

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS Y ESTABILIDAD DE LA
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE LOS
EXTRACTOS DE LAS HOJAS DE *Potalia Amara* (CURARINA)**

Tesis para optar el título de:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:
ARAUJO RENGIFO Humberto Isidro

Asesor:
M. Sc. RIVERA ROJAS Humberto Hugo

Tingo María – Perú

2025



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 012-2025

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 26 de diciembre del 2025, a horas 9:00 a.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. **HUMBERTO ISIDRO ARAUJO RENGIFO**, titulada:

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS Y ESTABILIDAD DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE LOS EXTRACTOS DE LAS HOJAS DE *Potalia Amara* (CURARINA)”

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de ... **MUY BUENO**; 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, 26 de diciembre del 2025

Dr. Williams Vicente Roldán Carbajal
Presidente

Dr. Alfredo Abelardo Carmona Ruiz
Miembro

Dra. Luz Milagros Follegatti Romero
Miembro

M.Sc. Humberto Hugo Rivera Rojas
Asesor



UNAS

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE SOPORTE
CIENTÍFICO
REPOSITORIO INSTITUCIONAL

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N 026 - 2026 - CS-RIDUNAS

El Jefe de la Unidad de Soporte Científico 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% y contenido generado por Inteligencia Artificial menor o igual al 20%. Según establece el Art. 29° y 30° del Acuerdo Nro.017-2025-CIUNAS-VRI-UNAS.

Programa de Estudio:

Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE	
		SIMILITUD	CONTENIDO GENERADO POR INTELIGENCIA ARTIFICIAL
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS Y ESTABILIDAD DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DURANTE EL ALMACENAMIENTO DE LOS EXTRACTOS DE LAS HOJAS DE Potalia Amara (CURARINA)	ARAUJO RENGIFO HUMBERTO ISIDRO	04 % Cuatro	Menor a 20 %

Tingo María, 27 de enero de 2026.

 UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE SOPORTE CIENTÍFICO

ING. EINSTEIN A. ORTIZ MORALES
JEFE

C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María



VICERRECTORADO DE INVESTIGACION DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

“Promoviendo la Calidad de la Investigación”

REGISTRO DE PROYECTO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO UNIVERSITARIO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Escuela Profesional : Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Título de Tesis : Evaluación de las propiedades termofísicas y estabilidad de la capacidad antioxidante durante el almacenamiento de los extractos de las hojas de Potalia Amara (curarina)
Objetivo General : Evaluar las propiedades termofísicas y estabilidad de la capacidad antioxidante durante el almacenamiento de los extractos de las hojas de Potalia amara (curarina).
Autor de la Tesis : Humberto Isidro Araujo Rengifo
DNI : 45673839
Celular : 942 689 632
Correo Electrónico : haraujorengifo@gmail.com
Asesores de Tesis : M. Sc. Humberto Hugo Rivera Rojas
Área de Investigación : Ciencias de Alimentos
Grupo de Investigación : Ciencias químicas
Línea de Investigación : Química Pura y Aplicada
Lugar de Ejecución : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Fecha de inicio : 01/ 01/2024
Fecha de termino : 31/11/2024
Presupuesto : S/. 6,429.00
Financiamiento : Propio (X) FEDU () Externo ()

Humberto Isidro Araujo Rengifo
Tesisista

M. Sc. Humberto Hugo Rivera Rojas
Asesor

DEDICATORIA

De manera especial; A mi padre **Isidro Segundo Araujo Torres** y mi madre **Sonia Rengifo Rodríguez**. cuyo apoyo incondicional y orientación constante durante mi formación profesional han sido fundamentales en mi desarrollo integral. Les dedico este trabajo como reconocimiento a los valores que inculcaron en mí y que orientan mi compromiso permanente con la excelencia y el bien común.

A mi esposa **Silvia Karina Bonifacio Malpartida**, por su apoyo emocional a mis hijos **Asiel, Aytana, Daniela y cristofer**, por ser mi fortaleza para seguir mejorando.

A mis hermanos **Carlos Lee Araujo Rengifo, Frank Lee Araujo Rengifo, Sonia Isidora Araujo Rengifo**, mis sobrinos Danna, Edwar, Darsham Lee, Esteyci, Kate Lee, por ser parte de la familia.

