectrofotómetro UV-vis a 515 nm con los resultados de absorbancia vs concentración se obtuvo la ecuación $y = 0,0201x + 0,0406$ y el coeficiente de correlación $R^2 = 0,999$ (Anexo-IVa). Para la segunda curva de calibración las concentraciones fueron 6,25; 12,5; 20 y 25 µg/mL, se realizó la reacción con 40 µL de cada concentración y 960 µL DPPH⁰⁺ y un blanco

con alcohol, las lecturas de la absorbancia se realizaron en un espectrofotómetro UV/VIS a 515 nm, con los resultados de absorbancia vs concentración se obtuvo la ecuación $y = 0,0212x + 0,0126$ y la correlación fue $R^2 = 0,990$ (Anexo-IVb).

Tratamiento de muestras en infusiones: Para las muestras se utilizó 25 μL (50 mg/mL) con 925 μL del radical DPPH⁰⁺ y para la infusión 40 μL (10 mg/mL) con 960 μL del radical DPPH⁰⁺, se evaluó la capacidad para atrapar el radical DPPH⁰⁺ por medio de la disminución de la absorbancia, se leyó después de 30 min de reacción a una longitud de onda fue de 515 nm, los valores obtenidos fueron reemplazados en la ecuación de la curva de calibración tanto para las muestras e infusiones, los resultados fueron expresados en μmol Equivalente Trolox por 100 g muestra (mmol ET/100 g muestra) y μmol ET/100 mL infusión.

3.7.3. Capacidad antioxidante para inhibir radical libre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido sulfónico) (ABTS⁰⁺)

Preparación de la curva estándar: Partiendo de una solución stock de ABTS⁰⁺ 1 mM, se preparó la concentración de 140 μM de ABTS⁰⁺ en un volumen de 50 mL; la curva de calibración fue con Trolox (vitamina E) tanto para las muestras e infusiones, las concentraciones fueron 1; 2,5; 5; 10 y 15 $\mu\text{g/mL}$ y para la reacción se adicionó 25 μL de cada concentración con 975 μL de ABTS⁰⁺, adicionalmente se preparó un blanco como patrón (alcohol), la lectura de la absorbancia fue medida en un espectrofotómetro UV-vis a 734 nm, con los resultados de absorbancia vs concentración se obtuvo la ecuación $y = 0,0346x + 0,0088$ y el coeficiente de correlación fue $R^2 = 0,999$ (Anexo-V).

Tratamiento de muestras: La reacción se realizó considerando 25 μL para la muestra (50 mg/mL) o infusión (10 mg/mL) con 925 μL del radical ABTS, la disminución de la absorbancia se leyó después de 30 min de reacción a una longitud de onda de 734 nm, los resultados obtenidos fueron reemplazados en la ecuación de la curva patrón de Trolox y expresados en mmol ET/100 g en la muestra o μmol ET/100 mL en infusión.

Estadística: Los resultados obtenidos de los fenoles totales y capacidad antioxidante (DPPH⁰⁺ y ABTS⁰⁺) fueron analizados estadísticamente mediante el Modelo matemático DCA (diseño completo al azar) para la diferencia estadística se aplicó la prueba de Tukey en el programa InfoStat.

3.8. Determinación de microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn) en muestra e infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Digestión por vía húmeda para la muestra: Se pesó 0,5 g de muestra, se adicionó 10 mL de una solución de ácido nítrico: ácido perclórico (4:1, v/v), la digestión se realizó a 250 °C por cinco horas, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente, fue filtrado (papel Whatman N° 40, sin ceniza de 125 mm de diámetro), enrazado a 25 mL y almacenado en refrigeración hasta su análisis.

Preparación de la infusión: Se vertió 100 mL de agua hervida sobre 1 g de muestra, dejando reposar por 5 min, luego las infusiones fueron filtradas en papel Whatman N° 40, almacenado en tubos con tapa rosca en refrigeración hasta su análisis.

Preparación de la curva estándar: Se preparó los estándares de multielementos (Fe, Cu, Zn, Mn) a partir de una concentración de 1000 ppm, para cada elemento se consideró tres concentraciones S1, S2 y S3 (0,1; 1; 5 y 10) en un volumen 50 mL (Anexo-VI). El análisis fue ejecutado con el Espectrómetro de Emisión Óptica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES), las condiciones de funcionamiento del equipo fueron las siguientes: Humedad relativa (50-60 %), temperatura ambiente (20-22 °C), velocidad de la bomba 30 rpm, velocidad de flujo del nebulizador 2 L/min, ingreso de flujo de gas argón (12 L/min) hacia el plasma (pureza del gas 99,99 %) y flujo de energía (1000 W); en el ordenador de ICP-OES se programó las concentraciones de cada estándar (Fe, Cu, Zn, Mn) con sus respectivas longitud de onda para obtener el límite de detección y la curva de calibración de cada estándar, tal como se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Longitud de onda y curva de calibración de los microelementos

Elemento	Longitud de onda	R ²	Ecuación	Límite de detección (µg/L)
Fe	249,773	0,9999	$y=0,0009223x-0,4294$	26,988
Zn	213,857	0,9907	$y=0,001419x-0,5286$	0,12882
Cu	324,754	0,9999	$y=0,0002123x-0,03507$	0,28664
Mn	279,482	0,9988	$y=0,0004328x-0,1377$	0,84278

Tratamiento de muestras: La muestra líquida fue aspirada y llevada hacia el plasma por la bomba peristáltica, llegando al nebulizador que permite la transformación en aerosol y las gotas grandes son eliminados en una cámara de pulverización, una vez llegado a la antorcha la muestra es transportada hacia el plasma para generar la

excitación de los átomos y la energía radiante ingresa al monocromador que se encarga de seleccionar la longitud de onda para llegar al fotomultiplicador y realizar la cuantificación de los microelementos, los resultados son expresados para las muestras en mg/kg y para las infusiones mg/L.

Estadística: Los resultados obtenidos del contenido de microelementos (Fe, Cu, Zn y Mn) fueron analizados estadísticamente mediante el modelo matemático diseño completo al azar (DCA), se utilizó la prueba de Tukey para las diferencias estadísticas en el programa de Infostad.

3.9. Evaluación sensorial de atributos en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especias aromáticas de hierba luisa, canela y limón

Preparación de la infusión: se pesó 1 g de muestra y se adicionó 100 mL de agua hervida, se dejó en reposo por cinco minutos, fue filtrado y presentado a los panelistas en vasos de vidrio.

Evaluación sensorial de los atributos: Se siguió la metodología de Castiglioni et al. (2015), con algunas modificaciones; se realizó con 20 panelistas semi entrenados de 18 a 40 años de ambos sexos; los atributos evaluados fueron aroma (floral, cítrico, herbal, frutos secos, canela) y sabor (amargo, astringente, dulce, ácido y persistente) la misma que se detalla en la ficha presentada en el Anexo-VII, a cada muestra se les asignó un código de tres dígitos, los panelistas calificaron las muestras mediante una escala hedónica de cinco puntos (1 = ausente; 2 = apenas; 3 = intenso; 4 = muy intenso y 5 = extremadamente intenso). La evaluación se realizó en un ambiente limpio y adecuado, donde a cada evaluador se le presentó cuatro infusiones y para neutralizar el sabor de cada infusión se ofreció agua y galleta.

Análisis estadístico: Los resultados obtenidos de la evaluación sensorial de atributos fueron analizados estadísticamente mediante el modelo matemático diseño completo al azar (DCA) y para la diferencia estadística se utilizó la prueba de Tukey en el programa de Infostad. A partir de los datos se crearon las gráficas del análisis de componentes principales (ACP) y conglomerados.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinación de la aceptabilidad sensorial en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón

Los resultados de la aceptabilidad del análisis sensorial en las infusiones se presentan en el Tabla 4 y Figura 3, según el análisis estadístico (Anexo-VIII) se encontró diferencia significativa, haciendo la comparación de las medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) el mayor calificativo de aceptabilidad fueron para los tratamientos IT9 (cascarilla de cacao 85 %, hoja de canela 15 %), IT11 (cascarilla de cacao 85 %, hojas de hierba luisa 5 %, limón 5 %, canela 5 %), IT4 (cascarilla de cacao 75 %, hoja de hierba luisa 25 %), IT8 (cascarilla de cacao 95 %, hoja de canela 5 %) y IT13 (cascarilla de cacao 90 % con hojas de hierba luisa 5 % y limón 5 %), la aceptabilidad y la calidad de las infusiones dependen de su aroma y sabor, por lo que es importante caracterizar los componentes aromáticos en las infusiones para que pueda comenzar la evaluación (Carneiro et al., 2020). Un informe reciente predijo un gran crecimiento en el mercado mundial del té sin azúcar para 2025 con la creciente conciencia de los consumidores hacia las bebidas saludables y una creciente aceptación de las hierbas naturales identificadas como algunos de los impulsores del mercado (Muller et al., 2020).

Según los resultados las infusiones IT4 y IT11 tuvieron en su formulación hierba luisa logrando una calificación 3,90 y 4,00 puntos, al respecto Kieling y Prudencio (2019) mencionan que es posible realizar mezclas adecuadas con hierba luisa para la preparación de bebidas mixtas con buena calidad, agradable sensorialmente y con componentes potencialmente beneficiosos para la salud. La infusión IT9 (cascarilla de cacao 85 % y hoja de canela 15 %) tuvo una calificación de 4,00 puntos “Me gusta mucho”, al respecto Latifi et al. (2020) con un té instantáneo al 5 % de canela obtuvo un 3,80 puntos en su aceptabilidad con una escala hedónica de 5 puntos; Ochanda et al. (2015) en infusión de té morado con canela al 10 % y hierba luisa al 10 % obtuvo 6,88 y 6,24 respectivamente, teniendo un efecto positivo y una mayor aceptabilidad; los resultados han demostrado que mediante la mezcla de hojas en las infusiones estas aumentan la aceptabilidad del producto.

Tabla 4. Resultado de la aceptabilidad sensorial en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas.

Concentración	Tratamiento	Aceptación (\bar{X}_{aj})
Cascarilla 100 %	IT1	2,7±0,2 ^{ab}
Cascarilla 95 %, hierba luisa 5 %	IT2	3,0±0,2 ^{ab}
Cascarilla 85 %, hierba luisa 15 %	IT3	3,6±0,3 ^{ab}
Cascarilla 75 %, hierba luisa 25 %	IT4	3,9±0,3 ^a
Cascarilla 95 %, limón 5 %	IT5	2,3±0,2 ^b
Cascarilla 85 %, limón 15 %	IT6	3,3±0,4 ^{ab}
Cascarilla 75 %, limón 25 %	IT7	3,6±0,3 ^{ab}
Cascarilla 95 %, canela 5 %	IT8	3,7±0,4 ^{ab}
Cascarilla 85 %, canela 15 %	IT9	4,0±0,3 ^a
Cascarilla 75 %, canela 25 %	IT10	3,4±0,3 ^{ab}
Cascarilla 85 %, hierba luisa 5 %, limón 5 %, canela 5 %	IT11	4,0±0,2 ^a
Cascarilla 70 %, hierba luisa 10 %, limón 10 %, canela 10 %	IT12	3,0±0,2 ^{ab}
Cascarilla 90 %, hierba luisa 5 %, limón 5 %	IT13	3,6±0,5 ^{ab}
Cascarilla 90 %, hierba luisa 5 %, canela 5 %	IT14	2,7±0,3 ^{ab}
Cascarilla 90 %, limón 5 %, canela 5 %	IT15	3,2±0,3 ^{ab}

G.L.=56, P[$t > 1,773$] = 0,05 y P[$t > 2,281$] = 0,01

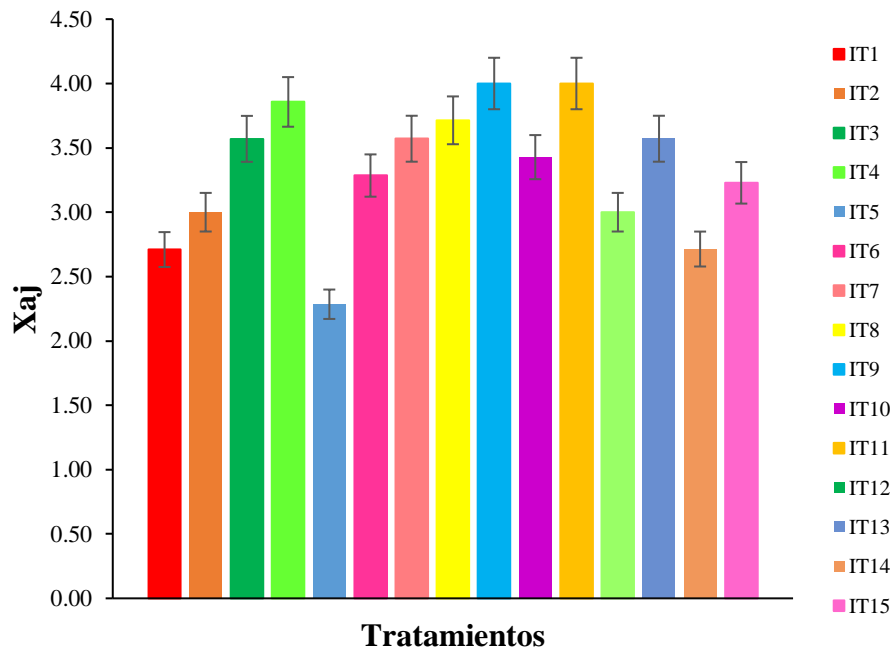


Figura 3. Comportamiento de la aceptación sensorial de los 15 tratamientos

De las 15 muestras evaluadas la IT1 (cascarilla de cacao 100 %) obtuvo un puntaje 2,70 “Me gusta ligeramente”, según Garay Vega et al. (2020) obtuvieron una puntuación de 2,90 de aceptación en la infusión de cascarilla de cacao que para mejorar su aceptación esta fue tostada a 130 °C, Velásquez et al. (2014) mencionan que esto podría deberse a su composición, razón por lo cual el sabor del producto no es del agrado para el consumidor. Asimismo, el tratamiento T5 (cascarilla de cacao 95 % y hoja de limón 5 %) obtuvo 2,29 de aceptación que fue la más baja entre los tratamientos, según Ajayi y Oyerinde (2020) en una escala hedónica de 5 puntos obtuvo una aceptación de 2,9 en infusión de roselle con cáscara de limón en polvo (50 %/50 %), ya que aumentando la concentración de limón va a disminuir la aceptabilidad de la infusión.

4.2. Determinación de fenoles totales y capacidad antioxidante en muestras e infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón

4.2.1. Cuantificación de fenoles totales

Muestras

Los resultados de los fenoles totales en las muestras, según el análisis estadístico (Anexo-IXa), existe diferencia significativa, en la comparación de los promedios mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$); en la Tabla 5 y Figura 4, el mayor contenido de fenoles totales fue $1,56 \pm 0,00$ g EAG/100 g en cascarilla de cacao al 75 % con hoja de hierba

luisa al 25 % (MT2), siendo superior a la muestra de cascarilla de cacao al 100 % (MT1); comportamiento contrario citó Singh et al. (2021) cuando realizaron una mezcla de 10 g de seda de maíz (pelo de choclo) con 0,04 g de hierba luisa obteniendo 0,26 g EAG/100 g fue menor a la muestra de seda de maíz solo 0,27 g EAG/100 g. Es importante resaltar que la hierba luisa no solo es considerada como una hoja aromática sino también por su contenido de fenoles, al respecto Shah et al. (2011) y Negrelle y Gomes (2007) indican que la hierba luisa se compone de luteolina y sus glucósidos 6-C y 7-O, isoorientina 2'-O-ramnósido, también está presente flavonoides, quercetina, kaempferol y apiginina, compuestos fenólicos elicmicina, catecol, ácido clorogénico, ácido cafeico e hidroquinona. El mayor contenido de fenoles presente en la muestra indica que la cascarilla de cacao y las hojas de hierba luisa podrían estar actuando en sinergismo, esto fue demostrado por Pratiwy et al. (2019) cuando estudiaron la actividad antioxidante de chocolate con adición de aceite esencial de hierba luisa, la actividad antioxidante del chocolate tipo cobertura (65 % cacao) tuvo mayor inhibición que el chocolate tipo compuesto (20-25 % polvo de caco y leche), y a mayor concentración de aceite esencial de hierba luisa (0,3, 0,5 y 0,7 %) agregado a los dos tipos de chocolate mostraron mayor actividad antioxidante.

Tabla 5. Resultado de fenoles totales en la muestra e infusión en cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Materia prima	Código	Muestras (g EAG/100 g)	Código	Infusión (mg EAG/100 mL)
CC 100 %	MT1	1,48±0,01 ^b	IT1	38,61±0,63 ^b
CC 75 %, HL 25 %	MT2	1,56±0,00 ^a	IT2	35,20±0,19 ^c
CC 85 %, C 15 %	MT3	1,41±0,01 ^d	IT3	43,33±0,17 ^a
CC 85 %, HL 5 %, C 5 %, L 5 %	MT4	1,44±0,01 ^c	IT4	34,21±0,15 ^c

Los valores representan (promedio ± Error estándar) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos (p≤0,05). CC=cascarilla de cacao, HL=hierba luisa, C=canela, L=limón.

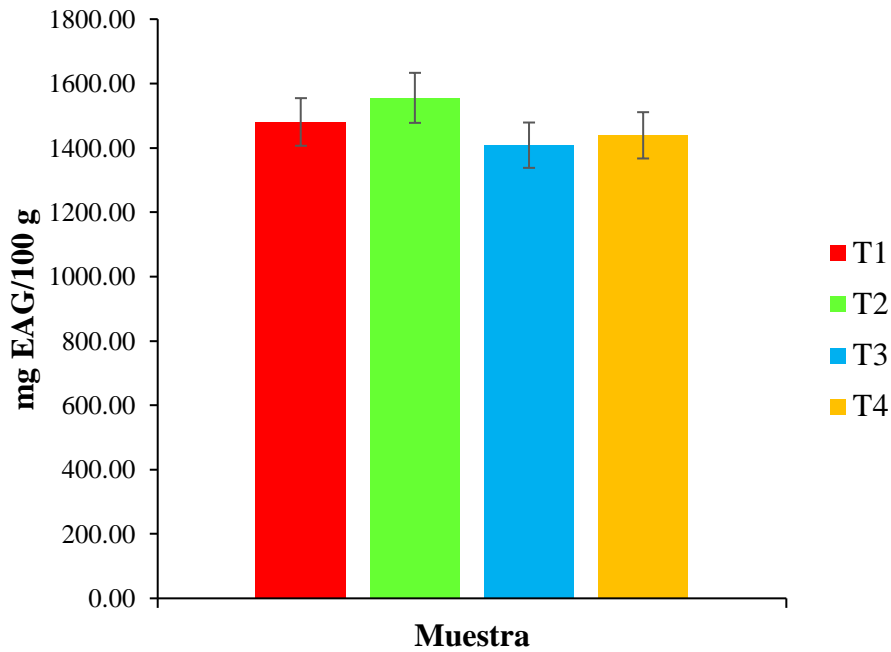


Figura 4. Representación de fenoles totales en la muestra

El contenido de fenoles en cascarilla de cacao (MT1) en extracto metanol: agua (70:30, v/v) fue $1,48 \pm 0,01$ g EAG/100 g encontrándose en el rango reportado por Siow et al. (2021) en cascarilla de cacao en Vietnam, Malasia y Venezuela con un extracto metanol: agua (70:30, v/v) obteniendo un rango de 1,19 a 1,80 g EAG/100 g, Delgado-Ospina et al. (2021) en cascarilla de cacao con extracto metanol: agua (80:20, v/v) obtuvieron 0,953 g EAG/100 g, Rojo-Poveda et al. (2021) en cascarilla de cacao con un extracto de etanol-agua (50:50, v/v) obtuvieron en Perú de 2,6 a 4,3 g EAG/100 g (CBS) y en 88 muestras de 19 países el rango fue entre 0,3 a 4,3 g EAG/100 g. El alto contenido de fenoles en la cascarilla es reportado por Belwal et al. (2022) y Panak Balentić et al. (2018) quienes mencionan que los principales compuestos fenólicos en la cascarilla de cacao son el ácido protocatéquico, procianidina B2, catequina, epicatequina y flavanoles; esto puede deberse a que una cierta proporción de componentes fenólicos que se almacenan en los cotiledones de las semillas de cacao, llegan a migrar de los granos por diferentes procesos como la producción de chocolate, fermentación y tostado. Por lo anterior indicado se amerita la aplicación de la cascarilla de cacao para uso alimentario, por su alta concentración de compuestos fenólicos, principalmente flavonoides (Rojo-Poveda et al., 2019).

En la misma Tabla y la Figura el contenido de fenoles en la mezcla de cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (MT4) fue $1,44 \pm 0,01$ EAG/100 g menor que la mezcla de cascarilla de cacao al 75 % y hoja de hierba

luisa 25 % (MT2), y cascarilla de cacao 100 % (MT1); esto indica que las hojas de canela y limón no mejoraron el contenido fenólico, según Shan et al. (2005) esto puede ser que algunas especies de canela tiene un alto contenido de fenoles y se utiliza como antioxidantes naturales, y Bernard et al. (2014) reportan que el mayor contenido de fenólicos totales, flavonoides totales y la capacidad de eliminación de radicales libres es mayor en tallos y raíces pero menor en las hojas. Así mismo Ordoñez-Gómez et al. (2018) reportan menor contenido de polifenoles totales en hojas de 12 variedades de cítricos (1,68 a 2,92 g EAG/100 g) comparado con las cáscaras (0,79 a 3,22 g EAG/100 g). Esta muestra de cascarilla de cacao con hojas de hierba luisa, canela y limón tuvo muy buena aceptación sensorial, esto se puede aducir a que la canela y hierba luisa llegan a utilizarse ampliamente en los países árabes como especias, té y agentes aromatizantes (Tayel et al., 2015). Las hojas de hierba luisa, canela y limón podían mejorar el contenido de fenoles, pero no se tuvo esta respuesta y puede deberse a que no todos los compuestos interactúan de manera directa por ejemplo, la interacción carotenoide-flavonoide, en los sistemas biológicos o alimentarios coexisten diferentes tipos de antioxidantes exógenos, y la interacción sinérgica, aditiva o antagónica es muy importante (Han et al., 2012), como también el método de extracción (temperatura, solvente, tiempo y otros factores), el tipo de proceso para obtener la muestra y la naturaleza de este (Soto-Maldonado et al., 2022).