AGRADECIMIENTO

- A mi familia, cuyo acompañamiento constante, dedicación y apoyo incondicional han constituido el fundamento sólido que permitió transitar exitosamente esta etapa transformadora de mi existencia.
- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la oportunidad de acceder a una formación profesional de excelencia académica.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y a su plana docente, por transmitir conocimientos relevantes y orientar mi desarrollo académico mediante sus enseñanzas a lo largo de mi proceso formativo.
- A mi asesor M. Sc. Humberto H. Rivera Rojas, por su compromiso, paciencia y apoyo permanente durante la realización de este trabajo de investigación.
- A los integrantes del jurado: Dr. Williams V. Roldán Carbajal, Dr. Alfredo A. Carmona Ruiz y la Dra. Luz M. Follegatti Romero, por su disposición, tiempo y contribuciones relevantes que enriquecieron el desarrollo de este estudio.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1.	Antecedentes de la investigación	4
2.2.	Aspectos teóricos	5
2.2.1.	Taxonomía de la Potalia amara (curarina)	5
2.2.2.	Descripción botánica.....	6
2.2.3.	Composición bioquímica	7
2.2.4.	Propiedades termofísicas	7
2.2.5.	La estabilidad de la capacidad antioxidante.....	9
2.2.6.	Antioxidante.....	10
2.2.7.	Propiedades fisicoquímicas.....	12
2.2.8.	Extracto	13
2.3.	Definición de términos básicos	16
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1	Lugar de ejecución	19
3.2	Material y Métodos	19
3.2.1.	Materiales y Equipos.....	19
3.2.2.	Metodología	21
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30

4.1. Evaluación de la variación de las propiedades termofísicas (calor específico, conductividad y difusividad térmicas) de hojas superiores, intermedias e inferiores de curarina (<i>potalia amara</i>).....	30
4.1.1. Calor específico (Cp)	30
4.1.2. Conductividad térmica (k)	31
4.1.3. Difusividad térmica (α).....	32
4.2. Caracterizaciones fisicoquímicas (pH y acidez) de los extractos de hojas superiores, intermedias e inferiores de curarina (<i>potalia amara</i>) en los tres tipos de solvente	32
4.2.1. pH.....	32
4.2.2. Acidez	37
4.3. Determinación del contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) de los extractos de hojas superiores, intermedias e inferiores de curarina en los tres tipos de solvente.....	38
4.3.1. Polifenoles totales	38
4.3.2. Flavonoides totales.....	39
4.3.3. Antocianinas	40
4.3.4. Actividad antioxidante (DPPH)	41
4.3.5. Capacidad antioxidante (ABTS).....	42
4.4. Evaluación de estabilidad del pH, acidez y la capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) durante almacenamiento del mejor tratamiento.....	43
V. CONCLUSIONES.....	46
VI. PROPUESTAS A FUTURO	47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Resumen de los principales metabolitos vegetales primarios y secundarios.	17
2. Evaluación de las propiedades termofísicas en hojas de Curarina	30
3. Evaluación de pH, acidez y capacidad antioxidante de los extractos acuosos, hidroalcohólicos y etanólicos en Curarina.....	35
4. Evaluación de pH, acidez y actividad antioxidante (DPPH y ABTS) del extracto T4 de Curarina.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. La Potalia amara	6
2. Flujograma para elaborar una bebida funcional del extracto de curarina.....	27
3. Diseño experimental para la determinación de la variación hoja con mejor capacidad antioxidante.....	28
4. Evaluación de la capacidad antioxidante.....	29

RESUMEN

La *Potalia Amara (curarina)* presenta un gran potencial como fuente de antioxidantes naturales, por lo que se planteó como objetivo de investigación evaluar las propiedades termofísicas y la estabilidad antioxidante durante el almacenamiento de los extractos de hojas de *curarina*. Para lo cual se emplearon las hojas superiores, intermedias e inferiores, utilizando tres tipos de solventes: acuoso, hidroalcohólico y etanólico. La metodología incluyó análisis fisicoquímicos, como la medición de pH y acidez, y la evaluación de la capacidad antioxidante (DPPH y ABTS). Se realizaron análisis estadísticos mediante ANOVA para determinar la significancia de las variaciones. Los resultados revelaron que el tipo de solvente juega un papel crucial en las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de los extractos. El solvente hidroalcohólico fue el más efectivo en la extracción de compuestos antioxidantes, presentando los niveles más altos de polifenoles y flavonoides. En cuanto al pH y la acidez, se observó que estos parámetros se mantuvieron estables durante el almacenamiento, aunque la capacidad antioxidante disminuyó gradualmente a lo largo del tiempo, siendo más pronunciada en los extractos acuosos. En conclusión, la *curarina* presenta un gran potencial como fuente de antioxidantes naturales, pero es fundamental seleccionar el solvente adecuado para maximizar su eficacia y prolongar la estabilidad durante el almacenamiento. Los solventes hidroalcohólicos demostraron ser los más eficientes para mantener la estabilidad de los compuestos bioactivos, sugiriendo su aplicación para el desarrollo de productos fitoterapéuticos y cosméticos.

Palabras claves: Propiedades termofísicas, fisicoquímicas, capacidad antioxidante

ABSTRACT

Potalia Amara (curarina) presents a great potential to be a natural source of antioxidants, thus, the objective of the research that was proposed was to evaluate the thermophysical properties and the antioxidant stability during the storage of extracts from curarine leaves. For this, the upper, middle and lower leaves were used, in three types of solvents: aqueous, hydroalcoholic and ethanol. The methodology included a physicochemical analysis, such as measuring the pH and acidity, and an antioxidant capacity evaluation (DPPH and ABTS). Statistical analyses were done using ANOVA in order to determine the significance of the variations. The results revealed that the type of solvent played a crucial role in the physicochemical properties and the antioxidants in the extracts. The hydroalcoholic solvent was the most effective in the extraction of antioxidant compounds, presenting the highest levels of polyphenols and flavonoids. With respect to the pH and the acidity, it was observed that these parameters stayed stable during storage, though the antioxidant capacity gradually decreased over time, being the most pronounced in the aqueous extracts. In conclusion, curarina presented a high potential for being a source of natural antioxidants, but the selection of an adequate solvent is fundamental in maximizing its efficacy and prolonging its stability when stored. The hydroalcoholic solvents proved to be the most efficient in maintaining the stability of the bioactive compounds, suggesting that they be applied in the development of phytotherapeutic and cosmetic products.

Keywords: thermophysical properties, physicochemical, antioxidant capacity

I. INTRODUCCIÓN

El empleo de plantas medicinales denominado Medicina Verde constituye una práctica ancestral de transmisión intergeneracional que, más allá de su antigüedad, implica la revaloración y conservación de un acervo cultural de significativa relevancia para las sociedades contemporáneas, sino también las propiedades como una alternativa de solución a los problemas en el área de la salud pública. Las plantas medicinales han captado creciente interés entre preparadores de extractos farmacológicos caseros, lo que ha propiciado su utilización expandida en el tratamiento de diversas afecciones. Este incremento se atribuye tanto a su accesibilidad económica como a su perfil de seguridad, caracterizado por baja toxicidad en relación con los fármacos.

Es así como nuestro país posee un acervo significativo de especies vegetales clasificadas con propiedades medicinales, asimismo existe un número considerable y ha sido sometido a validación científica rigurosa. En particular se cuenta con el extracto líquido de curarina (*Potalia amara*) que lo mercantilizan debido a sus propiedades curativas ante las diversas enfermedades como: tos, asma, bronquitis aguda, males renales, estomacales e incluso la diabetes, cáncer, etc. Por tanto, surge la importancia de la caracterización en las propiedades termofísicas, funcionales y fisicoquímicas del extracto de curarina para el avance en la producción de fitoterapéuticos.

Asimismo, la validación científica y la tecnificación de los procesos de extracción y almacenamiento de curarina son pasos preliminares fundamentales para: aumentar el interés en *Potalia amara* como la fuente de compuestos terapéuticos. Facilitar su inclusión en farmacopeas mediante la generación de datos confiables y estandarizados permite el aseguramiento de la calidad de los extractos a través de su estandarización. Por tanto, proporcionar una ficha técnica detallada permite describir apropiadamente las características termofísicas, fisicoquímicas y funcionales del extracto líquido de curarina con el fin de que este disponible en el mercado.

La presente investigación se justifica teóricamente por comprender y caracterizar las propiedades fisicoquímicas y termofísicas del extracto de la planta curarina, así como la estabilidad antioxidante que proporciona información esencial sobre su comportamiento

durante el almacenamiento y su eficacia terapéutica. La justificación práctica se centra en los beneficios directos que la investigación puede ofrecer a la industria de los productos naturales y la fitoterapia. Al caracterizar las propiedades fisicoquímicas y termofísicas del extracto de curarina, se pueden estandarizar los procesos de producción y almacenamiento, asegurando así la calidad y eficacia del producto final. La justificación metodológica se basa en la necesidad de desarrollar y aplicar métodos analíticos precisos y reproducibles en la caracterización del extracto de curarina.

La metodología incluirá técnicas avanzadas de análisis fisicoquímico, como la termogravimetría (TGA), la calorimetría diferencial de barrido (DSC) y la espectroscopía de infrarrojo (IR), entre otras. Estos métodos permitirán obtener datos detallados sobre las propiedades termofísicas y la estabilidad antioxidante del extracto. A la fecha aún no se ha caracterizado científicamente los extractos obtenidos de hojas de curarina motivo por el cual surge la premisa ¿Cuál es la caracterización (pH, acidez, polifenoles, flavonoides, antocianinas) de hojas superiores, intermedias e inferiores de curarina (*Potalia amara*) para evaluar la estabilidad funcional del extracto de sus hojas en tres tipos de solvente? Por lo tanto, se planteó la hipótesis: Si evaluamos las propiedades termofísicas y la estabilidad de la capacidad antioxidante durante el almacenamiento del extracto de las hojas de *Potalia amara* (curarina), existirá variaciones durante el almacenamiento.

Objetivo general

Evaluar las propiedades termofísicas y estabilidad de la capacidad antioxidante durante el almacenamiento de los extractos de las hojas de *Potalia amara* (curarina).