El menor contenido de fenoles fue $1,41 \pm 0,01$ mg EAG/100 g en cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (MT3), siendo este valor superior a lo reportado por Singh et al. (2021) que llevó a cabo la mezcla de seda de maíz con canela (seda de maíz 10 g y con canela 0,02 g) obteniendo 0,22 g EAG/100 g. Cabe aclarar que la hoja de canela tiene una preferencia de uso por su contenido de fenoles y propiedades antioxidantes, tal como lo indican Jayaprakasha y Rao (2011) la canela contiene flavonoides, taninos, cumarinas, curcuminoides, xantonas, fenoles y terpenoides. El uso de la hoja de canela para aumentar el contenido fenólico y la actividad antioxidante de los productos derivados del cacao es común, pero la interacción de los constituyentes, está influenciada por la proporción de los sustratos en la mezcla o por la proporción del compuesto o compuestos fenólicos agregados, esto es demostrado por Muhammad et al. (2017) cuanto mayor sea la concentración del extracto de canela, más antagónica será la interacción, tanto en el extracto de cacao como el de canela, y hay una interacción aditiva en cacao: canela en una proporción de 75:25, que disminuyó cuando la canela se incrementó a un nivel de 50:50 y la interacción incluso se volvió antagónica en una proporción de 25:75. Por otro lado, es importante resaltar que la mezcla de cascarilla de cacao 85 % y hoja de canela 15 % fue la bebida que tuvo mayor

aceptación sensorial, pero menor contenido de fenoles, esto posiblemente se debe a que la canela son árboles y arbustos de hojas perennes, catalogadas como plantas aromáticas ya que proporciona varios tipos de aceites esenciales en sus hojas y corteza (Silva-Espinoza et al. 2013).

Infusiones

Los resultados obtenidos en los fenoles totales, según el análisis estadístico (Anexo-IXb) hubo diferencia significativa, mediante comparación de las medias con la prueba de Tukey ($p < 0,05$); de la Tabla 5 y Figura 5 podemos apreciar el contenido de fenoles totales en las infusiones, según los resultados fue mayor en la muestra MT2 ($1,56 \pm 0,00$ g EAG/100 g) comparado a la infusión IT3 ($43,33 \pm 0,17$ mg EAG/100 mL), esto puede deberse al efecto del disolvente sobre los compuestos fenólicos mostrando que en la infusión cascarilla de cacao con hoja de canela podría existir mayor presencia de compuestos fenólicos polares, mientras que en la muestra tuvo mejor efecto el disolvente frente a la cascarilla de cacao con hoja de hierba luisa debido posiblemente a la naturaleza de sus compuestos fenólicos que tuvieron una polaridad media; para Sepahpour et al. (2018) el perfil de los compuestos fenólicos extraídos del material depende de la polaridad de los solventes utilizados para la extracción; la estructura les permite disolverse más libremente en acetona con polaridad más baja, seguida por etanol, metanol y solo parcialmente en agua debido a su alta polaridad. Así mismo, es importante el equilibrio adecuado entre la polaridad del disolvente y la extracción de compuestos fenólicos, en un extracto al 60 % (v/v) de etanol fue el más eficiente para la extracción de compuestos fenólicos en la corteza de canela, esto indica que la cantidad de agua en la solución permite mejorar la extracción de polifenoles (Dvorackova et al., 2015).

La segunda infusión con mayor contenido en fenoles fue de cascarilla de cacao al 100 % (IT1) con un valor de $38,61 \pm 0,63$ mg EAG/100 mL, este resultado fue menor al de la muestra (MT1) $1,48 \pm 0,01$ g EAG/100 g, como se sabe al preparar la infusión solo se usa como disolvente el agua que permite la extracción de compuestos fenólicos polares, como lo indican Nsor-Atindana et al. (2012) que el contenido de fenoles podría estar relacionadas con la polaridad del solvente utilizado en la extracción, por ejemplo, el solvente menos polar (acetona) tuvo el contenido más alto de fenoles y que el solvente más polar (agua) que registró el contenido más bajo de fenoles, esto indicaría que existe una mayor cantidad de compuestos fenólicos de baja polaridad en cascarilla de cacao.

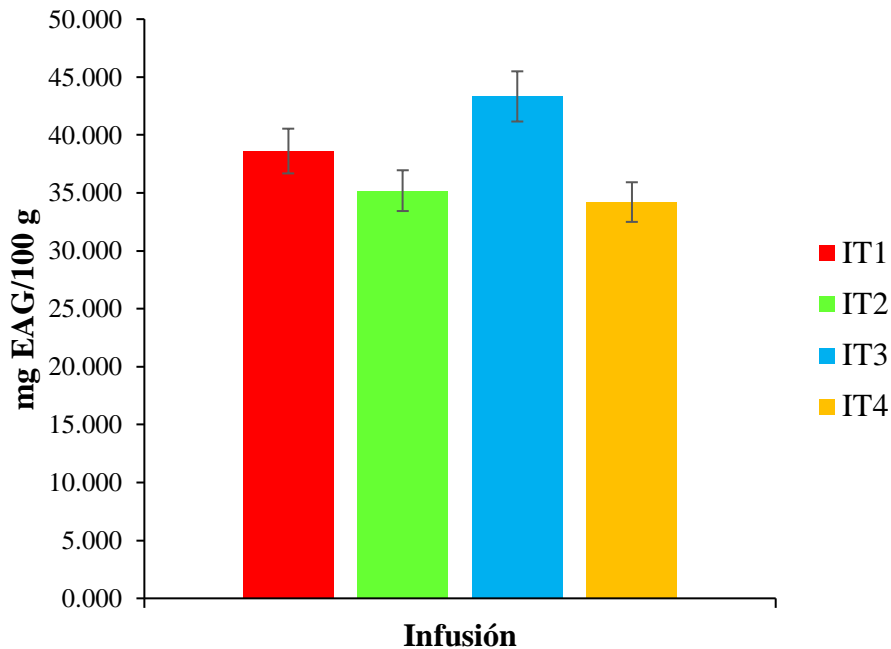


Figura 5. Representación de fenoles totales en la infusión

La cantidad de fenoles en la infusión de cascarilla de cacao (IT1) fue ligeramente inferior a lo reportado por Quijano-Avilés et al. (2021) en infusión de cascarilla de cacao al 100 % fue 42,8 mg EAG/100 mL; Belwal et al. (2022) indican que el buen contenido de fenoles en la infusión preparada con cascarilla de cacao (100 %) se debe a la presencia del ácido cafeico, ácido hidroxibenzoico y pirocatecol, además resaltó ser una buena fuente de epicatequina y quercetina. Estos dos últimos compuestos pueden estar influenciando en la presencia de fenoles en la infusión ya que Sah et al. (2023) indican que el aumento de la temperatura afecta considerablemente la solubilidad de la quercetina en un solvente acuoso y Botella-Martínez et al. (2021) refieren que en cascarilla de cacao con diferente tamaño de partícula ($> 701 \mu\text{m}$ a $< 417 \mu\text{m}$) fue mayor en epicatequina libre (4.56–6.33 mg/g) comparado a la quercetina (0,130 a 0,234 mg/g).

Según los resultados de fenoles totales en las infusiones el IT2 y IT4 presentaron la menor cantidad comparado a la cascarilla de cacao 100 % (IT1) y cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3), pero ambas fueron estadísticamente iguales, para IT2 (cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 %) $35,20 \pm 0,19$ mg EAG/100 mL y IT4 (cascarilla de cacao 85 %, hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 %) con $34,21 \pm 0,15$ mg EAG/100 mL, en estas infusiones estuvo presente la hierba luisa quien podría estar influenciando el contenido fenólico tal como lo indican Gremski et al. (2019) cuando elaboró la infusión de hojas de toronjil (50 %) con hierba luisa (50 %) tuvo 53,1 mg EAG/100 mL y

fue menor en hierba luisa al 100 % con 31,2 mg EAG/100 mL; así mismo Muala et al. (2021) en la infusión de hierba luisa (100 %) tuvo un rango de 29,57 a 38,46 mg EAG/100 mL.

Es importante resaltar que ambos tratamientos tuvieron mayor cantidad de fenoles totales en la muestra (metanol: agua, 70:30, v/v) que la infusión (agua caliente); una razón podría deberse a que las hojas de hierba luisa contiene aceite esencial, según Vázquez-Briones y Guerrero-Beltrán (2017) el citral es el principal componente del aceite esencial otorgándole un olor característico a limón, Villalobos (2015) identificó componentes como mirceno, geraniol, laurato de etilo, citronelol, terpineol, mentol, cariofileno, linalool, citronelal, α -pineno, canfeno y metilheptenona. Pearlstine (2011) indica que los aceites esenciales no son solubles en agua, lo que significa que flotarán sobre una solución acuosa.

La infusión IT4 tuvo como mezcla de cascarilla de cacao 85 %, hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 %, y según Farzaneh y Carvalho (2015) en mezclas de plantas a base de hierbas los componentes pueden tener un comportamiento de sinergismo o antagonismo, según el tipo de muestra que se emplea. Por ejemplo, la incorporación de limón en la mezcla que puede estar influenciando en el antagonismo o sinergismo en la infusión, ya que Sunarharum et al. (2021) mencionan que la cantidad de cáscara de limón que se adiciona puede reducir los niveles de contenido fenólico total en las infusiones. De la misma manera, sería la acción de la polaridad del solvente, por ejemplo, Yahya et al. (2020) indican que los solventes no polares como el éter, éter de petróleo, hexano y el diclorometano son efectivos para extraer el aldehído, mientras que los solventes alcohólicos son eficientes para extraer el compuesto fenólico de las hierbas o especias.

4.2.2. Capacidad de inhibir el radical libre 1,1 diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH)

Muestras

La capacidad antioxidante en los alimentos es muy importante, Pérez-Burillo et al. (2017) mencionan que cada alimento que se consume tiene un impacto en la capacidad antioxidante, con un beneficio correspondiente para la salud humana; el método DPPH determina las actividades de captura del material por reacción por radicales libres, en presencia de una sustancia antioxidante, midiendo el potencial de inactivación de dicho radical en medio acuoso (Jiménez Monreal et al., 2012). Según el análisis estadístico (Anexo-Xa) existe diferencia significativa, mediante la comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0,05$); los resultados obtenidos de la capacidad antioxidante para inhibir el radical DPPH en la materia que se presenta en la Tabla 6 y Figura 6, la mayor capacidad antioxidante fue en la cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (MT2) con $2,98 \pm 0,01$ mmol

ET/100 g, el efecto de la hierba luisa en la mezcla con cascarilla de cacao puede deberse a la presencia de sus compuestos fenólicos ya que según Shah et al. (2011) la hierba luisa contiene varios fitoconstituyentes como flavonoides y compuestos fenólicos, terpenoides y aceites esenciales, que pueden ser responsables de las diversas actividades biológicas. De manera similar, Pratiwy et al. (2019) estudiaron la adición de aceite esencial de hierba luisa (0,3; 0,5 y 0,7 %) en cobertura del chocolate y chocolate compuesto demostrando un comportamiento sinérgico, ya que a medida que se aumentó la concentración se logró mayor porcentaje de inhibición frente al radical DPPH. Según la evaluación sensorial se tuvo una buena aceptabilidad a la mezcla entre cascarilla de cacao y hierba luisa, esto obedece posiblemente a que la hierba luisa es comúnmente utilizada como hierba aromática por la presencia del aceite esencial, además comercialmente es valorado como aromatizante alimentario (Sah et al., 2012).

La cascarilla de cacao 100 % (MT1) también tuvo buena capacidad antioxidante para inhibir el radical libre DPPH y fue $2,37 \pm 0,02$ mmol ET/100 g, siendo similar al resultado obtenido por Rojo-Poveda et al., (2021) en cascarilla de cacao con tamaño de partícula de 250 μm obtuvieron 28 - 182 $\mu\text{mol TE/g}$ (2,8 - 18,2 mmol/100 g), la buena capacidad antioxidante frente al radical DPPH puede ser aducido a la presencia de flavanoles, como epicatequinas, catequinas y procianidinas, y alcaloides como cafeína y teobromina, que le otorgan a la cascarilla de cacao un excelente potencial antioxidante (Soares et al., 2020); sin embargo, la cascarilla de cacao tuvo buen contenido de fenoles totales, Pratiwy et al. (2019) mencionan que la actividad antioxidante de un alimento tiene una correlación con el contenido de compuestos fenólicos, por lo que a mayor cantidad de compuestos fenólicos en un alimento, mayor actividad antioxidante. Así mismo es importante resaltar el tipo de solvente que se aplica para la extracción, para la muestra fue con metanol: agua (70:30, v/v) lo que permite obtener una buena capacidad antioxidante, la mezcla del solvente con agua puede mejorar la solubilidad de los polifenoles, además, la pequeña cantidad de agua en el sistema solvente binario tiene un impacto significativo, porque crea un medio más polar, mientras que romper los enlaces de hidrógeno facilita la extracción de polifenoles (Jovanovic et al., 2017).

La mezcla de cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (MT4) tuvo $2,16 \pm 0,01$ mmol ET/100 g siendo su capacidad antioxidante menor a la cascarilla de cacao 100 %, teniendo una mezcla de varias hojas pero no actuó de manera sinérgica su capacidad antioxidante, esto puede deberse a sus compuestos de cada hierba que tiene en sus hojas que puede actuar de manera distinta sus compuestos

fenólicos, así mismo Hidalgo et al. (2010) indican que las interacciones de los flavonoides reducen en parte la actividad antioxidante total que se encuentra en las matrices alimentarias de vegetales, extractos de frutas, jugos y otros productos. La incorporación de hojas de limón en la mezcla no mejoró la capacidad antioxidante. Según Latifi et al. (2020) mencionan que el tipo y la calidad de los compuestos fenólicos presentes son responsables de una mayor o menor actividad antioxidante. Así mismo, en un estudio de chocolate oscuro con/sin adición con cáscara de limón en un extracto con acetona 80 % ambos presentaron similar contenido de fenoles 283 mg EAG/L (Albak y Tekin, 2015).

La menor capacidad antioxidante de las mezclas de cascarilla de cacao fue aquella que tuvo cascarilla de cacao 85 % y hoja de canela 15 % (MT3) con $1,94 \pm 0,03$ mmol ET/100 g, no se demostró una buena capacidad antioxidante frente al radical DPPH a pesar de que ambos componentes tienen compuestos fenólicos similares como la catequina, epicatequina, procianidina, rutina, quercetina; esto puede deberse a sus compuestos fenólicos como los flavonoides de la cascarilla de cacao con la canela que puede influenciar en la disminución de la capacidad antioxidante, Hidalgo et al. (2010) realizaron combinaciones entre los flavonoides, siendo la catequina con quercetina-3-glucósido, así como de epicatequina y quercetina-3-glucósido, dando como resultado un efecto antagónico en la actividad antioxidante, así mismo Muhammad et al. (2017) estudiaron el efecto de la combinación en una mezcla binaria entre polvo de canela y polvo de cacao (cacao:canela; 75:25, 50:50 y 25:75), en un extracto metanólico (1:10; p/v), los resultados de la capacidad antioxidante revelaron cuanto mayor es la proporción del polvo de canela la acción antioxidante entre ambas es menos sinérgica.

Tabla 6. Resultados de la capacidad antioxidante (DPPH) en muestra e infusión en cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Materia prima	Código	Muestras (mmol ET/100g)	Código	Infusión (μ mol ET/100 mL)
CC 100 %	MT1	$2,37 \pm 0,02^b$	IT1	$64,36 \pm 1,81^b$
CC 75 %, HL 25 %	MT2	$2,98 \pm 0,01^a$	IT2	$64,24 \pm 2,40^b$
CC 85 %, C 15 %	MT3	$1,94 \pm 0,03^d$	IT3	$73,98 \pm 1,28^a$
CC 85 %, HL 5 %, C 5 %, L 5 %	MT4	$2,16 \pm 0,01^c$	IT4	$57,95 \pm 1,00^b$

Los valores representan (promedio \pm Error estándar) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($P < 0,05$). CC=cascarilla de cacao, HL=hierba luisa, C=canela, L=limón

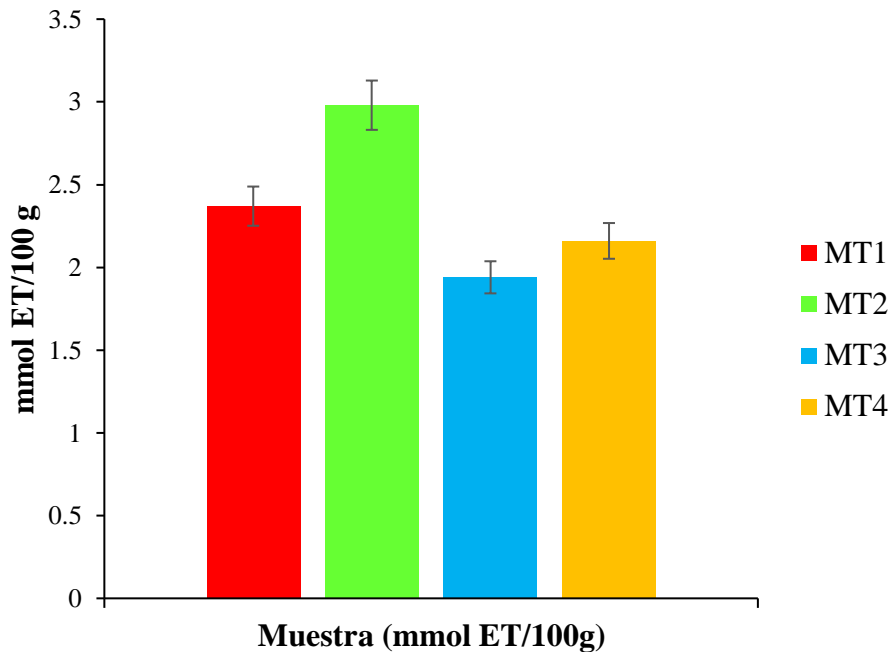


Figura 6. Representación de la capacidad antioxidante (DPPH⁰⁺) en la muestra

Infusiones

Es importante saber sus propiedades que aporta y sus beneficios al consumir las infusiones, según Muñoz-Velázquez et al. (2012) hay un aumento en el consumo de infusiones por sus propiedades beneficiosas, debido a la presencia de compuestos fenólicos, por ello es importante saber sus compuestos bioactivos que aporta, Guija-Poma et al. (2015) indican que se han descrito diferentes técnicas para evaluar la capacidad antioxidante en los alimentos y plantas, pero la que ha recibido una preferencial atención es la técnica que utiliza el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH). Según el análisis estadístico (Anexo-Xb) se encontró diferencia significativa, comparando las medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$); en la Tabla 6 y Figura 7 se presenta el resultado de la capacidad de inhibición al radical DPPH en las infusiones, de esto se obtuvo que en la cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) fue la que tuvo la mayor capacidad de inhibición $73,98 \pm 1,28 \mu\text{mol ET}/100 \text{ mL}$, esto puede deberse a los compuestos fenólicos de la hoja de canela, porque contiene una mayor cantidad de fenoles totales solubles y ácidos fenólicos individuales en la fracción libre (Klejdus y Kovácik, 2016). Así mismo, Durak et al. (2014) refiere que la canela tiene componentes fenólicos como el ácido cinámico, cinamaldehido y la cumarina responsable de su propiedad antioxidante para eliminar eficazmente las especies reactivas de oxígeno, como también confiere sabor y aroma a la bebida. Por otro lado, es importante resaltar que la cascarilla de cacao tuvo buena capacidad para inhibir el radical

DPPH (IC_{50} 7,04 mg/mL) en el estudio de doce muestras de pieles, semillas y cáscaras de cítricos (Ordoñez-Gómez et al., 2018). Las propiedades antioxidantes de la cascarilla de cacao podrían atribuirse al alto contenido en compuestos bioactivos como el flavan-3-ol, catequina y la epicatequina o las metilxantinas como la teobromina y la cafeína (Botella-Martínez et al., 2021). Es importante resaltar que la cascarilla de cacao es el subproducto de la industria del cacao y tiene componentes benéficos tal como lo indican Vásquez et al. (2019) quienes resaltan que el residuo cascarilla de cacao ha sido estudiado en los últimos años debido a su composición química y su amplia gama de usos potenciales en diversas industrias, como la química, alimentaria, ambiental y de salud humana.