Objetivos específicos:

- Determinar la variación de las propiedades termofísicas (calor específico, conductividad y difusividad térmicas) de hojas superiores, intermedias e inferiores de *Potalia amara* (curarina).
- Determinar la variación de las características fisicoquímicas (pH y acidez) de los extractos de hojas superiores, intermedias e inferiores de *Potalia amara* (curarina) en los tres tipos de solvente.

- Determinar la variación del contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) de los extractos de hojas superiores, intermedias e inferiores de curarina en los tres tipos de solvente.
- Evaluar la estabilidad del pH, acidez y la capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) durante almacenamiento del mejor tratamiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la investigación

Flores *et al.* (2019), realizaron un estudio sobre la caracterización de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante en varias plantas medicinales, incluyendo hierbabuena (*Mentha piperita* L.), árnica montana (Asteraceae), epazote (*Chenopodium ambrosioides* L.), manzanilla (*Matricaria chamomilla*), sábila (*Aloe vera*), lavanda (*Lavandula angustifolia*) y insulina (*Cissus verticillata* L.). Los resultados mostraron que la flor de árnica (*Árnica montana*) presentó los niveles más altos en contenido de fenoles totales, flavonoides y capacidad antioxidante en ambos métodos utilizados. Hierbabuena también mostró altos valores en estas mediciones, al igual que insulina. Por otro lado, los cuatro lotes de sábila analizados mostraron los valores más bajos en todas las pruebas realizadas. En las siete plantas se lograron medir antocianinas, fenoles totales, capacidad antioxidante y flavonoides mediante los métodos TEAC y ORAC, a excepción del gel de sábila, debido a que no se obtuvo una apropiada extracción en todas las técnicas aplicadas.

Naspud (2018), evaluó la capacidad antioxidante de los extractos alcohólicos del fruto de mora (*Rubus glaucus Benth*) conseguidos mediante tres tipos de pretratamientos térmicos. Su estudio reveló que todos los extractos de *Rubus glaucus* mostraron algún grado de capacidad antioxidante y contenían fenoles; Sin embargo, la capacidad antioxidante disminuye con la aplicación de los tratamientos térmicos. De todos los extractos, el que recibió un tratamiento de calor húmedo demostró una mayor capacidad antioxidante, alcanzando valores de IC50 similares a los obtenidos con *R. glaucus* y vitamina C sin tratamiento (ST). Por otro lado, el tratamiento de calor seco generó el menor valor de IC50, generado por la exposición a altas temperaturas y tiempos prolongados de cocción, que afectarán la tapa.

Villareao *et al.* (2019), su estudio tuvo como objetivo determinar la concentración de compuestos fenólicos en las hojas de *Beautempsia avicenniifolia* (Kunth) Gaudich (Capparaceae) y evaluar la capacidad antioxidante, con el fin de identificar una posible alternativa para luchar con las enfermedades crónicas degenerativas y el estrés oxidativo, que son problemas de salud. Los resultados mostraron una concentración moderadamente alta de compuestos fenólicos con capacidad reductora, entre los cuales se encontró una gran proporción

de flavonoides de polaridad media a baja. Estos flavonoides, reconocidos por medio de pruebas de espectroscopía IR, presentaron una capacidad antioxidante in vitro de cinética lenta.

Nieto *et al.* (2018), investigan cómo las condiciones de cultivo influyen en la producción de fenoles, capacidad antioxidante y flavonoides totales en el árnica (*Heterotheca inuloides*). Los resultados indicaron que el cultivo en campo y la aplicación de ciertos elicitadores aumentan la concentración de compuestos fenólicos, dicha concentración también mostró un incremento significativo cuando la planta se cultiva tanto en invernadero como en campo, aunque con variaciones según el tipo de riego empleado. La capacidad antioxidante resultó ser variable y dependió del tipo de cultivo, lo que sugiere que esta capacidad está relacionada con los agregados específicos y las actividades antioxidantes que cada tipo de cultivo favorece.

Mejía *et al.* (2018), analizaron la capacidad antioxidante y antimicrobiana de los tubérculos andinos *Ullucus tuberosus* y *Tropaeolum tuberosum*. Sus resultados mostraron un porcentaje alto de la capacidad antioxidante de ambas plantas en su totalidad, siendo las hojas y tallos los que presentaron mayor actividad. En cuanto a la capacidad antimicrobiana, el cubio mostró un efecto bacteriostático sobre *C. utilis*, sin embargo, el ulluco presentó actividad contra *E. coli*. Estos hallazgos sugieren que ambos tubérculos son viables para la extracción de los compuestos antimicrobianos y antioxidantes, lo cual abre la posibilidad de aprovechar tanto los tubérculos como sus subproductos (hojas y tallos) para aplicaciones funcionales.

2.2. Aspectos teóricos

2.2.1. Taxonomía de la *Potalia amara* (curarina)

La *Potalia* es un género con cuatro especies de plantas fanerógamas que son de la familia Gentianaceae (Struwe y Albert, 2004). Esta comprendido por 10 especies descritas y de estas, solo 5 aprobadas.

La clasificación taxonómica de la *Potalia amara* descrito por Struwe y Albert (2004) es como sigue:

Nombre científico : *Potalia amara*

Reino : Plantae

Phylum	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Orden	: Gentianales
Familia	: Gentianaceae
Género	: Potalia
Epíteto específico	: amara

2.2.2. Descripción botánica

Arbustos de 0,3 a 5,0 metros de alto, hojas opuestas, peciolo 0,4 a 4,0 cm, 2 a 7 mm de ancho, 30 a 75 cm de largo, verdes, más oscuras por encima que por debajo: la vena media conspicua y sobresaliente por debajo, las secundarias típicamente son más de 30, pinnadas, alternas. Varias flores con 1 o 2 órdenes de ramificaciones (Ver Figura 1).



Figura 1. La Potalia amara

La *Potalia amara* es la única especie de dicho género y aparece desde Brasil y Perú hasta Costa Rica, principalmente se encontraron especímenes en bosques primarios de la amazonia de Colombia, Ecuador, Brasil y Perú (Struwe y Albert, 2004).

2.2.3. Composición bioquímica

El área de estudio, al igual que en otras regiones de la cuenca amazónica, esta planta se utiliza tradicionalmente en emplastos como paliativo para mordeduras de serpiente (Schultes y Raffauf, 1990; Crespo, 2007; Naranjo, 2006). No obstante, aún no existen estudios farmacológicos que expliquen esta actividad. Se ha documentado, sin embargo, que la planta puede tener efectos tóxicos significativos, probablemente debido a la presencia de saponinas triterpénicas con alta capacidad hemolítica, lo cual implica que pueden destruir células sanguíneas. Encontrándose, en esta especie alcaloides, flavonoides, glucósidos amargos, taninos, saponinas y ácidos fenólicos, la combinación de estos compuestos bioquímicos otorga a *Potalia Amara* un amplio espectro de propiedades medicinales, que incluyen efectos antioxidantes, antiinflamatorios, digestivos y antimicrobianos. Estos componentes hacen que la planta sea valorada en la tradicional medicina y/o moderna para el tratamiento de diversas dolencias y como una fuente potencial para el desarrollo de nuevos fitoterapéuticos (Albuquerque, 1999).

2.2.4. Propiedades termofísicas

Dependen de la temperatura, como la conductividad térmica, el calor específico y la difusividad térmica, siendo aspectos cruciales en el diseño de los procesos para la producción de provisiones (Phinney et al., 2017). Estas propiedades térmicas permiten evaluar el grado de uniformidad en procesos térmicos como la esterilización y la pasteurización. Por ello, tanto los científicos de alimentos como los ingenieros de procesos necesitan la caracterización o recopilación de información detallada acerca de las propiedades termofísicas notables de los materiales que se procesan (Park et al., 2014). La medición de estas propiedades es fundamental para el diseño eficiente de la transferencia de masa, calor e instancia involucrada en los procesos de elaboración de alimentos (Martins et al., 2020).

a. Calor específico (C_p)

Es una propiedad fundamental para el diseño de intercambiadores de calor, en la selección de medios para la transferencia de calor y en la determinación de las condiciones óptimas de procesamiento (Bikila et al., 2020). Un método bien concreto con el fin de medir los cambios de la entalpía provocados por variaciones de temperatura es la DSC, que se aplica actualmente a una amplia variedad de materiales (Abd-Elghany y Klapótke, 2018). Los datos logrados mediante la DSC brindan información importante sobre las transformaciones estructural y química de los materiales analizados. En el caso de los polímeros, esta técnica permite identificar transiciones vítreas, cambios en la estructura de enlaces de hidrógeno y el rango de temperatura en el que se produce la degradación térmica (Drzezdzon et al., 2019). Asimismo, el análisis de DSC facilita la interpretación del comportamiento de fusión en relación con el estado cristalino de los polímeros (Kong y Hay, 2002). Además, Pompe et al. (1998), mencionan que se convierte en una herramienta esencial para controlar la calidad en cada proceso de producción.

b. Conductividad térmica (k)

Es una propiedad intrínseca de los materiales, fundamental para transferir calor y esencial en la predicción y el control del flujo de calor, así como en la determinación de los tiempos de procesamiento (Bikila et al., 2020). En el diseño de procesos térmicos, resulta necesario conocer propiedades térmicas clave, como la capacidad calorífica específica, la conductividad térmica y los parámetros de inactivación microbiana (valores Z y D), ya que estos datos permiten desarrollar modelos matemáticos para predecir el perfil de temperatura, el tiempo de calentamiento y la letalidad microbiana (Rivera et al., 2020). Los datos precisos sobre conductividad térmica son esenciales en el modelado y diseño de procesos en la industria alimentaria; sin embargo, cuando esta información no está disponible, es necesario realizar estimaciones (Carson et al., 2016). En los materiales alimentarios, la conductividad térmica es crucial para calcular la tasa de transferencia de calor por conducción en cada proceso como la esterilización, congelación, cocción, fritura y secado. Por tanto, el agua es el componente influyente en la determinación de la conductividad térmica del alimento, sin embargo, los componentes no acuosos tienen una menor relevancia debido a las diferencias relativas en las conductividades entre el agua y otros elementos alimentarios (Maroulis et al., 2002).