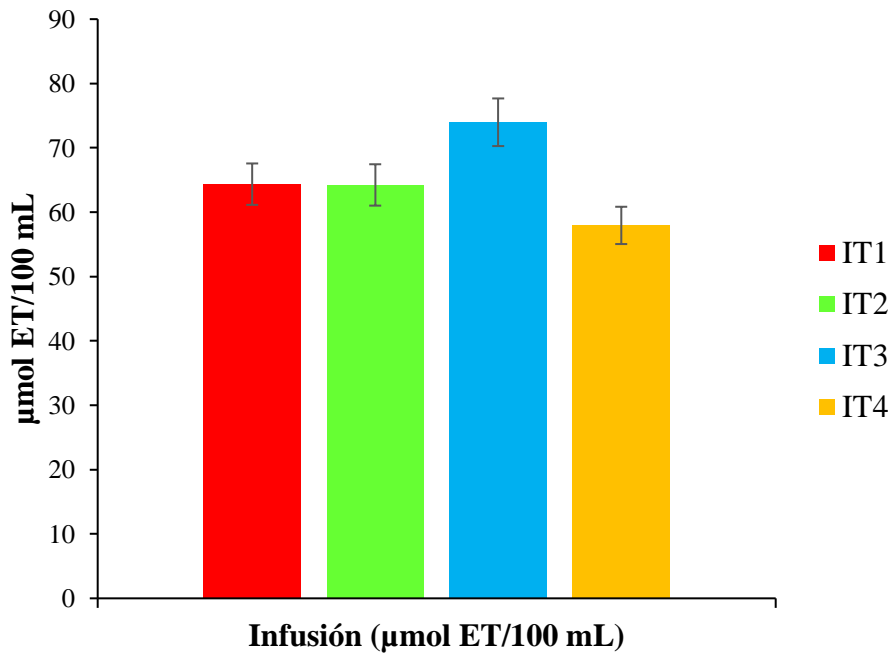


Figura 7. Representación de la capacidad antioxidante ($DPPH^{0+}$) en las infusiones

Las infusiones que mostraron menor capacidad antioxidante fueron IT1 (cascarilla de cacao 100 %), IT2 (cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 %) y IT4 (cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 %) encontrándose en un rango de $57,95 \pm 1,00$ a $64,36 \pm 1,81$ $\mu\text{mol ET}/100 \text{ mL}$; es importante resaltar de los resultados, que en la muestra la mejor capacidad antioxidante frente al $DPPH^{0+}$ lo presentó la mezcla de cascarilla de cacao con hierba luisa, caso contrario sucedió en la infusión, esto posiblemente de debe a lo reportado por Skroza et al. (2015) quienes mencionan que la actividad antioxidante de las mezclas de compuestos fenólicos no se puede determinar a partir de compuesto individual, ya que la mezcla de compuestos individuales está

influenciada por la interacción entre los compuestos fenólicos que pueden ser sinérgicos, aditivos o antagónicos. Así mismo, Hidalgo et al. (2010) mencionan que las antocianinas, quercetina y derivados de quercetina ejercen un buen poder antioxidante individualmente, pero cuando se combinan estos flavonoides, se produce una interacción que afecta su capacidad antioxidante total, llegando a ser algunas veces antagónicos. Por otro lado, es necesario tener presente la influencia de la quercetina en el resultado ya que la cascarilla de cacao y las hojas de canela, hierba luisa y el limón tiene ese compuesto fenólico, Calias et al. (1996) indican que hay varios derivados glicosilados de la quercetina que se encuentran en la naturaleza, están fácilmente disponibles (la rutina y la quercimeritrina), teniendo una baja solubilidad en el agua.

4.2.3. Capacidad de inhibir el radical libre 2,2-azinobis-3-etilbenzothiazolino-6-ácido sulfónico (ABTS^{•+})

Muestras

El ABTS es un método eficaz para la evaluación de la capacidad antioxidante de un alimento o bebida, al respecto Konan et al. (2016) indican que este método ofrece más sensibilidad a la extinción de la absorbancia de la solución ABTS⁰⁺ y más rapidez al ensayo, por ello Karadag et al. (2009) refieren que el ABTS se puede solubilizar tanto en medios acuosos y orgánicos, no se ve afectado por la fuerza iónica, lo que permite medir la capacidad antioxidante debido a las propiedades hidrofílicas y lipofílicas de los compuestos. Según el análisis estadístico (Anexo-XIa) existe una diferencia significativa, haciendo la comparación de medias con la prueba de Tukey ($p < 0,05$); en la Tabla 7 y Figura 8, la mayor capacidad antioxidante lo tuvieron la mezcla de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (MT2) y cascarilla de cacao 100 % (MT1) esto puede deberse a su contenido de capacidad antioxidante tanto de la hierba luisa como la cascarilla de cacao que tuvieron, Wardhani y Estiasih (2014) indican que los flavonoides, especialmente las catequinas y las epicatequinas, son los principales componentes de los productos de cacao que actúan como antioxidantes, Acosta-Otálvaro et al. (2021) realizaron la capacidad antioxidante basada en el DPPH en mezclas de polvo de cacao:café (25:75, 50:50 y 75:25) y demostraron que la primera proporción fue moderadamente antagónica, la segunda casi aditiva y la última ligeramente sinérgica, siendo en las mezclas la proporción, combinación y concentración de cacao quienes juegan la definición del tipo de interacción; debido a eso los compuestos fenólicos de cada muestra actúan de manera diferente, esto concuerda con Muhammad et al.

(2017) quienes afirman que la extracción de compuestos fenólicos es diferente de una muestra a otra, dependiendo de la naturaleza de la matriz de la muestra y sus compuestos activos.

La menor capacidad de inhibir los radicales libres de ABTS fue en cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (MT4) con un valor de $2,17 \pm 0,02$ mmol ET/100 g y también la cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (MT3) con $2,16 \pm 0,04$ mmol ET/100 g, teniendo un efecto de inhibición en la capacidad antioxidante menor frente a los demás; es importante resaltar que las muestras estudiadas son mezclas, esto puede provocar diferentes interacciones; por ejemplo, cuando se combina un compuesto fenólico como ácido gálico con epicatequina, en la mezcla cuanto mayor es la concentración de ácido gálico en su relación con la epicatequina, mayor es la interacción antagónica; así mismo las proporciones que se realiza en la mezcla influyen en la concentración de cada muestra y puede afectar al resultado (Muhammad et al., 2017); de igual manera Enko y Gliszczynska-Świgło (2015) indican que puede cambiarse las propiedades antioxidantes cuando se realiza mezclas en diferentes proporciones, para productos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos.

Tabla 7. Resultados de la capacidad antioxidante (ABTS) en muestra e infusión en cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Materia prima	Código	Muestras (mmol ET/100g)	Código	Infusión (μ mol ET/100 mL)
CC 100 %	MT1	$2,27 \pm 0,01^{ab}$	IT1	$127,53 \pm 1,39^a$
CC 75 %, HL 25 %	MT2	$2,35 \pm 0,01^a$	IT2	$117,50 \pm 0,50^b$
CC 85 %, C 15 %	MT3	$2,16 \pm 0,04^c$	IT3	$129,27 \pm 0,86^a$
CC 85 %, HL 5 %, C 5 %, L 5 %	MT4	$2,17 \pm 0,02^{bc}$	IT4	$101,40 \pm 1,67^c$

Los valores representan (promedio \pm Error estándar) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($P < 0,05$). CC=cascarilla de cacao, HL=hierba luisa, C=canela, L=limón

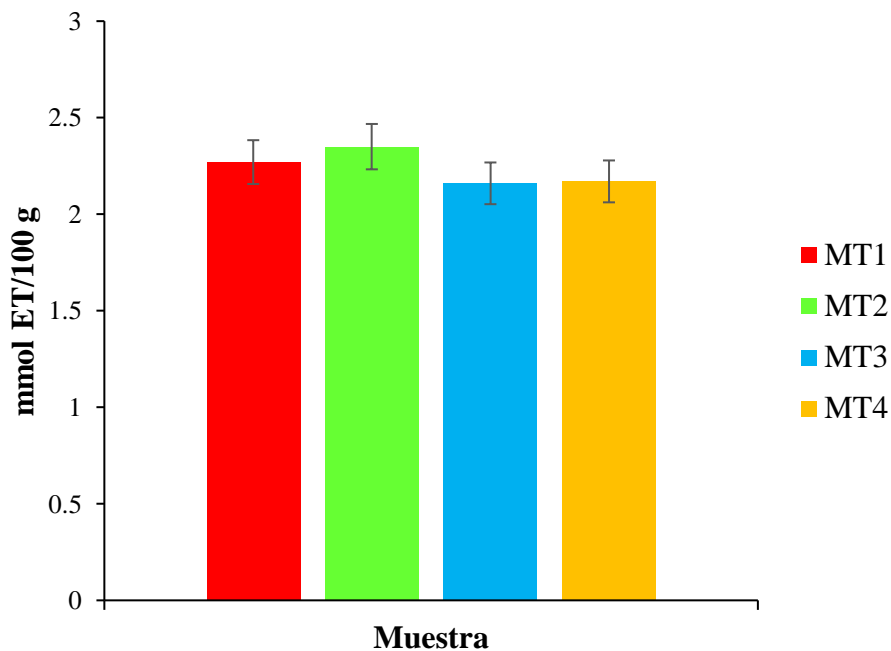


Figura 8. Representación de la capacidad antioxidante (ABTS⁰⁺) en la muestra

Infusiones

La capacidad antioxidante en las infusiones es importante reconocerlas, para ello se puede utilizar el método del ABTS que se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS, debido a su reducción a ABTS por la acción de antioxidantes (Rioja Antezana et al., 2018). En el análisis estadístico se puede apreciar diferencia significativa (Anexo-XIb), según Tukey fueron estadísticamente diferentes; en la Tabla 7 y Figura 9 las infusiones de cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) que tuvo $129,27 \pm 0,86 \mu\text{mol ET}/100 \text{ mL}$ y cascarilla de cacao 100 % (IT1) fue $127,53 \pm 1,39 \mu\text{mol ET}/100 \text{ mL}$, comportamiento similar se demostró frente al radical DPPH, esto indica que la capacidad de inhibir al radical ABTS se encuentra en la cascarilla de cacao porque las muestras tuvieron 100 % y 85 % de cascarilla; según Schinella et al. (2010) mencionan que los principales compuestos de flavanoles presentes en el cacao son los monómeros catequina, epicatequina y el dímero procianidina B2; sin embargo, Islam et al. (2020) evaluaron la capacidad antioxidante frente al ABTS en infusiones de clavo, nigella, jengibre, canela y cardamomo, donde la canela no tuvo buena capacidad para inhibir al radical pero el efecto fue contrario cuando se realizó la combinación de todas.

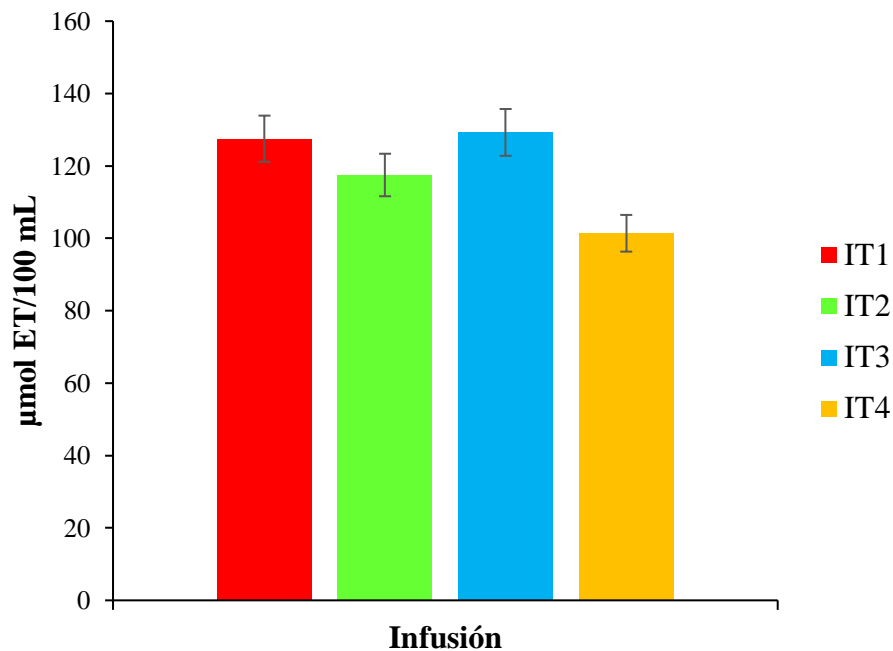


Figura 9. Representación de la capacidad antioxidante (ABTS⁰⁺) en las infusiones

La infusión de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2) tuvo menor capacidad que las dos primeras para inhibir al radical ABTS con $117,50 \pm 0,50$ $\mu\text{mol ET}/100$ mL, la hierba luisa según las informaciones reportadas no presenta buena capacidad antioxidante en el ABTS tal como lo indica Gómez et al. (2018) quienes realizaron la capacidad antioxidante en infusión de hierba luisa y obtuvieron 105 $\mu\text{mol ET}/100$ mL, teniendo la menor capacidad antioxidante de 17 infusiones de diferentes hierbas y especias. La capacidad de inhibir los radicales libres de las infusiones puede estar influenciado por la solubilidad de sus compuestos tal como lo indica Llerena et al. (2017) quienes evaluaron infusiones preparadas con mezclas de cascarilla de cacao con guayusa, hierba luisa y menta, mostrando que la capacidad antioxidante es atribuida a los polifenoles que proviene de la cascarilla de cacao. En la mezcla de cascarilla de cacao y hierba luisa se encuentra el flavonol quercetina que tiene buena capacidad antioxidante, Kaur y Kaur (2014) mencionan que este flavonoide es responsable del color de las verduras, frutas y flores, pero tiene baja solubilidad en agua; López (2002) menciona que los flavonoides son solubles en agua caliente, alcohol y disolventes orgánicos polares e insolubles en los no polares.

La infusión preparada con cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (IT4) presentó la menor capacidad para inhibir al radical ABTS con $101,40 \pm 1,67$ $\mu\text{mol ET}/100$ mL, la preparación de infusiones con una mezcla de hojas aromáticas permite alcanzar una mayor aceptabilidad sensorial por los consumidores

pero no siempre estas bebidas presentan la mejor capacidad antioxidante, a pesar que cada hierba aromática aporta una cantidad de compuestos fenólicos, esto queda evidenciado por Aguilar-Garcia et al. (2007) quienes describen que es necesario tener información sobre las mezclas y proporciones presentes en los sistemas alimentarios que llegan afectar el rendimiento en los antioxidantes, además Durak et al. (2014) mencionan que es importante señalar que la matriz alimentaria tiene un efecto sobre la bioactividad de los compuestos bioactivos, siendo estos los ácidos fenólicos y sus glucósidos, agliconas y flavonoides monoglicosilados o diglicosilados que se distribuyen en los diferentes disolventes en función de la polaridad (Ahmed y Rocha, 2009).

4.3. Determinación de microelementos (Fe, Cu, Zn, Mn) en muestras e infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón

Muestras

La importancia del contenido de mineral de una planta ya sea en las hojas, tallos y raíces, es su contribución en la salud, Mihaylova et al. (2018) indican que los minerales son componentes esenciales de la dieta humana, actuando como cofactores en las reacciones controladas por enzimas. El **hierro** es un microelemento esencial para las plantas y otros organismos, ya que interviene en diversos procesos celulares como la respiración, biosíntesis de la clorofila y fotosíntesis (Kobayashi et al., 2018). A través del análisis estadístico (Anexo-XIIa) se encontró diferencia significativa, mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$); en la Tabla 8 y Figura 10 se muestran los resultados obtenidos del contenido de hierro en las infusiones, donde el mayor contenido lo presentaron la cascarilla de cacao 100 % (MT1) y la mezcla de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (MT2) con $175 \pm 1,6$ y $173,80,4$ mg/kg respectivamente. El valor reportado con respecto al MT1 fue inferior a lo citado por Rojo-Poveda et al. (2020) en cascarilla de cacao tuvo un rango de 276,0–805,0 mg/kg, así mismo lo indican que la diferencia encontrada puede deberse al origen geográfico, la biodisponibilidad y calidad del suelo. Con respecto a la muestra MT2 el contenido de cascarilla de cacao disminuyó al 75 % con respecto a la muestra MT1 pero no se afectó el contenido de hierro posiblemente se deba a la presencia de la hierba luisa, ya que Ordoñez et al. (2021) cuantificaron en hierba luisa 107,5 mg/kg; es importante resaltar que el hierro participa en procesos vitales para el ser humano como la respiración celular y los sistemas enzimáticos (Tostado-Madrid et al., 2015). El menor contenido de hierro fue en la mezcla de cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (MT3) con $147 \pm 1,3$ mg/kg, esta disminución también fue evidenciado por Kumar et al. (2005) cuando analizaron a la canela

100 % tuvo 922 mg/kg, pero en el producto comercial “Pragya-peya” que contenía una mezcla de 12 hierbas (canela, hierba rosha, corteza de arjuna, hojas de laurel, bacopa, hinojo, nutgrass, sándalo rojo, shankhpushpi, indigo silvestre, albahaca sagrada, raíz de licor) el contenido bajó a 676 mg/kg, esto indica que cuando se realiza una mezcla de hierbas aromáticas para infusiones el contenido del mineral no es igual que cuando se analiza solo la muestra al 100 %; este efecto fue explicado por Basgel y Erdemoglu (2012) quienes indican que el contenido de minerales puede verse afectado por distintos parámetros, como la matriz orgánica y el contenido mineral original de la muestra.

El **cobre** es un microelemento que desempeña diferentes funciones en la planta como transporte de electrones en la fotosíntesis y respiración (Yruela, 2009), están en concentraciones de 5 a 30 mg/kg (Morales y Jiménez, 2012). En el análisis estadístico (Anexo-XIIb) se encontró diferencia significativa mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$), en la Tabla 8 la mayor cantidad correspondió a la cascarilla de cacao 100 % (MT1) fue $47,1 \pm 0,1$ mg/kg, este resultado se encuentran dentro del rango establecido por Rojo-Poveda et al. (2020) de 23,5–66,2 mg/kg. El menor contenido correspondió a las mezclas de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (MT2) ($33,3 \pm 0,1$ mg/kg) y cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (MT3) ($34,4 \pm 0,1$ mg/kg), todas las muestras tienen como base la cascarilla de cacao que es una buena fuente de cobre, pero cuando se mezcla con hojas de especies aromáticas como canela y hierba luisa el contenido de este disminuye; pero este comportamiento fue contrario cuando se encontró en la canela al 100 % fue 7,12 mg/kg, y cuando se realizó la mezcla con canela, salvia, comino, olibano, manzanilla, menta, anís, flor de hinojo, jengibre, tomillo, jamaica, toronjil, fenogreco, cardamomo, raíces de shirsh zallouh y zhourat logra subir a 12 mg/kg (Ababneh, 2017). Esta controversia encontrada es explicada por Gharibzahedi y Jafari (2017) quienes mencionan que la disponibilidad de los minerales depende de la matriz alimentaria y el tipo de hierba o especia que se va a estudiar.

La concentración de **zinc** en las plantas varía entre 20 a 40 mg/kg (Tsonev y Lidon, 2012) y en el área foliar llega hasta 100 mg/kg mayor a esta provoca toxicidad ocasionando clorosis, retraso en el crecimiento y estrés oxidativo (Stanton et al., 2022). Según el análisis estadístico (Anexo-XIIc) existe diferencia significativa y mediante Tukey ($p < 0,05$) la mezcla de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (MT2) tuvo el mayor valor; según Alabi et al. (2021) cuando estudiaron la chancapiedra 100 % obtuvieron 18,3 mg/kg y cuando combinó con hierba luisa subió a 19,1 mg/kg; así también Aldars-García et al. (2013) realizaron una mezcla de hierba luisa, hibisco, orujo, romero, jengibre 6 %, guaraná 2 %, remolacha y trozos de frambuesa 1 % fue 33,2 mg/kg, pero cuando se realizó una

combinación con hierba luisa, menta 35 %, aroma natural de lima, aroma natural de limón, lima 1 % y extracto de aloe vera 0,5 %, el contenido de subió a 34,4 mg/kg. El menor contenido de zinc tuvo la muestra de cascarilla de cacao 100 % ($1,4 \pm 0,0$ mg/kg), valor muy inferior a lo reportado por Rojo-Poveda et al. (2020) donde el contenido de zinc tuvo un rango de 27,5–190,0 mg/kg; la variación encontrada puede ser explicada por Kabata-Pendias (2004), que la influencia de los parámetros del suelo y la capacidad de absorción de las plantas son los principales factores que rigen la disponibilidad de los minerales.

El **manganeso** es un micronutriente esencial fundamental para la nutrición y el crecimiento de las plantas; en las hojas de muchas especies se encuentra entre 30 a 500 mg/kg (Millaleo et al., 2010). Según el análisis estadístico (Anexo-XIIId) hay diferencia significativa mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$); en la Tabla 8 se muestra los resultados del contenido de manganeso, donde el mayor contenido fue para la cascarilla de cacao 100 % (MT1), cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (MT3) y cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (MT4); para el MT1 el valor reportado fue superior a lo mencionado por Rojo-Poveda et al. (2020) 45,3 mg/kg. Las muestras MT3 y MT4 fueron mezclas de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas y el valor encontrado supera a lo reportado por Aldars-Garcia et al. (2013) cuando evaluaron en una mezcla de orujo al 58 %, canela al 9 %, aromas, hibisco al 7 %, regaliz, ácido málico, ácido cítrico, rosa mosqueta y nata deshidratada el resultado fue 39,5 mg/kg, pero cuando se mezcló rooibos al 88 %, canela al 7 %, cardamomo y jengibre fue 77,9 mg/kg. El menor contenido de manganeso fue para la mezcla de cascarilla de cacao 75 % con hierba luisa 25 % (MT2) $85,5 \pm 5,0$ mg/kg, este comportamiento posiblemente se deba a que puede existir interacciones complejas entre sus elementos dando efectos sinérgicos o antagónicos, dependiendo del grado y número de elementos (Rivelli et al., 2012). Es importante recordar, que el manganeso es esencial para los seres humanos y animales, se encuentra en muchos alimentos (OMS, 2006), sirve para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que mantiene las funciones metabólicas en diferentes partes de las células vegetales (Alejandro et al., 2020).

Tabla 8. Resultados del contenido de microelementos en muestra e infusión en cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Materia prima	Código	Fe	Cu	Zn	Mn
Muestra (mg/kg)					
CC 100 %	MT1	175,0±1,6 ^a	47,1±0,1 ^a	1,4±0,0 ^d	143,7±7,8 ^a
CC 75 %, HL 25 %	MT2	173,8±0,4 ^a	33,3±0,1 ^c	3,7±0,1 ^a	85,5±5,0 ^b
CC 85 %, C 15 %	MT3	147,0±1,3 ^c	34,4±0,1 ^c	2,8±0,0 ^c	139,7±4,6 ^a
CC 85 %, HL 5 %, C 5 %, L 5 %	MT4	152,5±0,6 ^b	38,2±0,5 ^b	3,1±0,1 ^b	134,0±4,5 ^a
infusión (mg/L)					
CC 100 %	IT1	9,20±0,46 ^a	0,118±0,00 ^a	0,045±0,00 ^a	0,43±0,01 ^b
CC 75 %, HL 25 %	IT2	7,37±0,24 ^b	0,089±0,00 ^b	0,042±0,00 ^a	0,50±0,01 ^a
CC 85 %, C 15 %	IT3	5,47±0,19 ^c	0,076±0,00 ^b	0,045±0,00 ^a	0,35±0,01 ^c
CC 85 %, HL 5 %, C 5 %, L 5 %	IT4	7,40±0,21 ^b	0,090±0,00 ^b	0,036±0,00 ^b	0,32±0,01 ^c

Los valores representan (promedio ± Error estándar) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos. CC=cascarilla de cacao, HL=hierba luisa, C=canela, L=limón.

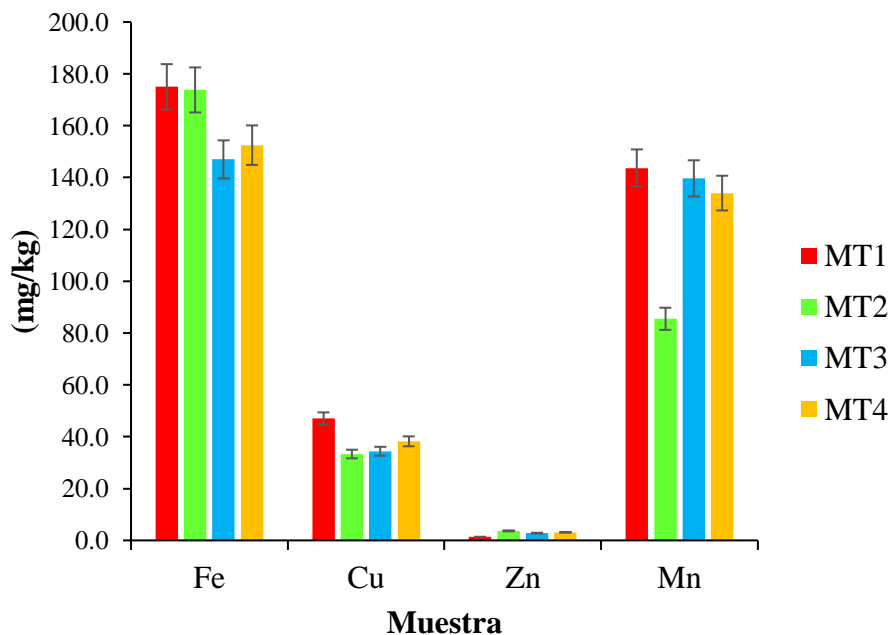


Figura 10. Representación del contenido de microelementos (Fe, Cu, Zn y Mn) en la muestra

Infusión

El contenido de microelementos como hierro, cobre, manganeso y zinc fue variable, resaltando en todas las infusiones el contenido. El hierro es un microelemento que es constituyente vital en la hemoglobina, interviene en la respiración celular, oxidación de ácidos

grasos, glicolisis y síntesis de ADN (Reynaud, 2014). En el análisis estadístico (Anexo-XIIIa) existe diferencia significativa, mediante comparación de medias por Tukey ($p < 0,05$); los resultados obtenidos del contenido de hierro se encuentran en la Tabla 8, la mayor cantidad de este mismo microelemento fue para la infusión de cascarilla de cacao 100 % (IT1) con $9,20 \pm 0,46$ mg/L, esta cantidad fue superior a la infusión de piel de orujo de uva $0,1$ mg/L (Gerardi et al., 2020). El menor contenido de **hierro** lo presentó la infusión de cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) ($5,47 \pm 0,19$ mg/L); siendo esta cantidad mayor a la infusión preparada con mezcla de orujo 58 %, canela 9 %, aromas, hibisco 7 %, regaliz, ácido málico, ácido cítrico, rosa mosqueta y nata deshidratada ($0,228$ mg/L), pero fue menor cuando se mezcló rooibos 88 %, canela 7 %, cardamomo y jengibre ($0,052$ mg/L) (Aldars-Garcia et al., 2013). La cantidad de hierro que se logra extraer en la infusión de la muestra es menos del 10 % y en promedio es 3,5 % y la eficiencia de extracción del mineral de la materia prima herbaria, está influenciada por el tipo de especie y su forma de preparación (Ababneh, 2017).

El **cobre** tiene un rol importante en la salud humana y está involucrado en la eritropoyetina, la formación de mielina, la modulación del metabolismo de las catecolaminas y la protección antioxidante (Ciftci et al., 2020). Se puede apreciar que hay diferencia estadística significativa (Anexo-XIIIb) mediante comparación de medias por Tukey ($p < 0,05$); en la Tabla 8 se encuentra el contenido de cobre en las infusiones, donde la mayor cantidad de este microelemento fue para la cascarilla de cacao 100 % (IT1) con $0,118 \pm 0,00$ mg/L, comparado a las infusiones donde se ha realizado la mezcla con hojas de especies aromáticas; valor similar fue reportado en la infusión de cáscara de nuez con un contenido de cobre de $0,13$ mg/L (Simsek y Süfer, 2021). La cantidad encontrada no supera el requerimiento diario tal como lo indica Calañas-Continente (2005) el límite superior de consumo de cobre es de 5-10 mg/día. La menor cantidad de cobre fue para las infusiones de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2), cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3), cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (IT4) con un rango de $0,076 \pm 0,00$ a $0,090 \pm 0,00$ mg/L; al preparar infusiones con mezclas herbarias se puede provocar aumento o disminución en el contenido de microelementos ya que el aporte mineral depende de cada planta tal como le sucedió a Aldars-García et al. (2013) cuando realizaron una infusión de hierba luisa 100 % el contenido de cobre fue $0,047$ mg/L, pero cuando se preparó la infusión con hierba luisa, manzana 20 %, hinojo, menta 10 %, saúco 7 %, raíz de achicoria, hojas de malva 5 %, piel de limón y aroma el resultado bajó a $0,041$ mg/L. Por otro lado, el rango de cobre en las infusiones varió de $0,076 \pm 0,00$ a $0,118 \pm 0,00$ mg/L, siendo similar a lo reportado por Malik et al. (2013) quienes realizaron el contenido de

este microelemento en infusiones de 10 plantas herbales obteniendo un rango de 0,041 a 0,612 mg/L y en hierba luisa (100 %) 0,091 mg/L; y Özcan et al. (2008) en infusión de canela obtuvieron 0,050 mg/L.

El **zinc** es un componente esencial en las enzimas que participan en la digestión y el aprovechamiento de las grasas, las proteínas y los carbohidratos; está estrechamente relacionado con la producción de energía y también fortalece el sistema inmunológico (De la Guardia Peña et al., 2011). En el análisis estadístico (Anexo-XIIIc) se puede observar que hay diferencia significativa mediante la comparación de medias por la prueba de Tukey ($p < 0,05$); el contenido de zinc en las infusiones se encuentra en la Tabla 8, se aprecia que existe similitud entre la cascarilla de cacao 100 % (IT1), cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2), cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) con un rango de $0,042 \pm 0,00$ a $0,045 \pm 0,00$ mg/L siendo superior en contenido a la cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (IT4) $0,036 \pm 0,00$ mg/L. Con respecto al menor contenido Aldars-García et al. (2013) reportaron al elaborar una infusión de flor de naranja y hierba luisa el contenido fue 0,152 mg/L, pero cuando realizó la infusión con una mezcla de teja 25 %, flor de naranja 25 %, hierba luisa 25 % y melisa 25 % el contenido de zinc llegó bajar a 0,144 mg/L, esto ocurre cuando se realiza distintas mezclas de hierbas va haber una variación del contenido del microelemento al analizar la infusión; por los resultados encontrados e información revisadas las infusiones no son buena fuente de zinc ya que Calañas-Continente (2005) recomiendan que en la dieta el consumo del zinc es de 8 a 11 mg/día en los alimentos, agua y suplementos, y Lugo (2017) mencionan que el zinc se encuentra distribuido tanto en alimentos como en bebidas y en vegetales el contenido de zinc es bajo.

El **manganeso** es un microelemento que tiene un papel importante en la prevención de enfermedades neurodegenerativas y es esencial para el crecimiento, desarrollo y la homeostasis celular (Ciftci et al., 2020). Según el análisis estadístico (Anexo-XIII d) se encontró diferencia significativa, las mismas fueron ordenadas mediante la comparación de medias por Tukey ($p < 0,05$) y los resultados se encuentran en la Tabla 8; el mayor contenido de manganeso lo presentó la infusión de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2) fue $0,50 \pm 0,01$ mg/L y el menor fue para la infusión de cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) con $0,35 \pm 0,01$ mg/L y cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (IT4) con $0,32 \pm 0,01$ mg/L; según los resultados se puede apreciar que variando las hojas de especies aromáticas el contenido de manganeso se ve afectado tal como lo demuestran Aldars-García et al. (2013) cuando prepararon infusiones de

hierba luisa con manzanilla, rooibos, menta, anís, regaliz el contenido fue 0,135 mg/L, pero cuando preparó hierba luisa con manzana, hinojo, menta, saúco, raíz de achicoria, hojas de malva, piel de limón y aroma el contenido fue 0,067 mg/L. El contenido de manganeso en las infusiones preparadas a base de cascarilla de cacao y hojas de especies aromáticas tuvo un rango 0,32 a 0,50 mg/L, menor a lo reportado por EFSA (2006) en una taza de té de 0,4 a 1,3 mg, ambos resultados aportarían mínimamente en el cumplimiento del requerimiento de manganeso 1,5 a 5,3 mg/día (Atasoy et al., 2019); el consumo de este microelemento es beneficioso para la salud, porque mantiene estable el ritmo cardíaco, contribuye al sistema inmunológico, mantiene los huesos fuertes, ayuda a regular los niveles de azúcar en la sangre, promueve la presión arterial normal, participa en el metabolismo energético y la síntesis de proteínas (Baca-Ibáñez et al., 2015).

4.4. Determinación de la evaluación sensorial de atributos en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas de hierba luisa, canela y limón

4.4.1. Evaluación del atributo aroma

El **aroma floral** es una de las características principales de las plantas (Abbas et al., 2021). Según el análisis estadístico (Anexo-XIVa) se encontró diferencia significativa, mediante la comparación de medias con la prueba de Tukey; los resultados se encuentran en la Tabla 9 donde la infusión cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2) y cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) fueron los que tuvieron mayor calificación en el atributo aroma con puntajes de 2,65 y 2,79 “intenso” respectivamente, cabe indicar que ambas muestras tuvieron como especie aromatizante la hierba luisa y canela lo que hace resaltar frente a las demás, esto es debido a sus compuestos como el citral y el mirceno que se encuentra en la hierba luisa que destaca en su aroma (Wifek et al., 2016), mientras en la canela los componentes que se encuentran son la cumarina, alcohol cinámico, ácido de canela, cinamaldehído y eugenol (Pramote et al., 2012); el menor contenido fue la infusión de cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (IT4), hay algunas especies aromáticas que un aroma se complementa con otros, pero hay aromas que no se llegan complementar como en la mezcla de cascarilla de cacao con la hierba luisa, canela y limón que pierde la armonía en el aroma, Pérez-Burillo et al. (2017) mencionan que la correlación entre la composición de una infusión, es debido a la gran cantidad de especies y compuestos químicos que juegan un papel en el sabor y el aroma.

Tabla 9. Resultado de la evaluación sensorial del atributo aroma en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Muestra	Código	Floral	Cítrico	Herbal	Frutos secos	Canela
CC 100 %	IT1	2,4±0,1 ^{ab}	1,5±0,1 ^b	1,6±0,1 ^c	2,6±0,2 ^a	1,6±0,1 ^b
CC 75 %, HL 25 %	IT2	2,7±0,1 ^a	2,3±0,1 ^a	3,7±0,2 ^a	1,4±0,1 ^b	1,5±0,1 ^b
CC 85 %, C 15%	IT3	2,7±0,2 ^a	1,8±0,2 ^b	2,3±0,1 ^b	2,3±0,1 ^a	3,4±0,2 ^a
CC 85 %, HL 5 %, C 5 %, L 5 %	IT4	1,9±0,2 ^b	1,6±0,1 ^b	2,4±0,1 ^b	2,2±0,1 ^a	1,8±0,1 ^b

Los valores representan (promedio ± Error estándar) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$). CC=cascarilla de cacao, HL=hierba luisa, C=canela, L=limón.

El **aroma a cítrico** es muy utilizado en la industria de la perfumería e industria alimentaria (Lermen et al., 2015), se encuentra presente en frutos como limón, naranja, mandarina. lima, entre otros. En los resultados de la comparaciones entre las cuatro muestras evaluadas se encontró diferencia significativa (Anexo-XIVb) y ante la prueba de Tukey, la infusión de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % tuvo mayor puntaje 2,3 “apenas” frente a las demás infusiones, esto indica que la cascarilla de cacao con hierba luisa tiene buena asociación en el aroma, según Muala et al. (2021) mencionan que la hierba luisa tiene compuestos como el aldehído citral que es responsable de las propiedades aromáticas y antimicrobianas, así mismo Oladeji et al. (2019) encontraron compuestos como citral, neral y geranial, siendo los componentes aromáticos que resaltan en la infusión debido a la presencia de la hierba luisa, además Ahmadi et al. (2022) indican que el aroma cítrico de las hojas de la planta es una opción ideal para su uso en refrescos e infusiones.

Según los resultados presentados en la Tabla 9 el **aroma herbal** presentó diferencia significativa (Anexo-XIVc) y mediante la prueba de Tukey la infusión con mayor puntaje en el aroma herbal fue la cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % con un puntaje de 3,65 “muy intenso” frente a las demás infusiones, esto posiblemente se debe a su alto componente aromático que tiene la hierba luisa, que es principalmente el citral y otros componentes (Abbas et al., 2019). El menor puntaje en este atributo fue para cascarilla de cacao 100 % (IT1) con un puntaje de 1,6 “ausente”, mientras que Castro-Alayo et al. (2019) mencionan que el cacao tiene aromas frutales, herbal, madera, frutos secos y caramelo; no llega a destacar en el atributo, de manera similar Goulas et al. (2021) encontraron en orujo de uva puro, ausencia en el aroma herbal comparado a las infusiones de orujo de uva con mezclas de cedrón y toronjil.

El **aroma frutos secos** se caracteriza por tener un aroma a avellana, almendra y nueces (Adenet et al., 2020). En las cuatro muestras evaluadas hay diferencia estadística significativa (Anexo-XIVd), mediante la prueba de Tukey las infusiones con mayores calificaciones en el atributo aroma a frutos secos fueron la cascarilla de cacao 100 % (IT1), cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) y cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (IT4) con calificaciones “apenas”; el aroma a frutos secos en el cacao es una característica resaltante y posiblemente la cascarilla también puede tenerlo; al respecto Mestanza et al. (2021) y Colonges et al. (2022) indican que los aromas presentes en el cacao se deben a los compuestos volátiles como la pirazinas, cetonas y aldehídos, que se llegan a formar durante el tostado.

El **aroma a canela** es muy utilizado en alimentos, productos farmacéuticos, bebidas, entre otros (Cardoso-Ugarte et al., 2016). Los resultados en el atributo aroma a canela, presentaron diferencia significativa (Anexo-XIVe), comparando mediante la prueba de Tukey la infusión de cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) presentó mayor calificación con un puntaje de 3,4 “intenso” frente a las demás, esto es debido a que el cinamaldehído que se encuentra presente en la hoja de canela (Concas et al., 2021), por esta razón la canela es utilizada en el mundo en la gastronomía y cosméticos (Dal Santo et al., 2021).

4.4.2. Evaluación del atributo sabor

Los atributos de sabor fueron amargo, astringente, dulce, ácido y persistente; los resultados se presentan en la Tabla 10. El **sabor amargo** se encuentra en muchos alimentos, siendo este la principal influencia en las elecciones de los alimentos (Drewnowski, 2001) y la aceptabilidad del amargor como la cerveza, café, té y cacao. Los resultados obtenidos en las cuatro infusiones no presentaron diferencia estadística (Anexo-XIa), pero si diferencia numérica, todas las infusiones tuvieron un calificativo de sabor amargo “apenas”, cabe indicar que la base de todas las muestras fue la cascarilla de cacao la misma que se caracteriza por tener cierto amargor por la presencia de polifenoles, metilxantinas, saponinas y taninos (Ziemlewska et al., 2021). Además, Drewnowski (2001) menciona que el amargor ayuda a equilibrar el perfil del sabor en los alimentos y bebidas.

El **sabor astringente** se encuentra presente en las frutas, verduras y en particular en bebidas como té, café, jugo de naranja o vino (Valentová et al., 2001). Las infusiones analizadas no mostraron diferencia estadística (Anexo-XVb), la calificación que recibieron estuvo entre “ausente” y “apenas”, la infusión de cascarilla de cacao 100 % (IT1)

mostró “ausencia” en el sabor astringente, posiblemente se deba por efecto del tostado, debido a su polimerización y/u oxidación que son los responsables del amargor y astringencia (Sanchez-Capa et al., 2022). El sabor astringente “apenas” presentado en las infusiones que contenían cascarilla de cacao con las hojas de especies aromáticas como hierba luisa, canela y limón puede deberse a lo citado por Ashok y Upadhyaya (2012) quien menciona que cualquier tipo de hoja para té que se sumerge en agua caliente, producen un ligero sabor astringente debido a la presencia de taninos.

Tabla 10. Resultado de la evaluación sensorial del atributo sabor en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Muestra	Código	Amargo	Astringente	Dulce	Ácido	Persistente
CC 100 %	IT1	2,0±0,2 ^a	1,4±0,1 ^a	1,5±0,1 ^a	1,3±0,1 ^a	2,5±0,1 ^a
CC 75 %, HL 25 %	IT2	1,7±0,1 ^a	1,5±0,1 ^a	1,8±0,1 ^a	1,4±0,1 ^a	2,4±0,1 ^a
CC 85 %, C 15 %	IT3	1,7±0,1 ^a	1,5±0,1 ^a	1,7±0,2 ^a	1,2±0,1 ^a	2,7±0,1 ^a
CC 85 %, HL 5 %, C 5 %, L 5 %	IT4	1,9±0,1 ^a	1,7±0,1 ^a	1,6±0,1 ^a	1,4±0,1 ^a	2,6±0,1 ^a

Los valores representan (promedio ± Error estándar) repeticiones (n=3) valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativos ($p \leq 0,05$). CC=cascarilla de cacao, HL=hierba luisa, C=canela, L=limón.

Los estímulos gustativos naturales permiten elegir y consumir alimentos apropiados y una preferencia de las personas es el **sabor dulce** mostrado por los azúcares (Bachmanov et al., 2011). Este atributo no mostró diferencia estadística (Anexo-XVc) en las infusiones, la infusión de cascarilla de cacao 100 % (IT1) fue calificada como “ausente” y las demás infusiones “apenas”. La calificación “ausente” en la cascarilla de cacao 100 % (IT1) puede deberse a lo indicado por Zhang et al. (2016) quienes mencionan que las catequinas se asocian con el dulce en las infusiones, pero la astringencia puede inhibir y retrasar este sabor. Además, las infusiones con hojas de hierba luisa, canela y limón que tuvieron un calificativo “apenas” puede aducirse a que las hojas contienen componentes como fenoles, cafeína y también catequina, que le confieren el sabor dulce, tal como lo indican Ahmed y Stepp (2013) que las hojas frescas presentan concentraciones altas en catequinas.

El **sabor ácido** conocido también como sabor agrio es una de las cinco principales cualidades gustativas que llegan a percibir las personas, junto con el salado, dulce, sabor agradable y el amargo (Frank et al., 2022). Las infusiones preparadas no mostraron

diferencia estadística (Anexo-XVd), teniendo una calificación “ausente” en todas las muestras, cabe indicar que todas las infusiones en su formulación contienen entre 75 % a 100 % de cascarilla de cacao, según Afoakwa et al. (2008) el proceso de secado disminuye los ácidos volátiles, lo que conlleva a reducir los niveles de acidez y astringencia en las semillas de cacao.

El **sabor persistente** esta referido a la respuesta persistente que queda después de haber ingerido un alimento (Fan et al., 2019). Según los resultados las infusiones no mostraron diferencia estadística (Anexo-XVe) y tuvieron una calificación entre “apenas” a “intenso”; las interacciones de la mezcla de sabores como dulce, amargo, agrio y los elementos volátiles del sabor, se suman a la complejidad y al disfrute del té, café, chocolate, jugos de frutas y otras bebidas (Drewnowski, 2001).