c. Difusividad térmica (α)

Según Bikila et al. (2020), menciona que α mide la rapidez con la que el calor o la temperatura se propagan a través de un material, siendo un parámetro clave para predecir el tiempo de procesamiento.

Es una propiedad física que describe la capacidad de un material para la conducción del calor en asociación con su capacidad para el almacenamiento de la energía térmica. Con respecto a las plantas medicinales como *Potalia Amara*, la difusión térmica es un factor clave cuando se consideran los procesos de secado, almacenamiento y preparación de extractos, ya que afecta la estabilidad de los compuestos bioactivos y la calidad del producto finalizado. Comprender y controlar la difusión térmica puede ser esencial para optimizar la producción de fitoterapéuticos de alta calidad, asegurando que los compuestos bioactivos se mantengan estables y eficaces (Bikila et al., 2020).

Según Huang y Liu (2009), indican que la difusividad térmica (α) y la conductividad térmica (k) son importantes parámetros físicos e indispensables para el diseño de los procesos de la ingeniería de alimentos.

2.2.5. La estabilidad de la capacidad antioxidante

Durante el almacenamiento es un aspecto crucial para la eficacia de los extractos de plantas medicinales como la curarina. Comprender los factores que afectan esta estabilidad y desarrollar estrategias para mejorarla es esencial para la producción de fitoterapéuticos de alta calidad. La *Potalia amara*, conocida por su contenido alto de compuestos antioxidantes, requiere un análisis detallado de cómo sus propiedades antioxidantes se mantienen o degradan durante el almacenamiento. La comprensión y caracterización de las propiedades fisicoquímicas y termofísicas de los extractos de plantas medicinales son esenciales. La curarina, obtenida de las hojas de *Potalia Amara*, contiene una variedad de elementos bioactivos con propiedades antioxidantes que desempeñan un papel crucial en la protección ante las enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Jorge y Segura, 2011).

La estabilidad de estos elementos antioxidantes durante el almacenamiento está influenciada por los factores tales como la luz, el oxígeno, la humedad y la temperatura. La

oxidación es un mecanismo principal de degradación que se acelera con la exposición a la luz, al oxígeno y la temperatura elevada. La hidrólisis, en presencia de agua, también puede degradar algunos compuestos antioxidantes, mientras que la fotodegradación puede ocurrir debido a la exposición a la luz. La muestra de coadyuvantes o estabilizantes en el extracto puede mejorar su estabilidad, y el uso de envases opacos o con propiedades barrera a la luz puede mitigar la fotodegradación (Jorge y Segura, 2011).

La evaluación de la capacidad antioxidante se realiza por medio de ensayos químicos como DPPH, y ABTS, que proporcionan una medida cuantitativa de la capacidad del extracto en la neutralización de los radicales libres. Además, las técnicas analíticas avanzadas como la espectroscopía de masas (MS) y la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) se utilizan para identificar y cuantificar los compuestos antioxidantes específicos. La DSC y la TGA pueden evaluar la estabilidad térmica de cada extracto, proporcionando datos detallados sobre su comportamiento durante el almacenamiento (Jorge y Segura, 2011).

Para mejorar la estabilidad de los antioxidantes, se pueden emplear estrategias de formulación y procesamiento, como la microencapsulación y el uso de aditivos estabilizantes. Asimismo, la optimización de los métodos de extracción y procesamiento también podrían contribuir en la mejora de la estabilidad de los compuestos bioactivos. Además, el almacenamiento en condiciones controladas de temperatura, humedad y luz es primordial para la prolongación de la vida útil del extracto. El uso de envases adecuados que protejan contra el oxígeno y la luz es fundamental para mantener la estabilidad (Jorge y Segura, 2011).

Diversos estudios han demostrado la importancia de las condiciones de almacenamiento en la estabilidad de los antioxidantes en extractos de plantas. La estandarización de los procesos y la caracterización detallada de los extractos de curarina pueden facilitar su inclusión en productos farmacéuticos y nutracéuticos. La creación de productos estandarizados y de alta calidad puede aumentar la aceptación y confianza de los consumidores (Jorge y Segura, 2011).