Correlación entre las infusiones

El coeficiente de correlación mide el grado la conexión que hay entre dos variables aleatorias y oscila entre $-1 \leq \rho \leq 1$ (Restrepo y González, 2007), las variables se asocian cuando la relación es positiva y cuando no se asocian es negativo. En la Tabla 11 se encuentra los resultados de la matriz de correlación/coeficientes de Pearson en los atributos en las infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas, en ella se puede apreciar que la variable aroma **cítrico** y el **aroma herbal** tiene una correlación positiva (0,94), que puede estar asociado con sus componentes aromáticos, tal como lo indican Pérez-Burillo et al. (2017) que las características presentes en el aroma pueden encapsular el aroma dominante en la infusión.

En la Tabla 11 podemos apreciar entre el **aroma cítrico** con el **aroma frutos secos** existe una correlación negativa (-0,95); la cascarilla de cacao puede tener el aroma a frutos secos, nueces, cacao y chocolate ya que estos compuestos aromáticos se forman durante el proceso de fermentación, secado y tostado del grano (Fuentes et al., 2019). La presencia del aroma cítrico puede deberse a que las infusiones contienen hojas de limón, canela y hierba luisa ya que entre sus componentes se encuentran aceites esenciales, ácidos fenólicos, alcaloides y terpenos (Narang y Jiraungkoorskul, 2016).

El **aroma cítrico** con el **sabor dulce** mostró una correlación positiva (0,92), al respecto Zhang et al. (2020) indican que normalmente ocurren muchas interacciones entre el sabor y aroma cuando bebemos infusiones o café, ya que el gusto puede aumentar la intensidad del aroma, como también los sabores percibidos puede aumentar cuando probamos

bebidas aromatizadas, así mismo, Qin et al. (2013) resaltan que hay una relación positiva entre los atributos dulces, cítricos, afrutados y florales.

Tabla 11. Análisis de la matriz de correlación/Coeficientes de Pearson en el aroma y sabor de infusiones de cascarilla de cacao aromatizadas

Matriz de correlación/Probabilidades										
	Aroma					Sabor				
	Floral	Cítrico	Herbal	Frutos secos	Canela	Amargo	Astringente	Dulce	Ácido	Persistente
A. Floral	1									
A. Cítrico	0,61	1								
A. Herbal	0,34	0,94	1							
A. Frutos secos	-0,32	-0,95	-1	1						
A. Canela	0,41	-0,13	-0,21	0,27	1					
S. Amargo	-0,57	-0,82	-0,82	0,78	-0,39	1				
S. Astringente	-0,64	-0,06	0,26	-0,23	0,04	-0,26	1			
S. Dulce	0,58	0,92	0,91	-0,88	0,21	-0,98	0,19	1		
S. Ácido	-0,49	0,38	0,61	-0,64	-0,74	-0,14	0,57	0,26	1	
S. Persistente	-0,03	-0,44	-0,40	0,46	0,90	-0,14	0,35	-0,06	-0,58	1

El atributo **sabor amargo** con el **sabor dulce** presentó una correlación negativa (-0,98), esto es debido a que no hay interacción entre el sabor amargo sobre el dulce, así mismo Wang et al. (2021) demostraron que hay una correlación positiva entre amargo y astringente, una correlación negativa entre amargo, dulce y sabor agradable; sin embargo, Chen et al. (2009) indican que la astringencia y el amargor con el dulce no pueden tener una buena correlación debido a que la sensación de dulce se reduce frente al amargor o astringencia.

Análisis de componentes principales de los atributos

El gráfico de componentes principales permite identificar un conjunto reducido de características que representan los datos originales con un espacio de menor dimensión (Kherif y Latypova, 2020), de modo que es utilizado en el análisis sensorial para mostrar las

relaciones entre los atributos y también entre muestras individuales (Koch et al., 2012). Según la Matriz de autovalores (Anexo-XVI) asociada al análisis de componentes principales (ACP) que considera los resultados de los atributos sensoriales de aroma y sabor en las infusiones (Figura 11), la lectura del biplot del primer componente principal (CP1) indica que las variables de los atributos del sabor dulce, astringente y ácido como también el aroma cítrico, herbal y floral representan un 52 % de la variabilidad total, lo que indicaría que estas variables descritas son suficientes para describir el aroma y sabor de las infusiones, dejando de lado a los demás; así mismo, las variables aroma cítrico y herbal con el sabor dulce enmarcadas en el círculo celeste (Figura 11) tuvieron el mayor CP1 y predominaron en la infusión de cascarrilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2), este efecto también fue corroborado en la correlación positiva entre el aroma cítrico con herbal (0,94), aroma cítrico con sabor dulce (0,92) y aroma herbal con sabor dulce (0,91) (Tabla 11); según Zhu et al. (2015) en su investigación en la infusión de té oolong demostraron que la β -damascenone fue el compuesto característico del aroma dulce y el 6-methyl-5-hepten-2-one contribuyó en gran medida en el aroma frutal.

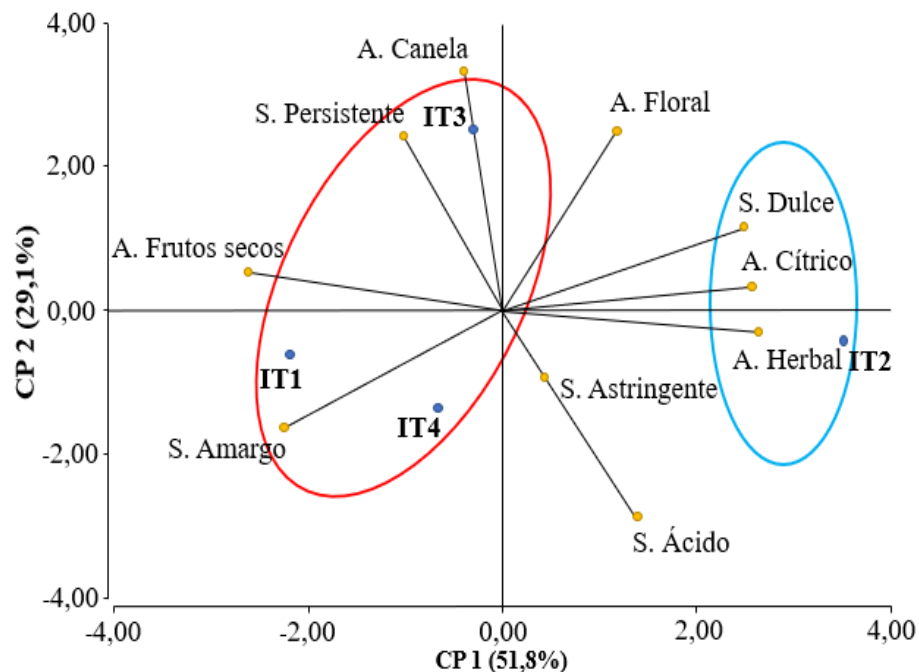


Figura 11. Análisis de componentes principales de los atributos sensoriales de la infusión

En el segundo componente principal (CP2) las variables de los atributos de aroma canela, floral, frutos secos y cítrico, juntamente con sabor persistente y dulce representa el 29 % de la variabilidad total, sin embargo, la variable aroma canela tuvo mayor

CP2 (Anexo-XVI) predominando en la infusión de cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3), con una correlación positiva entre el aroma canela vs sabor persistente (0,90) (Tabla 11); al respecto, Oliveira et al. (2014) resaltan que los componentes de una bebida saludable afectan positiva o negativamente en las características sensoriales principalmente en el color, sabor y astringencia; estos atributos permiten la aceptabilidad o rechazo en la bebida. En general, el primer y segundo componente hacen un 81 % de la variabilidad total, la diferencia restante 19 % corresponde a otros componentes como CP3, CP4, CP5 y otros más como indican Pastoriza et al. (2017) que la variación podría deberse a la cantidad y los diferentes compuestos presentes en la infusión.

Dendograma de las infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Analizando el dendograma con una distancia de 0 a 5 con las cuatro muestras se pueden diferenciar tres grupos (Figura 12), el primer grupo está conformado por dos muestras, siendo las infusiones de cascarilla de cacao 100 % (IT1) y cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 % (IT4), en estas infusiones se resaltan los atributos de aroma a fruto secos y sabor amargo; Meng y Zhengquan (2019) indican que la infusión tiene perfiles de aroma y sabor complicados, ya que la temperatura y la matriz afectan en la bebida a la hora de evaluar; mientras, Zhuang et al. (2020) resaltan que los taninos y polifenoles son los principales compuestos que provocan el amargor y astringencia en bebidas.

En el segundo grupo, solo destacó la infusión de cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3), resaltando en ella el aroma a canela y floral, como también el sabor persistente, Singh et al. (2021) en su estudio de infusión de seda de maíz con canela tuvo una puntuación alta en la evaluación sensorial, ya que la canela es un potenciador de aroma y sabor en las bebidas de té, café y cacao. Guo et al. (2020) indican que hay una relación entre los componentes volátiles específicos y los atributos del aroma en una bebida.

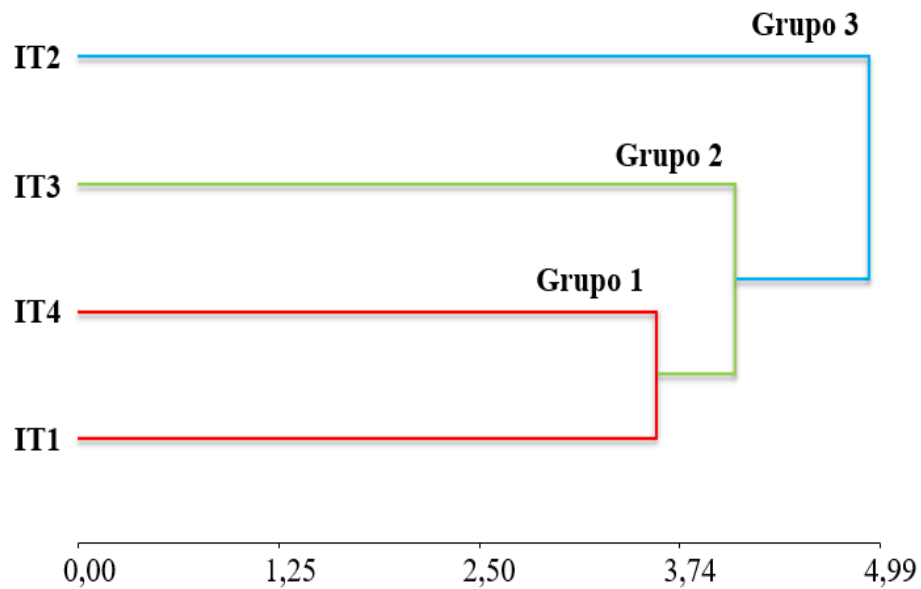


Figura 12. Dendrograma del tratamiento patrón y las mezclas considerando los atributos sensoriales.

En el tercer grupo, se encuentra presente solo la infusión de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2), donde los atributos de aroma cítrico y herbal como también el sabor dulce son los que predominan en esta bebida, teniendo una muy buena aceptación sensorial, Qin et al. (2013) en el estudio de infusiones de té verde y té negro encontraron persistencia en el descriptor de aroma a malta, dulce, cítrico, afrutado y floral considerados como atributos positivos y resinoso como atributo negativo; así mismo, Wang et al. (2017) indican que los polisacáridos, cafeína, polifenoles y las catequinas, que son altamente solubles en agua y estas sustancias afectan el sabor de la infusión.

V. CONCLUSIONES

- ✓ Las infusiones IT4 (cascarilla de cacao 75 % y hoja de hierba luisa 25 %), IT9 (cascarilla de cacao 85 % y hoja de canela 15 %) y IT11 (cascarilla de cacao 85 % con hojas de hierba luisa 5 %, canela 5 % y limón 5 %) tuvieron una mayor aceptabilidad sensorial debido a la mejora de las características sensoriales.
- ✓ El mayor contenido de fenoles totales en la muestra fue la mezcla cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (MT2) ($1,56 \pm 0,00$ g EAG/100 g) y en la infusión fue cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) ($43,33 \pm 0,17$ g EAG/100 g).
- ✓ La mayor capacidad antioxidante en DPPH⁰⁺ en la muestra fue la mezcla de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (MT2) y en la infusión cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) y para el ABTS⁰⁺ en las muestras fueron la cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (MT2) y cascarilla de cacao 100 % (MT1), en la infusión cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) y cascarilla de cacao 100 % (IT1).
- ✓ El mayor contenido de Fe, Cu y Mn fue en la cascarilla de cacao 100 % (MT1); en cambio este comportamiento en la infusión varió, puesto que presentó mayor contenido de Fe, Cu y Zn. Además, en la cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2) fue mayor el contenido de Zn (muestra) y Mn (infusión).
- ✓ El aroma floral, cítrico y herbal tuvo el calificativo “intenso” en cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2), en aroma a frutos secos resaltó la cascarilla de cacao 100 % (IT1) y floral, frutos secos, canela en cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3). El sabor amargo, astringente, dulce y ácido fue calificado “apenas” en todas las infusiones, y el persistente fue “intenso” en cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3).
- ✓ Las infusiones presentaron correlación positiva entre el aroma cítrico con herbal y sabor dulce (0,94; 0,92), y negativa entre el aroma cítrico con frutos secos (-0,95) y sabor amargo con dulce (-0,98). En los componentes principales resaltó la infusión de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2) con los atributos de aroma (cítrico y herbal).

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- ✓ Se recomienda consumir la infusión de cascarilla de cacao 85 % con hoja de canela 15 % (IT3) por tener un alto contenido de fenoles, capacidad antioxidante, microelementos (Fe, Zn y Cu) y atributos de aroma canela y sabor persistente, o infusión de cascarilla de cacao 75 % con hoja de hierba luisa 25 % (IT2) que tiene muy buena aceptabilidad en sabor dulce y aroma cítrico con herbal, buen contenido de manganeso y propiedades funcionales aceptables.
- ✓ Estudiar el efecto de las interacciones antagónicas, aditivismo y sinérgicas en fenoles totales y capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao en matrices con hojas de canela, hierba luisa y limón.
- ✓ Caracterizar los componentes de ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzóicos, ácidos hidroxicinámicos), cumarinas, flavonoide (flavonas, flavonoles, flavononas), terpenos, taninos mediante Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) en las hojas de hierba luisa, canela y limón.
- ✓ Estudiar las condiciones del tiempo, temperatura y tamaño de partícula en las infusiones sobre los atributos sensoriales, fenoles totales y capacidad antioxidante.
- ✓ Identificación de compuestos químicos que resalta en cada atributo de aroma y sabor en la cascarilla de cacao, hierba luisa, canela y limón, mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS).
- ✓ Evaluar el efecto de los fenoles totales, capacidad antioxidante, minerales en la infusión durante la digestión gastrointestinal *in vitro*.
- ✓ Estudiar el efecto del almacenamiento sobre los compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, estabilidad del aroma y sabor en las infusiones.

VII. REFERENCIAS

- Ababneh, F. A. (2017). The Hazard Content of Cadmium, Lead, and Other Trace Elements in Some Medicinal Herbs and Their Water Infusions. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/6971916>
- Abbas, F., Ke, Y., Zhou, Y., Yu, R., Imran, M., Amanullah, S., Rothenberg, D. O., Wang, Q., Wang, L., & Fan, Y. (2021). Functional Characterization of Hedychium coronarium J. Koenig MYB132 Confers the Potential Role in Floral Aroma Synthesis. *Plants*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/plantas10102014>
- Abbas, N., Rasheed, A., Ahmed, E. S., Ali, S., Irfan, U. M., & AL-Sueaadi, M. H. (2019). Study of anti-lipidemic effect of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) aqueous roots and flower extracts on albino mice. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(26), 2785-2789. [http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10\(6\).2785-89](http://dx.doi.org/10.13040/IJPSR.0975-8232.10(6).2785-89)
- Acosta-Otálvaro, E., Domínguez-Perles, R., Mazo-Rivas, J. C., & García-Viguera, C. (2021). Bioavailability and radical scavenging power of phenolic compounds of cocoa and coffee mixtures. *Food Science and Technology International*, 28(6),514-523. <https://doi.org/10.1177/10820132211023258>
- Acosta-Quiroga, K., Rojas-Pena, C., Nerio, L. S., Gutiérrez, M., & Polo-Cuadrado, E. (2021). Spirocyclic derivatives as antioxidants: a review. *RSC advances*, 11(36), 21926-21954.
- Adenet, S., Regina, F., Rogers, D., Bharath, S., Argout, X., Rochefort, K., & Cilas, C. (2020). Study of the genetic diversity of cocoa populations (*Theobroma cacao* L.) of Martinique (FWI) and potential for processing and the cocoa industry. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(8), 1969-1979. <https://doi.org/10.1007/s10722-020-00953-0>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate: A Critical Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(9), 840-857. <http://doi.org/10.1080/10408390701719272>
- Aguilar-Garcia, C., Gavino, G., Baragaño-Mosqueda, M., Hevia, P., & Gavino, V. C. (2007). Correlation of tocopherol, tocotrienol, γ -oryzanol and total polyphenol content in rice bran with different antioxidant capacity assays. *Food Chemistry*, 102(4), 1228–1232. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.07.012>

- Ahmadi, H., Morshedloo, M. R., Emrahi, R., Javanmard, A., Rasouli, F., Maggi, F., Kumar, & M., Lorenzo, J. M. (2022). Introducing Three New Fruit-Scented Mints to Farmlands: Insights on Drug Yield, Essential-Oil Quality, and Antioxidant Properties. *Antioxidants*, 11(5), 866. <https://doi.org/10.3390/antiox11050866>
- Ahmed, S. H., & Rocha, J. B. (2009). Antioxidant properties of water extracts for the iraqi plants phoenix dactylifera, Ioranthus europeas, Zingiber Officinalis and Citrus Aurantifolia. *Modern Applied Science*, 3(3). <https://doi.org/10.5539/mas.v3n3p161>
- Ahmed, S., & Stepp, J. (2013). Green Tea: The Plants, Processing, Manufacturing and Production. *Tea in Health and Disease Prevention*, pp. 19-31. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384937-3.00002-1>
- Ajayi O. A. & Oyerinde, M. O. (2020). Evaluation of Nutritional composition of Roselle (Hibiscus sabdariffa) herbal Tea infused with Ginger (Zingiber officinale) and Lemon (Citrus limon) Peel. *Australian Journal of Science and Technology*, 4(1), 215-221. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-80433-8>
- Al-Aamri, M. S., Al-Abousi, N. M., Al-Jabri, S. S., Alam, T., & Khan, S. A. (2018). Chemical composition and in-vitro antioxidant and antimicrobial activity of the essential oil of Citrus aurantifolia L. leaves grown in Eastern Oman. *Journal of Taibah University medical sciences*, 13(2), 108-112. <https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2017.12.002>
- Alabi, A. O., Ifesan, B. O., Akosu, N. I., & Opeyemi I Alabi (2021). Chemical Composition and Antibacterial Activity of Extracts of Cymbopogon Citratus (Lemon Grass) and Phyllanthus Amarus (Stone Breaker) Leaves. *Journal of Medicine and Healthcare*, 1–9. [https://doi.org/10.47363/JMHC/2021\(3\)176](https://doi.org/10.47363/JMHC/2021(3)176)
- Albak, F., & Tekin, A. R. (2013). Effect of cinnamon powder addition during conching on the flavor of dark chocolate mass. *Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 1960–1970. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1217-2>
- Aldars-García, L., Zapata-Revilla, M.U., & Tenirio-Sanz (2013). Characterization and study of the essential mineral components of Spanish commercial herbal products and their infusions. *Journal of Food and Nutrition Research*, 52(3), 172-180.
- Alejandro, S., Höller, S., Meier, B., & Peiter, E. (2020). Manganese in Plants: From Acquisition to Subcellular Allocation. *Frontiers in Plant Science*, 11, 300 <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00300>
- Ashok, P. K., & Upadhyaya, K. (2012). Tannins are Astringent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(3), 45-50.

- Atasoy, A. D., Yesilnacar, M. I., Yildirim, A., & Atasoy, A. F. (2019). Nutritional Minerals and Heavy Metals in Tea Infusions and Daily Intake of Human Body. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(2), 234-239.
- Azwanida, N. N. (2015). A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. *Med Aromat Plants*, 4(196), 2167-0412. <http://doi.org/10.4172/2167-0412.1000196>
- Baca-Ibáñez, S. Y. B., Ríos-Paico, P. E. R., & Rojas-Naccha, J. R. (2015). Importancia del magnesio en la dieta humana. *Agroindustrial Science*, 5(2), 177-189.
- Bachmanov, A. A., Bosak, N. P., Floriano, W. B., Inoue, M., Li, X., Lin, C., Murovets, V. O., Reed, D. R., Zolotarev, V. A., & Beauchamp, G. K. (2011). Genetics of sweet taste preferences. *Flavour and Fragrance Journal*, 26, 286-294. <https://doi.org/10.1002/ffj.2074>
- Basgel, S., & Erdemoglu, S. B. (2006). Determination of mineral and trace elements in some medicinal herbs and their infusions consumed in Turkey. *Science of the Total Environment*. 359(1-3), 82–89. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.04.016>
- Belwal, T., Cravotto, C., Ramola, S., Thakur, M., Chemat, F., & Cravotto, G. (2022). Bioactive Compounds from Cocoa Husk: Extraction, Analysis and Applications in Food Production Chain. *Foods*, 11(6), 798. <https://doi.org/10.3390/foods11060798>
- Bernard, D., Asare, I. K., Ofori, D. O., Daniel, G. A., Elom, S. A., & Sandra, A. (2014). The Effect of Different Drying Methods on the Phytochemicals and Radical Scavenging Activity of Ceylon Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) Plant Parts. *European Journal of Medicinal Plants*, 4(11), 1324–1335. <https://doi.org/10.9734/EJMP/2014/11990>
- BOE (2013). Reglamentación Técnico-Sanitaria para la Elaboración, Circulación y Comercio de Especies Vegetales para Infusiones de uso en Alimentación. 1-7. <https://www.boe.es/buscar/pdf/1983/BOE-A-1983-33964-consolidado.pdf>
- Botella-Martínez, C., Viuda-Martos, M., Ballester-Costa, C., Pérez-Álvarez, J. Á., Fernández-López, J., Delgado-Ospina, J., Chaves-López, C., & Pérez-Álvarez, J. Á. (2021). Ghanaian Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Bean Shells Coproducts: Effect of Particle Size on Chemical Composition, Bioactive Compound Content and Antioxidant Activity. *Agronomy*, 11(2), 401. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020401>
- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2007). Zinc in plants. *New phytologist*, 173(4), 677-702. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x>

- Burgos, G. B, Cedeño, U. A., , Menéndez, A. S., & Acosta, A. Z. (2020). Evaluación técnica del enriquecimiento de harina de trigo con cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*. 7(2):20-36.
- Calañas-Continente (2005). Alimentación saludable basada en la evidencia. *Endocrinología y Nutrición*. 52(2), 8-24. [https://doi.org/10.1016/S1575-0922\(05\)74649-0](https://doi.org/10.1016/S1575-0922(05)74649-0)
- Calias, P., Galanopoulos, T., Maxwell, M., Khayat, A., Graves, D., Antoniadis, H. N., & d'Alarcao, M. (1996). Synthesis of inositol 2-phosphate-quercetin conjugates. *Carbohydrate research*, 292, 83-90. [https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(96\)91029-0](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(96)91029-0)
- Canon, F., Neiers, F., & Guichard, E. (2018). Saliva and flavor perception: Perspectives. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(30), 7873-7879. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.8b01998>
- Cantele, C., Rojo-Poveda, O., Bertolino, M., Ghirardello, D., Cardenia, V., Barbosa-Pereira, L., & Zeppa, G. (2020). In Vitro Bioaccessibility and Functional Properties of Phenolic Compounds from Enriched Beverages Based on Cocoa Bean Shell. *Foods*, 9(715), 1-16.
- Cardoso-Ugarte, G. A., López-Malo, A., & Sosa-Morales, M. E. (2016). Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) essential oils. *In Essential oils in food preservation, flavor and safety*, (pp. 339-347). Academic Press.
- Carneiro, C. V., Wang, H., Duncan, S. E., & O'Keefe, S. F. (2020). Flavor compounds in Vine Tea (*Ampelopsis grossedentata*) infusions. *Food Science & Nutrition*, 8(8), 4505–4511. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1754>
- Castro-Alayo, E. M., Idrogo-Vásquez, G., Siche, R., & Cardenas-Toro, F. P. (2019). Formation of aromatic compounds precursors during fermentation of Criollo and Forastero cocoa. *Heliyon*, 5(1), e01157. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01157>
- Castiglioni, S., Damiani, E., Astolfi, P., & Carloni, P. (2015). Influence of steeping conditions (time, temperature, and particle size) on antioxidant properties and sensory attributes of some white and green teas. *International journal of food sciences and nutrition*, 66(5), 491-497. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1042842>
- Chandrasekara, A., & Shahidi, F. (2018). Herbal beverages: Bioactive compounds and their role in disease risk reduction-A review. *Journal of traditional and complementary medicine*, 8(4), 451-458. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2017.08.006>
- Charles, D. J. (2012). Cinnamon. *Antioxidant Properties of Spices, Herbs and Other Sources* (p 231-243). Springer.

- Chen, C., Chan, H., Chang, Y., Liu, B., & Chen, Y. (2009). Effects of bacterial strains on sensory quality of Pu-erh tea in an improved pile-fermentation process. *Journal of Sensory Studies*, 24(4), 534-553. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2009.00225.x>
- Christaki, E., Bonos, E., Giannenas, I., & Florou-Paneri, P. (2012). Aromatic plants as a source of bioactive compounds. *Agriculture*, 2(3), 228-243. <https://doi.org/10.3390/agriculture2030228>
- Ciftci, H., Er Caliskan, C. E., Cakar, A. E., Ramadan, M. S., & Olcucu, A. (2020). Determination of mineral and trace element in some medicinal plants by spectroscopic method. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 38(4), 2133-2144.
- Cochran, W.G. y Cox, G.M. (1957). *Balanced and Partially Balanced Incomplete Block Designs*. *Experimental designs*, 439-482.
- Coelho, M., Rocha, C. F. D., Cunha, L. M., Cardoso, L. A. G., Alves, L., Lima, R., Pereira, M. F. R., Campos, F. M., & Gomes, A. (2016). Influence of harvesting factors on sensory attributes and phenolic and aroma compounds composition of *Cymbopogon citratus* leaves infusions. *Food Research International*, 89, 1029-1037. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.008>
- Colonges, K., Jimenez, J., Saltos, A., Seguíne, E., Solorzano, R. G. L., Fouet, O., Argout, X., Assemat, S., Davrieux, F., Cros, E., Lanaud, C., & Boulanger, R. (2022). Integration of GWAS, metabolomics, and sensorial analyses to reveal novel metabolic pathways involved in cocoa fruity aroma GWAS of fruity aroma in *Theobroma cacao*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 171, 213-225. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.11.006>
- Concas, M. P., Morgan, A., Pelliccione, G., Gasparini, P., Giroto, G. (2021). Genetics, odor perception and food liking: The intriguing role of cinnamon. *Food Quality and Preference*, 93, 104277. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2021.104277>
- Coz-Bolaños, X., Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho, R., Ramos-Gómez, M., Loarca-Piña, G. F., & Guzmán-Maldonado, S. H. (2018). Moringa infusion (*Moringa oleifera*) rich in phenolic compounds and high antioxidant capacity attenuate nitric oxide pro-inflammatory mediator in vitro. *Industrial Crops and Products*, 118, 95-101. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.03.028>
- Cuello, M., Jaramillo, G. K., Canchingre, E., Pérez, J. C., Castro, C., & Cabrera, O. (2017). Determinación de componentes nutricionales presentes en las hojas secas de *Annona muricata* L. (Guanábana). *Revista Cumbres*, 3(1), 09-16.

- Dal Santo, A., Leite, F., Antoniazzi, F. D. V., Pagnussatt, H., Aniecevski, E., Hoinoski, G., Mis, G., Montagna, M., Talian, L., Ribeiro, A., Silva, A., Tavernari, F., Petrolli, T. (2021). Avaliação da utilização de óleos essenciais de canela, orégano e eucalipto via água de bebida para frangos de corte. *Research, Society and Development*, 10(8), e11210817007-e11210817007.
- De, L. C., & De, T. (2019). Healthy food for healthy life. *J. Glob. Biosci*, 8, 6453-6468.
- De la Guardia Peña, O., Ustáriz García, C., García García, M. D. L. Á., & Morera Barrios, L. (2011). Algunas aplicaciones clínicas del zinc y su acción sobre el sistema inmune. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 27(3), 367-381.
- Delgado, A. M., Issaoui, M., & Chammem, N. (2019). Analysis of main and healthy phenolic compounds in foods. *Journal of AOAC International*, 102(5), 1356-1364. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.19-0128>
- Delgado-Ospina, J., Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. N., Martuscelli, M., & Chaves-López, C. (2021). Bioactive compounds and techno-functional properties of high-fiber co-products of the cacao agroindustrial chain. *Heliyon*, 7(4), e06799. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06799>
- Dos Anjos Lopes, S. M., Martins, M. V., de Souza, V. B., & Tulini, F. L. (2021). Evaluation of the Nutritional Composition of Cocoa Bean Shell Waste (*Theobroma cacao*) and Application in the Production of a Phenolic-rich Iced Tea. *Journal of Culinary Science & Technology*, 1-11.
- Drewnowski A. (2001). The science and complexity of bitter taste. *Nutrition reviews*, 59(6), 163–169. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2001.tb07007.x>
- Durak, A., Gawlik-Dziki, U., & Pecio, U. (2014). Coffee with cinnamon – Impact of phytochemicals interactions on antioxidant and anti-inflammatory in vitro activity. *Food Chemistry*, 162, 81–88. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.132>
- Dvorackova, E., Snoblova, M., Chromcova, L., & Hrdlicka, P. (2015). Effects of extraction methods on the phenolic compounds contents and antioxidant capacities of cinnamon extracts. *Food Science and Biotechnology*, 24(4), 1201–1207. <http://doi.org/10.1007/s10068-015-0154-4>
- EFSA (2006). Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. *European Food Safety Authority*. p 59-64.
- El Salous, A., & Pascual, A. (2018). Determinación de cadmio, plomo y ocratoxina en la harina proveniente de las cascarillas de dos variedades de cacao en Ecuador. *I+D Tecnológico*. 14(1):49-59

- Enko, J., & Gliszczynska-Świgło, A. (2015). Influence of the interactions between tea (*Camellia sinensis*) extracts and ascorbic acid on their antioxidant activity: analysis with interaction indexes and isobolograms. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 32(8), 1234–1242. <http://doi.org/10.1080/19440049.2015.1049218>
- Etheridge, C. J., & Derbyshire, E. (2020). Herbal infusions and health: A review of findings from human studies, mechanisms and future research directions. *Nutrition & Food Science*. 50(5), 969-985. <http://doi.org/10.1108/NFS-08-2019-0263>
- Falah, S., Ayunda, R. D., & Faridah, D. N. (2015). Potential of lemongrass leaves extract (*Cymbopogon citratus*) as prevention for oil oxidation. *J. of Chemical and Pharmaceutical Research*. 7(10):55-60.
- Fan, Y., Chen, H., Huang, Z., Zhu, J., Wan, F., Peng, T., Pan, X., Huang, Y., & Wu, C. (2019). Taste-masking and colloidal-stable cubosomes loaded with Cefpodoxime proxetil for pediatric oral delivery. *International journal of pharmaceutics*, 575, 118875. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2019.118875>
- Farzaneh, V., & Carvalho, I. S. (2015). A review of the health benefit potentials of herbal plant infusions and their mechanism of actions. *Industrial Crops and Products*, 65, 247–258. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.10.057>
- Feoktistova Victorava, L., & Clark Feoktistova, Y. (2018). El metabolismo del cobre. Sus consecuencias para la salud humana. *Medisur*, 16(4), 579-587.
- Florida Rofner, N., Paredes Arce, M., Paredes Salazar, R. M., Vásquez, L. N., & Rengifo Rojas, A. (2022). An organic management alternative that improves soil quality in cocoa plantations under agroforestry systems. *Scientia Agropecuaria*, 13(4), 335-342.
- Ford, P. W., Harmon, A. D., Tucker, A. O., Sasser, M., Jackoway, G., Albornoz, G., Gripa, R. D., Pratt, J. I., & Cardellina, J. H. (2019). Cinnamon–Differentiation of four species by linking classical botany to an automated chromatographic authentication system. *Journal of AOAC International*, 102(2), 363-368. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.18-0343>
- Forrellat Barrios, M., Gautier du Défaix Gómez, H., & Fernández Delgado, N. (2000). Metabolismo del hierro. *Revista Cubana de hematología, inmunología y hemoterapia*, 16(3), 149-160.
- Foster, M., & Samman, S. (2015). Vegetarian diets across the lifecycle: Impact on zinc intake and status. *Advances in food and nutrition research*, 74, 93-131. <http://doi.org/10.1016/bs.afnr.2014.11.003>

- Frank, H., Amato, K., Trautwein, M., Maia, P., Liman, E. R., Nichols, L. M., Schwenk, K., Breslin, P., & Dunn, R. R. (2022). The evolution of sour taste. *Proceedings of the Royal Society B*, 289(1968), 20211918. <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1918>
- Fuentes, S., Chacon, G., Torrico, D. D., Zarate, A., & Gonzalez Viejo, C. (2019). Spatial Variability of Aroma Profiles of Cocoa Trees Obtained through Computer Vision and Machine Learning Modelling: A Cover Photography and High Spatial Remote Sensing Application. *Sensors*, 19(14), 3054. <https://doi.org/10.3390/s19143054>
- Fuentes, S., Gonzalez Viejo, C., Torrico, D. D., & Dunshea, F. R. (2018). Development of a biosensory computer application to assess physiological and emotional responses from sensory panelists. *Sensors*, 18(9), 2958. <https://doi.org/10.3390/s18092958>
- Garay Vega, R.R., Vela Alvarado, J.W. & Quiñones Ruiz, C.E. (2020). Influencia de la temperatura de tostado en la capacidad antioxidante de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 aprovechado para elaborar filtrante. *Revista de Investigación Universitaria*, 10(1), 294-308.
- García-Carrión, L. F. (2008). *Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú*. M & O Consulting SAC, Lima (Perú). p 6.
- Gerardi, C., D'amico, L., Migoni, D., Santino, A., Salomone, A., Carluccio, M. A., & Giovinazzo, G. (2020). Strategies for Reuse of Skins Separated From Grape Pomace as Ingredient of Functional Beverages. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, 645. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00645>
- Gharibzahedi, S. M. T., & Jafari, S. M. (2017). The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 119–132. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.02.017>
- Gómez, E. S. O., Tiburcio, J. E. V., & Díaz, D. R. (2018). Actividad antioxidante y polifenoles totales de infusiones herbarias fresca, seca y comerciales. *RevIA*, 8(5), 26-39. <http://dx.doi.org/10.17268/agroind.sci.2021.03.09>
- González-Alejo, F. A., Barajas-Fernández, J., & García-Alamilla, P. (2019). Extracción de compuestos solubles de la cascarilla de cacao con CO₂ supercrítico. Caso de metilxantinas y grasa. *CienciaUAT*, 13(2), 128-140. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1073>
- Goulas, V., Stavrou, K., Michael, C., Botsaris, G., & Barbouti, A. (2021). The Potential of Sun-Dried Grape Pomace as a Multi-Functional Ingredient for Herbal Infusion:

- Effects of Brewing Parameters on Composition and Bioactivity. *Antioxidants*, 10(4), 586. <https://doi.org/10.3390/antiox10040586>
- Gremski, L. A., Coelho, A. L. K., Santos, J. S., Daguer, H., Molognoni, L., do Prado-Silva, L., Sant'Ana, A. S., da Silva Rocha, R., da Silva, M. C., Cruz, A. G., Azevedo, L., do Carmo, M. A. V., Wen, M., Zhang, L., & Granato, D. (2019). Antioxidants-rich ice cream containing herbal extracts and fructooligosaccharides: manufacture, functional and sensory properties. *Food Chemistry*, 298, 125098. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125098>
- Guija-Poma, E., Inocente-Camones, M., Ponce-Pardo, J., & Zarzosa-Norabuena, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico (Lima)*, 15(1), 57–60.
- Gulcin, İ. (2020). Antioxidants and antioxidant methods: An updated overview. *Archives of toxicology*, 94(3), 651-715. <https://doi.org/10.1007/s00204-020-02689-3>
- Guo, J., Yue, T., Yuan, Y., Sun, N., & Liu, P. (2020). Characterization of volatile and sensory profiles of apple juices to trace fruit origins and investigation of the relationship between the aroma properties and volatile constituents. *Lwt*, 124, 109203. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109203>
- Han, R. M., Zhang, J. P., & Skibsted, L. H. (2012). Reaction Dynamics of Flavonoids and Carotenoids as Antioxidants. *Molecules*, 17(2), 2140–2160. <https://doi.org/10.3390/molecules17022140>
- Hidalgo, M., Sánchez-Moreno, C., & de Pascual-Teresa, S. (2010). Flavonoid–flavonoid interaction and its effect on their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 121(3), 691–696. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.097>
- Ibáñez, E. C. (2001). La aceptabilidad de los alimentos: nutrición y placer. *Arbor*, 168(661), 65-85.
- Islam, M. Z., Cho, D. K., & Lee, Y. T. (2020). Bioactive compounds and antioxidant capacity of tea infusion prepared from whole and ground medicinal herb parts. *CyTA - Journal of Food*, 18(1), 116–121. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1702104>
- Kabata-Pendias, A. (2004). Soil–plant transfer of trace elements—an environmental issue. *Geoderma*, 122(2–4), 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.004>
- Karadag, A., Ozcelik, B., & Saner, S. (2009). Review of Methods to Determine Antioxidant Capacities. *Food Analytical Methods*, 2, 41–60. <https://doi.org/10.1007/s12161-008-9067-7>

- Kaur, H., & Kaur, G. (2014). A Critical Appraisal of Solubility Enhancement Techniques of Polyphenols. *Journal of Pharmaceutics*, 2014, 1–14. <http://doi.org/10.1155/2014/180845>
- Kherif, F., & Latypova, A. (2020). Principal component analysis. In *Machine Learning* (pp. 209-225). Academic Press.
- Kieling, D. D., & Prudencio, S. H. (2019). Blends of lemongrass derivatives and lime for the preparation of mixed beverages: antioxidant, physicochemical, and sensory properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(3), 1302–1310. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9305>
- Klejdus, B., & Kováčik, J. (2016). Quantification of phenols in cinnamon: A special focus on “total phenols” and phenolic acids including DESI-Orbitrap MS detection. *Industrial Crops and Products*, 83, 774–780. <http://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.060>
- Kobayashi, T., Nozoye, T., & Nishizawa, N. K. (2019). Iron transport and its regulation in plants. *Free Radical Biology and Medicine*, 133, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.10.439>
- Koch, I. S., Muller, M., Joubert, E., Van der Rijst, M., & Næs, T. (2012). Sensory characterization of rooibos tea and the development of a rooibos sensory wheel and lexicon. *Food Research International*, 46(1), 217-228. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2011.11.028>
- Konan, K. V., le Tien, C., & Mateescu, M. A. (2016). Electrolysis-induced fast activation of the ABTS reagent for an antioxidant capacity assay. *Analytical Methods*, 8(28), 5638–5644. <https://doi.org/10.1039/c6ay01088a>
- Kumar, A., Nair, A. G. C., Reddy, A. V. R., & Garg, A. N. (2005). Analysis of essential elements in Pragma-peya—a herbal drink and its constituents by neutron activation. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 37(4), 631-638. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2004.11.051>
- Kumar, N., & Goel, N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Reports*, 24, e00370. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00370>
- Larrazabal, M.J., Palma, J., Paredes, A., Morales, G., Mercado, A. (2018). Effect of brewing conditions on pigments and total polyphenols content and biological activities of the *Acantholippia deserticola* (Phil.) infusion. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 588-595.

- Latifi, Z., Biderooni, B.I., Ebrahimi, P., Moghadam, S.K., Azadi, R. & Nasirale, L.R. (2020). Effect of adding cinnamon and using spray drying method on antioxidant properties of instant green tea. *Archives of Pharmacy Practice*, 11(1), 118-123.
- Lázaro Serrano, M. L., & Domínguez Curi, C. H. (2019). *Guías alimentarias para la población peruana*.
- Lemes, R.S., Alves, C.C., Estevam, E.B., Santiago, M.B., Martins, C.H., Santos, T.C., Crotti, A.E., Miranda, M.L. (2018). Chemical composition and antibacterial activity of essential oils from *Citrus aurantifolia* leaves and fruit peel against oral pathogenic bacteria. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), 1285-1292.
- Lermen, C., Morelli, F., Gazim, Z. C., da Silva, A. P., Goncalves, J. E., Dragunski, D. C., & Alberton, O. (2015). Essential oil content and chemical composition of *Cymbopogon citratus* inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi under different levels of lead. *Industrial Crops and Products*, 76, 734-738. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.07.009>
- Li, H.H., Luo, L.Y., Wang, J., Fu, D.H., & Zeng, L. (2019). Lexicon development and quantitative descriptive analysis of Hunan fuzhuan brick tea infusion. *Food Research International*, 120, 275–284. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.02.047>
- Li, J., Jia, Y., Dong, R., Huang, R., Liu, P., Li, X., Wang, Z., Liu G., & Chen, Z. (2019). Advances in the mechanisms of plant tolerance to manganese toxicity. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(20), 5096. <https://doi.org/10.3390/ijms20205096>
- Llerena, W. T., Ah-Hen, K., & Lemus-Mondaca, R. (2017). Caracterización de una infusión de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L., var. Arriba) con hierbas aromáticas. *Agro sur*, 45(3), 47-55.
- Llerena, W. F. T., Guevara, M. D. G., & Mora, S. M. O. (2019). Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como infusión: caso Tungurahua-Ecuador. *Cuadernos de Contabilidad*, 20(50), 1-14.
- Lončar, M., Jakovljević, M., Šubarić, D., Pavlić, M., Buzjak Služek, V., Cindrić, I., & Molnar, M. (2020). Coumarins in food and methods of their determination. *Foods*, 9(5), 645.
- López, M.T. (2002). Flavonoides. *Fitoterapia*, 21(4), 108-114. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5325584>
- Lubbe, A., & Verpoorte, R. (2011). Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Industrial crops and products*, 34(1), 785-801. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.01.019>

- Lugo, N. T. (2017). El zinc y el cobre: micronutrientes esenciales para la salud humana. *Acta Médica del Centro*, 11(2), 79-89.
- Ma, Y., Coyne, C. J., Grusak, M. A., Mazourek, M., Cheng, P., Main, D., & McGee, R. J. (2017). Genome-wide SNP identification, linkage map construction and QTL mapping for seed mineral concentrations and contents in pea (*Pisum sativum* L.). *BMC plant biology*, 17(1), 1-17. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0956-4>
- Malik, J., Frankova, A., Drabek, O., Szakova, J., Ash, C., & Kokoska, L. (2013). Aluminium and other elements in selected herbal tea plant species and their infusions. *Food Chemistry*, 139(1–4), 728–734. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.009>
- Malik, J., Szakova, J., Drabek, O., Balik, J., & Kokoska, L. (2008). Determination of certain micro and macroelements in plant stimulants and their infusions. *Food chemistry*, 111(2), 520-525. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.009>
- Malongane, F., McGaw, L. J., & Mudau, F. N. (2017). The synergistic potential of various teas, herbs and therapeutic drugs in health improvement: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(14), 4679–4689. <https://doi.org/10.3390/foods9040496>
- Martínez-Valverde, I., Periago, M. J., & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50(1), 5-18.
- Meng, T., & Zhengquan, L. (2019). Influence of ultrasonic nebulization extraction, infusion temperatures, and matrices on aroma release and perception of green tea. *Lwt*, 115, 108216. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.114>
- Mestanza, D. M., Chamoli, V. Z., Gurbillón, M. Á. B., Cruz, M. O., & Quintana, S. G. C. (2021). Análisis de los compuestos volátiles de cacao nativo fino de aroma de granos tostados y sin tostar. *Revista Científica Pakamuros*, 9(4), 133-147.
- Mihaylova, D., Vrancheva, R., Petkova, N., Ognyanov, M., Desseva, I., Ivanov, I., Popova, M., & Popova, A. (2018). Carotenoids, tocopherols, organic acids, carbohydrate and mineral content in different medicinal plant extracts. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 73(11–12), 439–448. <https://doi.org/10.1515/znc-2018-0057>
- Millaleo, R., Reyes-Díaz, M., Ivanov, A. G., Mora, M. L., & Alberdi, M. (2010). Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *Journal of soil science and plant nutrition*, 10(4), 470-481. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162010000200008>
- Miron, T. L., Gazi, I., & Del Moral, M. P. (2010). Romanian aromatic plants as sources of antioxidants. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 6, 18-24.