2.2.6. Antioxidante

Según Jorge y Segura (2011), indican que son compuestos que inhiben o retardan

los procesos oxidativos a través de la inhibición en la iniciación y difusión de reacciones de oxidación. La oxidación constituye una reacción química caracterizada por la transferencia electrónica desde una sustancia donadora hacia un agente oxidante. Estas reacciones podrían generar radicales libres que desencadenan reacciones en cadena causantes de daño celular. La función esencial de un antioxidante radica en su capacidad de capturar radicales libres, particularmente especies como el peróxido, mediante un mecanismo de donación electrónica que transforma el radical libre en una especie débil no tóxica, previniendo así la patogénesis de diversas enfermedades.

Función de los antioxidantes: Según Sies (1995), indica que es el mecanismo de acción de cada antioxidante implica la transferencia electrónica hacia radicales libres, generando como consecuencia su propia oxidación y conversión en especies radicalares débiles e inocuas. Bajo determinadas condiciones bioquímicas, el antioxidante oxidado puede experimentar regeneración a su estado inicial mediante la intervención de moléculas antioxidantes adicionales.

Radicales libres: Según Anderson y Phillips (2001) se define como cualquier átomo o molécula que posee uno o más electrones en desapareación. Debido a esta característica estructural, los radicales libres tienden a extraer electrones de moléculas adyacentes, lo que provoca la ruptura de pares electrónicos y la generación de nuevas moléculas inestables, desencadenando así una reacción en cadena de propagación.

Radical 1,1 difenil-2-picril-hidrazil (DPPH): Según Lebeau et al. (2000), el DPPH constituye un radical libre estable empleado como indicador con el fin de evaluar la capacidad secuestradora de compuestos con propiedades antioxidantes. El fundamento metodológico del ensayo DPPH se basa en la abstracción de un átomo de hidrógeno proveniente de un compuesto fenólico donador, lo que genera difenilpicrihidrazina y un radical fenoxilo. Durante este proceso, se observa una variación cromática de violeta a amarillo, acompañada por la disminución de la absorbancia medible a 515 nm.

Radical 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6 ácido sulfónico) (ABTS^{o+}): Kuskoski et al. (2005) señalan que el radical ABTS^{o+} constituye uno de los métodos más utilizados con el fin de determinar la capacidad antioxidante de mezclados, debido a sus

características de elevada sensibilidad, practicidad, rapidez y estabilidad. Sin embargo, los valores de actividad antioxidante podrían presentar variabilidad dependiendo del intervalo temporal seleccionado para realizar la medición. En el método ABTS, la absorbancia se determina a los 1 y 7 minutos; no obstante, evidencia experimental sugiere que la reacción con el radical ABTS^{o+} requiere al menos 1 minuto para completarse.

2.2.7. Propiedades fisicoquímicas

Las propiedades fisicoquímicas de Potalia Amara están relacionadas con su composición química, estructura y comportamiento en distintos procesos, como la extracción, secado y almacenamiento. Algunas propiedades fisicoquímicas clave de esta planta medicinal se tiene el pH, solubilidad, punto de fusión, estabilidad térmica, actividad antioxidante, higroscopicidad y densidad aparente.

El pH del extracto de Potalia amara presenta un pH ligeramente ácido, lo cual es común en muchas plantas medicinales. El pH puede variar según las condiciones de preparación del extracto y el método de extracción. Este factor es importante porque el pH influye en la estabilidad de los compuestos bioactivos y en su eficacia terapéutica. Generalmente, los extractos etanólicos y acuosos de los tallos y hojas de esta planta tienden a presentar un pH ligeramente ácido, con datos que suelen oscilar en 4,5 y 6,0, según el método de extracción y las condiciones del proceso. Este comportamiento es común en plantas medicinales que contienen alcaloides, flavonoides y compuestos fenólicos, que tienden a impartir acidez al medio debido a grupos presentes funcionales como los ácidos carboxílicos y los fenoles (Souza y Silva, 2012).

La acidez de los extractos de Potalia amara no solo es relevante para su estabilidad durante el almacenamiento, sino también para su biodisponibilidad y efectividad farmacológica. Un pH ácido podría contribuir a la estabilidad de ciertos compuestos antioxidantes y alcaloides, que pueden ser susceptibles a la degradación en medios más alcalinos (Rodríguez y Castro, 2015). Además, las condiciones de acidez pueden influir en la capacidad de solubilidad de los componentes bioactivos, lo que es crucial para la eficacia del extracto en preparaciones farmacéuticas y fitoterapéuticas.

Estudios previos sobre plantas con compuestos similares sugieren que la acidez

leve ayuda a preservar las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del extracto vegetal, lo cual es esencial para garantizar su calidad durante el almacenamiento prolongado (Souza y Silva, 2012; Rodríguez y Castro, 2015).

2.2.8. Extracto

De acuerdo con Sulca (2012), constituye una mezcla de composición compleja caracterizada por la presencia de múltiples compuestos químicos, obtenida mediante la aplicación de procesos químicos, microbiológicos y físicos sobre un origen natural, con potencial aplicabilidad en diversos campos tecnológicos. Dicho extracto vegetal, alberga un conjunto de mezclados con propiedades farmacológicas, conteniendo múltiples principios activos integrados en una matriz, la cual puede poseer o no actividad terapéutica intrínseca.