- Morales, J. M. L., & Jiménez, G. S. (2012). El daño por oxidación causado por cobre y la respuesta antioxidante de las plantas. *Interciencia*, 37(11), 805-811.
- Mottram, D. S., & Elmore, J. S. (2003). Sensory evaluation: aroma.
- Muala, W. C. B., Desobgo, Z. S. C., & Jong, N. E. (2021). Optimization of extraction conditions of phenolic compounds from *Cymbopogon citratus* and evaluation of phenolics and aroma profiles of extract. *Heliyon*, 7(4), e06744. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06744>
- Muhammad, D. R. A., Praseptianga, D., van de Walle, D., & Dewettinck, K. (2017). Interaction between natural antioxidants derived from cinnamon and cocoa in binary and complex mixtures. *Food Chemistry*, 231, 356–364. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.128>
- Muller, M., de Beer, D., Truzzi, C., Annibaldi, A., Carloni, P., Girolametti, F., Damiani, E., & Joubert, E. (2020). Cold brewing of rooibos tea affects its sensory profile and physicochemical properties compared to regular hot, and boiled brewing. *LWT*, 132, 109919. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109919>
- Muñoz-Velázquez, E. E., Rivas-Díaz, K., Loarca-Piña, M., Flavia, G., Mendoza-Díaz, S., Reynoso-Camacho, R., & Ramos-Gómez, M. (2012). Comparación del contenido fenólico, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de infusiones herbales comerciales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(3), 481-495.
- Murray, J. M., & Baxter, I. A. (2003). Sensory Evaluation| Food Acceptability and Sensory Evaluation. 5130-5136.
- Narang, N., & Jiraungkoorskul, W. (2016). Anticancer Activity of Key Lime, *Citrus aurantifolia*. *Pharmacognosy Reviews*. 10(20), 118-122. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.194043>
- Negrelle, R. R. B., & Gomes, E. C. (2007). *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf: chemical composition and biological activities. *Revista Brasileira de Plantas Medicinai*s, 9(1), 80-92.
- Nsor-Atindana, J., Zhong, F., Mothibe, K. J., Bangoura, M. L., & Lagnika, C. (2012). Quantification of Total Polyphenolic Content and Antimicrobial Activity of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Bean Shells. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(7), 672–677. <https://doi.org/10.3923/pjn.2012.672.677>
- Núñez-Sellés, A. J., Abril-González, A. J., & Ramil-Mesa, M. (2021). PROMANCOA Modular Technology for the Valorization of Mango (*Mangifera indica* L.) and Cocoa (*Theobroma cacao* L.) Agricultural Biowastes. *Processes*, 9(8), 1312.

- Ocampo, J. F. B., Santos, M. S. G., & Quintana, S. G. C. (2021). Capacidad antioxidante y polifenoles totales de infusión de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) y macambo (*Theobroma bicolor*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 5(3), 13-19. <https://doi.org/10.25127/aps.20213.814>
- Ochanda, S. O., Wanyoko, J. K., & Ruto, H. K. (2015). Effect of Spices on Consumer Acceptability of Purple Tea (*Camellia sinensis*). *Food and Nutrition Sciences*, 06(08), 703–711. <http://doi.org/10.4236/fns.2015.68073>
- Oladeji, O. S., Adelowo, F. E., Ayodele, D. T., & Odelade, K. A. (2019). Phytochemistry and pharmacological activities of *Cymbopogon citratus*: A review. *Scientific African*, 6, e00137. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00137>
- Oliveira, L. B., dos Santos, W. P., Teixeira, L. S., & Korn, M. G. A. (2020). Direct analysis of cocoa powder, chocolate powder, and powdered chocolate drink for multi-element determination by energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry. *Food Analytical Methods*, 13, 195-202.
- Oliveira, L. D. L. D., Carvalho, M. V. D., & Melo, L. (2014). Health promoting and sensory properties of phenolic compounds in food. *Revista Ceres*, 61, 764-779. <http://doi.org/10.1590/0034-737X201461000002>
- OMS (2006). Guías para la calidad del agua potable (3.ra ed.). *Organización Mundial de la Salud*.
- Ordoñez, E.S., Leon-Arevalo, A., Rivera-Rojas, H., & Vargas, E. (2019). Cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante en cáscara y semilla de cacao (*Theobroma cacao* L.), tuna (*Opuntia ficus indica* Mill), uva (*Vitis Vinífera*) y uvilla (*Pourouma cecropiifolia*). *Agroindustrial Science*, 10(2), 175–183. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.02.02>
- Ordoñez, E. S., Mallqui, T. M., & Reategui, D. (2021). Cuantificación de minerales en plantas medicinales y sus infusiones, utilizando Espectroscopía de Emisión Óptica con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES). *Agroindustrial Science*, 11(3), 315-321.
- Ordoñez-Gómez, E. S., Reátegui-Díaz, D., & Villanueva-Tiburcio, J. E. (2018). Total polyphenols and antioxidant capacity of peel and leaves in twelve citrus. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 113-121. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.13>
- Özcan, M. M., Ünver, A., Uçar, T., & Arslan, D. (2008). Mineral content of some herbs and herbal teas by infusion and decoction. *Food Chemistry*, 106(3), 1120-1127.

- Panak Balentić, J., Ačkar, U., Jokić, S., Jozinović, A., Babić, J., Miličević, B., ŠUbarić, D., & Pavlović, N. (2018). Cocoa Shell: A By-Product with Great Potential for Wide Application. *Molecules*, 23(6), 1404. <https://doi.org/10.3390/molecules23061404>
- Pastoriza, S., Pérez-Burillo, S., & Rufián-Henares, J. Á. (2017). How brewing parameters affect the healthy profile of tea. *Current Opinion in Food Science*, 14, 7-12. <http://doi.org/doi:10.1016/j.cofs.2016.12.001>
- Pearlstine, E. V. (2011). Distillation of Essential Oils: WEC310/UW355, 4/2011. *EDIS*, 2011 (5/6).
- Perdones, Á., Vargas, M., Atarés, L., & Chiralt, A. (2014). Physical, antioxidant and antimicrobial properties of chitosan–cinnamon leaf oil films as affected by oleic acid. *Food Hydrocolloids*, 36, 256-264. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00038-9>
- Pérez-Burillo, S., Giménez, R., Rufián-Henares, J. A., & Pastoriza, S. (2017). Effect of brewing time and temperature on antioxidant capacity and phenols of white tea: Relationship with sensory properties. *Food chemistry*, 248, 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.12.056>
- Pérez-Lamela, C., Franco, I., & Falqué, E. (2021). Impact of high-pressure processing on antioxidant activity during storage of fruits and fruit products: A review. *Molecules*, 26(17), 5265. <https://doi.org/10.3390/molecules26175265>
- Pérez-Santana, D., Rodríguez-Sanchez, J. L., Calle, J., de Villavicencio, M. N., Díaz-Ortega, L., & Herrera-Llanes, L. (2018). Utilización de la cascarilla de cacao como fuente de fibra dietética y antioxidantes en la elaboración de galletas dulces: Use of cocoa bean shell as a source of dietetic fiber and antioxidants in the production of sweet cookies. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(3), 62-67.
- Pramote, K., Nucha, S., Suched, S., Parinda, P., Prasong, S., & Shuji, A. (2012). Subcritical water extraction of flavoring and phenolic compounds from cinnamon bark (*Cinnamomum zeylanicum*). *Journal of oleo science*, 61(6), 349-355.
- Pratiwy, A. E., Kusumaningrum, I., & Aminullah, A. (2019). Utilization Of Lemongrass Extract (*Cymbopogon Citratus*) Against The Antioxidant Content And Sensory Properties Of Dark Chocolate Products. *Jurnal Pertanian*, 10(2), 80-92. <https://doi.org/10.30997/jp.v10i2.1927>
- Qin, Z., Pang, X., Chen, D., Cheng, H., Hu, X., & Wu, J. (2013). Evaluation of Chinese tea by the electronic nose and gas chromatography–mass spectrometry: Correlation with

- sensory properties and classification according to grade level. *Food research international*, 53(2), 864-874. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.02.005>
- Quijano-Avilés, M., Chóez-Guaranda, I., Viteri, R., Barragán-Lucas, A., Sosa, D., & Manzano, P. (2021). Effect of Cocoa Bean Shell Addition on Metabolite Profile and Antioxidant Activity of Herbal Infusions. *International Journal of Food Science*, 2021, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2021/9915797>
- Ramírez Hernández, J., Bonete, M. J., & Martínez-Espinosa, R. M. (2015). Propuesta de una nueva clasificación de los oligoelementos para su aplicación en nutrición, oligoterapia, y otras estrategias terapéuticas. *Nutrición Hospitalaria*, 31(3), 1020-1033.
- Regueiro, J., Negreira, N., & Simal-Gándara, J. (2017). Challenges in relating concentrations of aromas and tastes with flavor features of foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(10), 2112-2127. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2015.1048775>
- Restrepo, L. F., & González, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 183-192.
- Reyes Munguía, A., Reyes Martínez, A., Aguilar González, C. N., & Carrillo Inungaray, M. L. (2017). Propiedades antioxidantes de infusiones de neem (*Azadirachta indica*) encapsuladas con proteína de soya. *Nova scientia*, 9(18), 167-185. <https://doi.org/10.21640/ns.v9i18.819>
- Reynaud, A. (2014). Requerimiento de micronutrientes y oligoelementos. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 60(2), 161-170.
- Rivelli, A. R., de Maria, S., Puschenreiter, M., & Gherbin, P. (2012). Accumulation of Cadmium, Zinc, and Copper by *Helianthus Annuus* L.: Impact on Plant Growth and Uptake of Nutritional Elements. *International Journal of Phytoremediation*, 14(4), 320–334. <http://doi.org/10.1080/15226514.2011.620649>
- Rojo-Poveda, O., Barbosa-Pereira, L., Mateus-Reguengo, L., Bertolino, M., Stévigny, C., & Zeppa, G. (2019). Effects of particle size and extraction methods on cocoa bean shell functional beverage. *Nutrients*, 11(4), 867. <https://doi.org/10.3390/nu11040867>
- Rojo-Poveda, O., Barbosa-Pereira, L., Zeppa, G., & Stévigny, C. (2020). Cocoa Bean Shell—A By-Product with Nutritional Properties and Biofunctional Potential. *Nutrients*, 12(4), 1123. <https://doi.org/10.3390/nu12041123>
- Rojo-Poveda, O., Zeppa, G., Ferrocino, I., Stévigny, C., & Barbosa-Pereira, L. (2021). Chemometric Classification of Cocoa Bean Shells Based on Their Polyphenolic Profile Determined by RP-HPLC-PDA Analysis and Spectrophotometric Assays. *Antioxidants*, 10(10), 1533. <https://doi.org/10.3390/antiox10101533>

- Rousseau, S., Kyomugasho, C., Celus, M., Hendrickx, M. E., & Grauwet, T. (2020). Barriers impairing mineral bioaccessibility and bioavailability in plant-based foods and the perspectives for food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(5), 826-843. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1552243>
- Sah, M. K., Gautam, B., Pokhrel, K. P., Ghani, L., & Bhattarai, A. (2023). Quantification of the Quercetin Nanoemulsion Technique Using Various Parameters. *Molecules*, 28(6), 2540.
- Sah, S. Y., Sia, C. M., Chang, S. K., Ang, Y. K. & Yim, H. S. (2012). Antioxidant capacity and total phenolic content of lemongrass (*Cymbopogon Citratus*) leave. *Annals. Food Science and Technology*. 13(2), 150-155.
- Salud, M. D. (2011). Reglamento de la calidad del agua para consumo humano. 46.
- Sanchez-Capa, M., Viteri-Sanchez, S., Burbano-Cachiguango, A., Abril-Donoso, M., Vargas-Tierras, T., Suarez-Cedillo, S., & Mestanza-Ramón, C. (2022). New Characteristics in the Fermentation Process of Cocoa (*Theobroma cacao* L.)“Super Árbol” in La Joya de los Sachas, Ecuador. *Sustainability*, 14(13), 7564. <https://doi.org/10.3390/su14137564>
- Schaich, K. M., Tian, X., & Xie, J. (2015). Hurdles and pitfalls in measuring antioxidant efficacy: A critical evaluation of ABTS, DPPH, and ORAC assays. *Journal of functional foods*, 14, 111-125.
- Schinella, G., Mosca, S., Cienfuegos-Jovellanos, E., Pasamar, M. N., Muguera, B., Ramón, D., & Ríos, J. L. (2010). Antioxidant properties of polyphenol-rich cocoa products industrially processed. *Food Research International*, 43(6), 1614–1623. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.04.032>
- Sepahpour, S., Selamat, J., Abdul Manap, M. Y., Khatib, A., & Abdull Razis, A. F. (2018). Comparative analysis of chemical composition, antioxidant activity and quantitative characterization of some phenolic compounds in selected herbs and spices in different solvent extraction systems. *Molecules*, 23(2), 402. <https://doi.org/10.3390/molecules23020402>
- Shah, G., Shri, R., Panchal, V., Sharma, N., Singh, B., & Mann, A. (2011). Scientific basis for the therapeutic use of *Cymbopogon citratus*, stapf (Lemon grass). *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, 2(1), 3. <https://doi.org/10.4103/2231-4040.79796>
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of functional foods*, 18, 820-897. <http://doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018>

- Shahidi, F., Varatharajan, V., Oh, W. Y., & Peng, H. (2019). Phenolic compounds in agri-food by-products, their bioavailability and health effects. *J. Food Bioact*, 5(1), 57-119. <https://doi.org/10.31665/JFB.2019.5178>
- Shan, B., Cai, Y. Z., Sun, M., & Corke, H. (2005). Antioxidant Capacity of 26 Spice Extracts and Characterization of Their Phenolic Constituents. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(20), 7749–7759. <https://doi.org/10.1021/jf051513y>
- Silva-Espinoza, B. A., Ortega-Ramirez, L. A., Gonzalez-Aguilar, G. A., Olivas, I., & Ayala-Zavala, J. F. (2013). Protección antifúngica y enriquecimiento antioxidante de fresa con aceite esencial de hoja de canela. *Revista fitotecnia mexicana*, 36(3), 217-224.
- Silva Trejos, P. (2012). Cobre en alimentos de consumo básico por espectroscopia de absorción atómica modalidad de llama, Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 21(2), 92-95.
- Simsek, M., & Süfer, Ö. (2021). Infusion of walnut (*Juglans regia* L.) shell tea: multi response optimization and antioxidant potential. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 20, 100278. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2020.100278>
- Singh, A., Raghuvanshi, R. S., & Bhatnagar, A. (2021). Herbal tea formulation using different flavoured herbs with dried corn silk powder and its sensory and phytochemical analysis. *Systems Microbiology and Biomanufacturing*, 1(3), 336–343. <https://doi.org/10.1007/s43393-021-00029-9>
- Singh, M., Thrimawithana, T., Shukla, R., & Adhikari, B. (2020). Managing obesity through natural polyphenols: A review. *Future Foods*, 1, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2020.100002>
- Rioja Antezana, A. P., Vizalque, B. E., Aliaga-Rossel, E., Tejeda, L., Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, J. M. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de chenopodium quinoa. *Revista Boliviana de Química*, 35(5), 168-176.
- Siow, C. S., Chan, E. W. C., Wong, C. W., & Ng, C. W. (2022). Antioxidant and sensory evaluation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) tea formulated with cocoa bean hull of different origins. *Future Foods*, 5, 100108. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100108>
- Skroza, D., Generalić Mekinić, I., Svilović, S., Šimat, V., & Katalinić, V. (2015). Investigation of the potential synergistic effect of resveratrol with other phenolic compounds: A case of binary phenolic mixtures. *Journal of Food Composition and Analysis*, 38, 13–18. <http://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.013>

- Soares, I. D., Okiyama, D. C. G., & Rodrigues, C. E. D. C. (2020). Simultaneous green extraction of fat and bioactive compounds of cocoa shell and protein fraction functionalities evaluation. *Food Research International*, 137, 109622. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109622>
- Soares, T. F., & Oliveira, M. B. P. (2022). Cocoa By-Products: Characterization of Bioactive Compounds and Beneficial Health Effects. *Molecules*, 27(5), 1625. <https://doi.org/10.3390/molecules27051625>
- Song, H., & Liu, J. (2018). GC-O-MS technique and its applications in food flavor analysis. *Food Research International*, 114, 187-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.037>
- Soto-Maldonado, C., Fernández-Araya, B., Saavedra-Sánchez, V., Santis-Bernal, J., Alcaíno-Fuentes, L., Arancibia-Díaz, A., & Zúñiga-Hansen, M. E. (2022). Antioxidant and antimicrobial capacity of Maytenus boaria leaves, recovery by infusion and solvent extraction. *Electronic Journal of Biotechnology*, 56, 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2022.02.002>
- Spence, C. (2015). Multisensory flavor perception. *Cell*, 161(1), 24-35. <http://doi.org/10.1016/j.cell.2015.03.007>
- Stanton, C., Sanders, D., Krämer, U., & Podar, D. (2022). Zinc in plants: Integrating homeostasis and biofortification. *Molecular Plant*, 15(1), 65-85. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2021.12.008>
- Sunarharum, W. B., Yudawati, A. N., & Asih, N. E. (2021). Effect of different brewing techniques and addition of lemon peel (Citrus limon) on physico-chemical characteristics and organoleptic of cascara tea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1), 012086. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012086>
- Tavallali, H., Bahmanzadegan, A., Rowshan, V., & Tavallali, V. (2021). Essential oil composition, antioxidant activity, phenolic compounds, total phenolic and flavonoid contents from pomace of Citrus aurantifolia. *Journal of Medicinal plants and By-product*, 10 (Special), 103-116.
- Tayel, A. A., Hussein, H., Sorour, N. M., & El-Tras, W. F. (2015). Foodborne Pathogens Prevention and Sensory Attributes Enhancement in Processed Cheese via Flavoring with Plant Extracts. *Journal of Food Science*, 80(12), 2886-2891. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13138>

- Tostado-Madrid, T., Benítez-Ruiz, I., Pinzón-Navarro, A., Bautista-Silva, M., & Ramírez-Mayans, J. A. (2015). Actualidades de las características del hierro y su uso en pediatría. *Acta pediátrica de México*, 36(3), 189-200.
- Toxqui, L., Piero, A. D., Courtois, V., Bastida, S., Sánchez-Muniz, F. J., & Vaquero, M. (2010). Deficiencia y sobrecarga de hierro: implicaciones en el estado oxidativo y la salud cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 25(3), 350-365. <https://doi.org/10.3305/nh.2010.25.3.4583>
- Tsonev, T., & Cebola Lidon, F. J. (2012). Zinc in plants-an overview. *Emirates Journal of Food & Agriculture (EJFA)*, 24(4).
- Valentová, H., & Panovská, Z. (2003). Sensory Evaluation| Taste.
- Valentová, H., Škrovánková, S., Panovska, Z., & Pokorny, J. (2001). Determination of astringent taste in model solutions and in beverages. *Czech J. Food Sci.*, 19(5), 196-200. <https://doi.org/10.17221/6607-CJFS>
- Vasconcelos, N. G., Croda, J., & Simionatto, S. (2018). Antibacterial mechanisms of cinnamon and its constituents: A review. *Microbial pathogenesis*, 120, 198-203. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.04.036>
- Vázquez-Briones, M. D. C., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2017). Effect of essential oil of *Cymbopogon citratus* in the physicochemical properties of chitosan films. *Scientia Agropecuaria*, 8(4), 401-409. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.11>
- Vázquez-Fresno, R., Rosana, A. R. R., Sajed, T., Onookome-Okome, T., Wishart, N. A., & Wishart, D. S. (2019). Herbs and spices-biomarkers of intake based on human intervention studies—a systematic review. *Genes & nutrition*, 14(1), 1-27. <https://doi.org/10.1186/s12263-019-0636-8>
- Vásquez, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V., Vandenberghe, L. P., de Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., Rogez, H. L., Góes Neto, A., & Soccol, C. R. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Velásquez, L., Aredo, V., Caipo, Y., & Paredes, E. (2014). Optimization by mixtures design of the acceptability of an enriched cookie with quinoa (*Chenopodium quinoa*), soybean (*Glycine max*) and cocoa (*Theobroma cacao L.*). *Agroindustrial Science*, 4(1), 35-42.
- Vidal, J. L. (2013). *Efecto del aromatizado con hierba luisa (Cymbopogon citratus Staph) y cáscara de naranja (Citnls sinensis L) durante el fermentado y secado de cacao (Theobroma cacao L) CCN-51 en industrias mayo S.A. Tarapoto.* [Tesis Ingeniería,

- Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio UNAS. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/296>
- Villalobos, M. C. (2013). Antioxidant activity and citral content of different tea preparations of the above-ground parts of lemongrass (*Cymbopogon citratus* Stapf.). *Patubas*, 1(1), 1-20.
- Wang, C., Lv, S., Wang, J., Qiu, X., Wu, Y., & Meng, Q. (2017). Processing technologies affect the aroma but not the taste of teas: A study of Yunnan Biluochun, Jiangsu Biluochun, and other regular green teas. *International Journal of Food Properties*, 20(6), 1404-1421.
- Wang, Z. H., Yue, C. N., & Tong, H. R. (2021). Analysis of taste characteristics and identification of key chemical components of fifteen Chinese yellow tea samples. *Journal of food science and technology*, 58(4), 1378–1388. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04649-2>
- Wardhani, M. R., Estiasih, T. (2014). Pengaruh seduhan bubuk kakao lindak terhadap stres oksidatif tikus wistar jantan akibat pemberian minyak jelantah. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(2), 43-49. <https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/36/43>
- Wifek, M., Saeed, A., Rehman, R., Nisar, S. (2016). Lemongrass: a review on its botany, properties, applications and active components. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 9(January), 79-84.
- Yahya, F., Teng, T. W., & Ibrahim, N. H. (2020). Effect of different solvents and temperatures of extraction on citral concentration and antioxidant properties of freeze-dried lemongrass (*Cymbopogon citratus*) powder's extract. *Malaysian Applied Biology*, 49(4), 91–98.
- Y Ayala, R. R., & Azcona-Cruz, M. I. (2018). Toxic effects of manganese. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 22(2), 71-75.
- Yruela, I. (2009). Copper in plants: acquisition, transport and interactions. *Functional Plant Biology*, 36(5), 409-430. <https://doi.org/10.1071/FP08288>
- Zhang, L., Cao, Q. Q., Granato, D., Xu, Y. Q., & Ho, C. T. (2020). Association between chemistry and taste of tea: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 101, 139-149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.015>
- Zhang, Y. N., Yin, J. F., Chen, J. X., Wang, F., Du, Q. Z., Jiang, Y. W., & Xu, Y. Q. (2016). Improving the sweet aftertaste of green tea infusion with tannase. *Food chemistry*, 192, 470–476. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.046>

- Zhuang, J., Dai, X., Zhu, M., Zhang, S., Dai, Q., Jiang, X., Liu, Y., Gao, L., & Xia, T. (2020). Evaluation of astringent taste of green tea through mass spectrometry-based targeted metabolic profiling of polyphenols. *Food chemistry*, 305, 125507. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125507>
- Zhu, J., Chen, F., Wang, L., Niu, Y., Yu, D., Shu, C., Chen, H., Wang, H., & Xiao, Z. (2015). Comparison of Aroma-Active Volatiles in Oolong Tea Infusions Using GC-Olfactometry, GC-FPD, and GC-MS. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(34), 7499–7510. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b02358>
- Ziemlewska, A., Nizioł-Łukaszewska, Z., Bujak, T., Zagórska-Dziok, M., Wójciak, M., & Sowa, I. (2021). Effect of fermentation time on the content of bioactive compounds with cosmetic and dermatological properties in Kombucha Yerba Mate extracts. *Scientific Reports*, 11(1), 18792.

ANEXOS

Anexo-I: Ficha de evaluación sensorial para infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Ficha de evaluación sensorial en infusiones

Nombre:

Fecha y hora: Muestra: Infusión

Señor panelista se le presenta a usted una cartilla para la determinación de la aceptabilidad sensorial de la infusión.

Apreciación	Código de muestra		
	Código	Código	Código
Me gusta extremadamente			
Me gusta mucho			
Me gusta ligeramente			
Me disgusta ligeramente			
Me disgusta mucho			

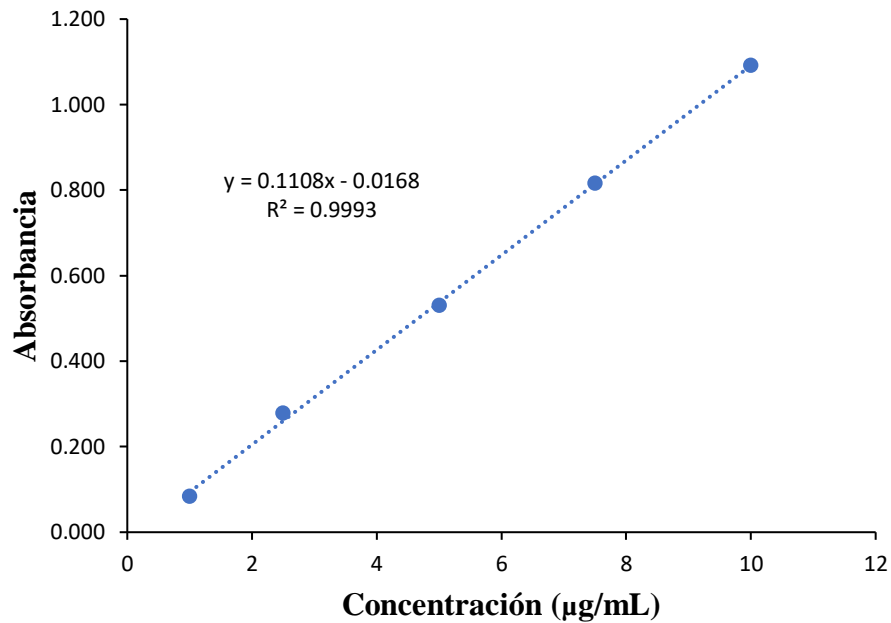
Observaciones:

Anexo-II: Distribución de las muestras para la aceptabilidad sensorial por los panelistas

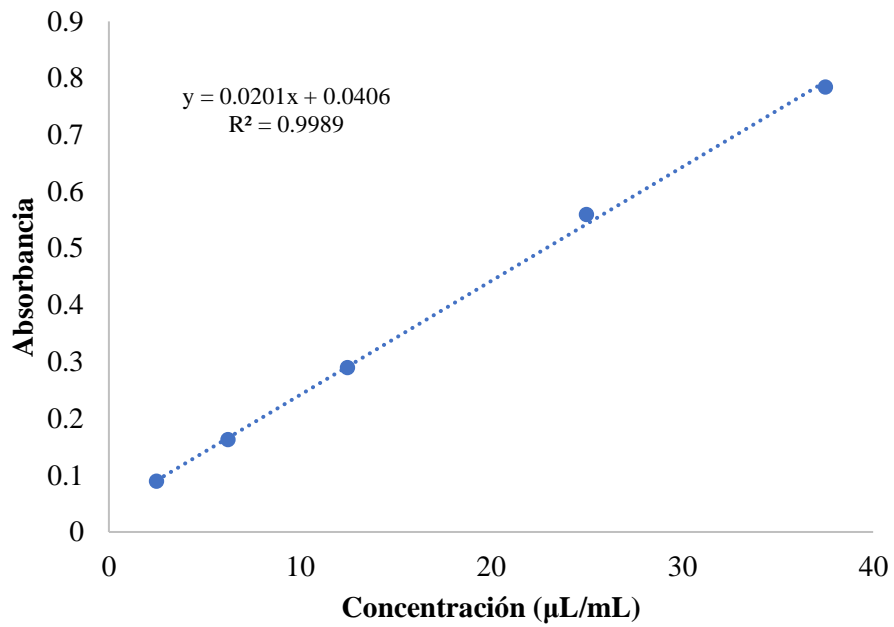
Panelistas	Tratamientos														
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₃	T ₁₄	T ₁₅
1	x	x	x												
2				x				x				x			
3					x					x					x
4						x					x		x		
5							x		x					x	
6	x			x	x										
7		x						x		x					
8			x										x	x	
9						x			x						x
10							x				x	x			
11	x					x	x								
12		x							x		x				
13			x									x			x
14				x						x				x	
15					x			x					x		
16	x							x	x						
17		x											x		x
18			x	x			x								
19					x						x			x	
20						x				x		x			
21	x									x	x				
22		x										x		x	
23			x		x	x									
24				x					x				x		
25							x	x							x
26	x											x	x		
27		x			x		x								
28			x						x	x					
29				x							x				x
30						x		x						x	
31	x													x	x
32		x		x		x									
33			x					x			x				
34					x				x			x			
35							x			x				x	
t = 15	k = 3		r = 7			b = 35		λ = 3			Tipo = I				E = 0,92

Anexo-III. Resultado de la curva de calibración a partir de ácido gálico para fenoles totales

Concentración ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbancia
1	0,083
2,5	0,278
5	0,53
7,5	0,815
10	1,091

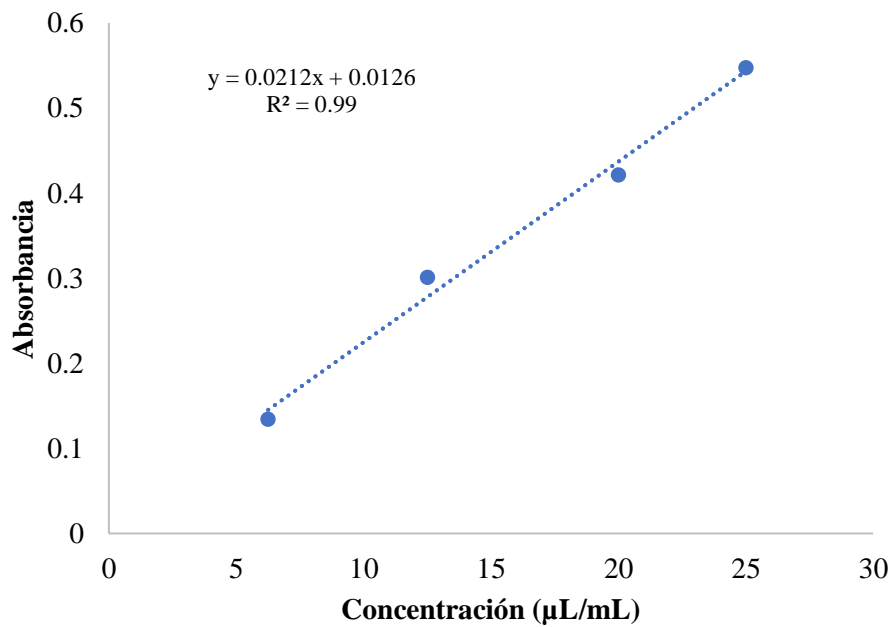
**Anexo-IV.** Resultado de curva de calibración con Trolox para DPPH para muestra e infusión**Anexo-IVa.** Curva de calibración con Trolox para DPPH en la muestra

Concentración ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbancia
2,5	0,089
6,25	0,163
12,5	0,290
25	0,559
37,5	0,784



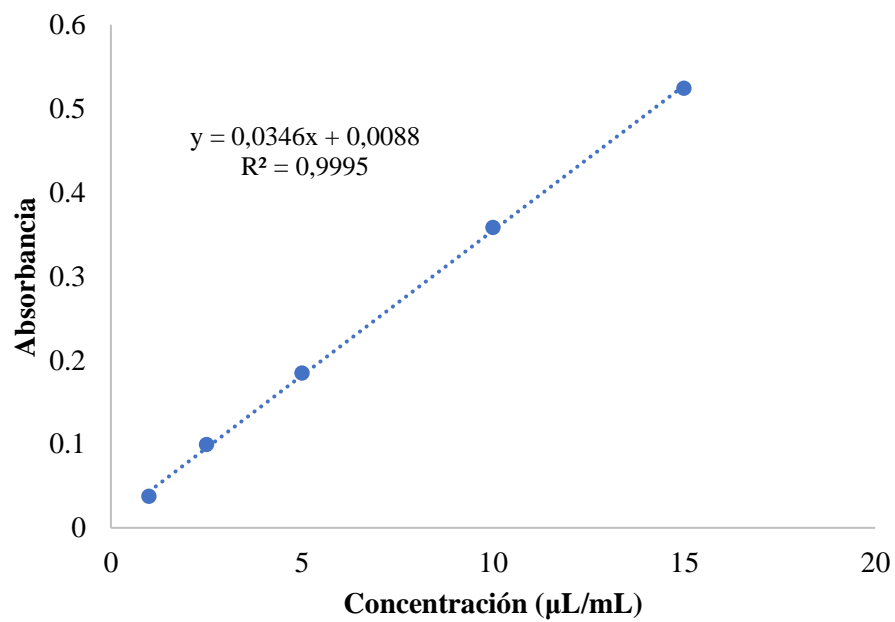
Anexo-IVb. Curva de calibración con Trolox para DPPH para la infusión

Concentración (µg/mL)	Absorbancia
6,25	0,134
12,5	0,301
20	0,421
25	0,547



Anexo-V. Resultado de la curva de calibración con Trolox para ABTS

Concentración ($\mu\text{g/mL}$)	Absorbancia
1	0,037
2,5	0,099
5	0,184
10	0,358
15	0,524

**Anexo-VI.** Concentraciones para la curva de calibración para los microelementos

Elemento	Concentración inicial (ppm)	Curva de calibración		
		S1	S2	S3
Fe	1000	0,1	1	10
Zn	1000	0,1	1	5
Cu	1000	0,1	1	5
Mn	1000	0,1	1	10
Subtotal	-	0,4	4	30
Aforo total (mL)	-	50	50	50

Anexo-VII. Ficha de evaluación sensorial de atributos en las infusiones

Ficha de evaluación de atributos en las infusiones

Nombre:

Fecha y hora: Muestra: Infusión

Señor panelista se le presenta a usted una cartilla para la evaluación sensorial del atributo aroma, marque con una (x) sobre la escala según su aceptación.

Aroma		Muestras			
Puntaje	Floral	T1	T2	T3	T4
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				
Cítrico					
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				
Herbal					
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				
Frutos secos					
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				
Canela					
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				

Ficha de evaluación de atributos en las infusiones

Nombre:

Fecha y hora: Muestra: Infusión

Señor panelista se le presenta a usted una cartilla para la evaluación sensorial del atributo sabor, marque con una (x) sobre la escala según su aceptación.

Sabor		Muestras			
Puntaje	Amargo	T1	T2	T3	T4
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				
Astringente					
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				
Dulce					
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				
Acido					
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				
Persistente					
1	Ausente				
2	Apenas				
3	Intenso				
4	Muy intenso				
5	Extremadamente intenso				

Anexo-VIII. Análisis de varianza de la aceptabilidad sensorial en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C.	C.M.
Repetición	6	7,5619	
Tratamiento no ajustado	14	25,486	
Bloques ajustados	28	18,425	0,65805
Error intrabloque	56	33,156	0,59206
Total	104	84,629	

F tab. (56, 28, 5 %) = 1,773; F. tab. (56, 28, 1 %) = 2,281

Anexo-IXa. Análisis de varianza de fenoles totales en las muestras de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	36 514,67	12 171,56	122,99	0,0001
Error	8	791,73	98,96		
Total	11	37 306,40			

R²=0,9787 C.V.=0,6764 M.S.E.=9,9482 Media=1470,803

Anexo-IXb. Análisis de varianza de fenoles totales en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	152,76	50,92	140,2	0,0001
Error	8	2,91	0,36		
Total	11	155,66			

R²=0,9813 C.V.=1,5927 M.S.E.=0,6026 Media=37,8376

Anexo-Xa. Análisis de varianza de la capacidad de inhibir el radical DPPH en muestras de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	1,8193	0,6064	621,97	0,0001
Error	8	0,0078	0,0010		
Total	11	1,8271			

R²=0,9957 C.V.=1,3212 M.S.E.=0,0312 Media=2,3633

Anexo-Xb. Análisis de varianza de la capacidad de inhibir el radical DPPH en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	393,46	131,15	14,97	0,0012
Error	8	70,11	8,76		
Total	11	37 306,40			
R ² =0,8488 C.V.=4,5451 M.S.E.=2,9603 Media=65,1325					

Anexo-XIa. Análisis de varianza de la capacidad de inhibir el radical ABTS en muestras de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	0,0699	0,0233	14,88	0,0012
Error	8	0,0125	0,0016		
Total	11	0,0825			
R ² =0,8481 C.V.=1,7677 M.S.E.=0,0396 Media=2,2392					

Anexo-XIb. Análisis de varianza de la capacidad de inhibir el radical ABTS en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	1470,43	490,14	114,28	0,0001
Error	8	34,31	4,29		
Total	11	1504,74			
R ² =0,9772 C.V.=1,7414 M.S.E.=2,0710 Media=118,92					

Anexo-XIIa. Análisis de varianza del microelemento hierro (Fe) en muestras de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	1872,75	624,25	177,3	0,0001
Error	8	28,17	3,52		
Total	11	1900,92			
R ² =0,9851 C.V.=1,1577 M.S.E.=1,8764 Media=162,0833					

Anexo-XIIb. Análisis de varianza del microelemento cobre (Cu) en muestras de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	349,31	116,44	505,33	0,0001
Error	8	1,84	0,23		
Total	11	351,15			

R²=0,9948 C.V.=1,2548 M.S.E.=0,4800 Media=38,2542

Anexo-XIIc. Análisis de varianza del microelemento zinc (Zn) en muestras de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	8,9092	2,9697	395,96	0,0001
Error	8	0,06	0,0075		
Total	11	8,9692			

R²=0,9933 C.V.=3,1588 M.S.E.=0,0866 Media=2,7417

Anexo-XIId. Análisis de varianza del microelemento manganeso (Mn) en muestras de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	6608,4	2202,80	22,83	0,0003
Error	8	771,8	96,48		
Total	11	7380,2			

R²=0,8954 C.V.=7,8136 M.S.E.=9,8223 Media=125,7083

Anexo-XIIIa. Análisis de varianza del microelemento hierro (Fe) en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	20,92	6,97	26,9	0,0002
Error	8	2,07	0,26		
Total	11	22,99			

R²=0,9098 C.V.=6,9185 M.S.E.=0,5081 Media=7,3583

Anexo-XVa. Análisis de varianza del atributo amargo en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	1,5	0,5	1,5	0,2208
Error	76	25,3	0,333		
Total	79	26,8			
R ² =0,0560		C.V.=32,0539	M.S.E.=0,5770	Media=1,800	

Anexo-XVb. Análisis de varianza del atributo astringente en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	0,6375	0,2125	0,69	0,5599
Error	76	23,35	0,3072		
Total	79	23,9875			
R ² =0,0266		C.V.=36,6472	M.S.E.=0,5543	Media=1,5125	

Anexo-XVc. Análisis de varianza del atributo dulce en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	1	0,3333	0,66	0,5772
Error	76	38,2	0,5026		
Total	79	39,2			
R ² =0,0255		C.V.=44,3103	M.S.E.=0,7089	Media=1,6000	

Anexo-XVd. Análisis de varianza del atributo ácido en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	0,3375	0,1125	0,53	0,6612
Error	76	16,05	0,2112		
Total	79	16,3875			
R ² =0,0206		C.V.=35,6930	M.S.E.=0,4595	Media=1,2875	

Anexo-XVe. Análisis de varianza del atributo persistente en infusión de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Fuente de variabilidad	G.L.	S.C	C.M.	F cal.	Pvalor
Tratamientos	3	0,7375	0,2458	0,88	0,4558
Error	76	21,25	0,2796		
Total	79	21,9875			

R²=0,0335 C.V.=21,0459 M.S.E.=0,5288 Media=2,5125

Anexo-XVI. Análisis de componentes principales de los atributos en infusiones de cascarilla de cacao con hojas de especies aromáticas

Autovalores de los componentes principales

Lambda	Valor	Proporción	Promedio acumulado
1	5,18	0,52	0,52
2	2,91	0,29	0,81
3	1,91	0,19	1
4	0	0	1
5	0	0	1
6	0	0	1
7	0	0	1
8	0	0	1
9	0	0	1
10	0	0	1

Autovectores de los componentes principales		
Variables	E1	E2
A. Floral	0,2	0,42
A. Cítrico	0,43	0,05
A. Herbal	0,44	-0,05
A. Frutos secos	-0,43	0,09
A. Canela	-0,06	0,55
S. Amargo	-0,37	-0,27
S. Astringente	0,07	-0,16
S. Dulce	0,41	0,19
S. Ácido	0,23	-0,47
S. Persistente	-0,17	0,4

Correlaciones con las varianzas originales de los componentes principales		
Variables	CP1	CP2
A. Floral	0,45	0,71
A. Cítrico	0,97	0,09
A. Herbal	0,99	-0,09
A. Frutos secos	-0,99	0,15
A. Canela	-0,15	0,93
S. Amargo	-0,85	-0,46
S. Astringente	0,17	-0,27
S. Dulce	0,94	0,33
S. Ácido	0,52	-0,81
S. Persistente	-0,38	0,68

Correlación cofenética= 0,917