Para obtener extractos vegetales se realiza a partir de plantas íntegras o componentes específicos tales como flores, hojas, cortezas, raíces, entre otros elementos cuidadosamente elegidos, asimismo mediante la aplicación de las técnicas con especialización en concentración y extracción, empleando solventes según las características de la materia prima, su composición química y sus potenciales aplicaciones. El análisis posterior de estos extractos requiere la implementación de los protocolos investigativos que incluyen fraccionamiento, liofilización, cromatografía y nebulización, entre otras metodologías. La técnica extractiva proporciona nuevas maneras galénicas con una ventaja significativa tales como una mejor condición de conservación, prescripción y facilidad de administración, con la posibilidad de una estandarización e incremento de la biodisponibilidad. Sin embargo, presentan limitaciones importantes como el riesgo de dilución de los principios activos, de interacción indeseada hacia los disolventes e impedimento de lograr la extracción completa de la totalidad de los compuestos (Sulca, 2012).

Sulca (2012), indica que, si la materia vegetal entra en contacto con el solvente, comienza un proceso inverso al de la desecación, caracterizado por la reconstitución del estado celular original. El proceso extractivo propiamente dicho empieza cuando dicho solvente ingresa en la estructura celular, facilitando la expulsión del aire contenido en el citoplasma. Para el aislamiento de metabolitos secundarios, los disolventes de mayor aplicación incluyen alcohol etílico, agua, propilenglicol, glicerina y sus combinaciones.

a. Tipos de extractos

Extractos líquidos: Se caracterizan por presentar una consistencia de naturaleza fluida con ligera viscosidad (Sanz, 2009).

Extractos fluidos: Se caracterizan por exhibir una consistencia análoga a la del néctar de miel en estado fresco, constituyéndose como la forma galénica más frecuentemente empleada debido a su practicidad operacional y propiedades conservantes favorables. Desde una perspectiva de balance masico, en los fluidos extractos de la masa del producto final derivado es equivalente a la masa de la materia prima vegetal deshidratado utilizada en el proceso de obtención (Sanz, 2009). Complementariamente, Rodas (2009) expresa que la concentración cuantitativa de principios activos en el extracto fluido mantiene paridad con la concentración de estos mismos principios en la droga vegetal original, presentando una estructura fisicoquímica de naturaleza líquida.

Extractos blandos: Se caracterizan por poseer una consistencia de tipo pastoso, análoga a la viscosidad de la miel, con contenido acuoso máximo limitado al 20% en masa. De acuerdo con Rodas (2009), estos preparados presentan una concentración de principios activos que supera la concentración presente en la materia prima vegetal original, exhibiendo simultáneamente una estructura fisicoquímica de consistencia semisólida (Sanz, 2009).

Extractos secos: Constituyen preparaciones fitofarmacéuticas susceptibles de pulverización, caracterizadas por un contenido de agua máximo restringido al 5% de la masa total. La ventaja primordial de esta forma galénica radica en su extraordinaria concentración de principios activos, estableciéndose una relación de equivalencia donde 1 gramo de extracto seco corresponde farmacológicamente a 5 gramos de materia prima vegetal sin procesar (Rodas, 2009). Estos extractos se obtienen mediante evaporación exhaustiva del solvente utilizado en la extracción, resultando en una estructura fisicoquímica de consistencia sólida.

Extracción de los principios activos: Se fundamenta en la separación selectiva de los compuestos biológicamente activos de la matriz vegetal inerte, mediante la aplicación de un disolvente de polaridad adecuada y de un protocolo extractivo específicamente diseñado (Rodas, 2009). Las metodologías extractivas disponibles permiten la generación de productos en formas galénicas optimizadas, facilitando la administración terapéutica por vías oral o

dérmico-externa, conforme a los sitios anatómicos y fisiológicos de acción deseados. Las preparaciones resultantes se clasifican nominalmente como infusiones, decocciones, extractos fluidos, blandos o secos diferenciados de acuerdo con el contenido de humedad relativa, así como tinturas y otras formas derivadas (Farmacognosia, 2012).

Estas formulaciones son designadas como preparados galénicos, tributando reconocimiento académico a Claudio Galeno, figura histórica precursora en la elaboración de metodologías para el preparativo de agentes farmacéuticos derivados de sustratos vegetales. Paralelo al perfeccionamiento de estos procedimientos originales, se han desarrollado técnicas extractivas de elevada sofisticación que posibilitan el aislamiento de sustancias activas en estado de pureza farmacéutica, facilitando la síntesis de formas galénicas de complejidad aumentada, presentadas en múltiples formatos farmacéuticos como tabletas, preparaciones líquidas, ungüentos tópicos y cápsulas. No obstante, estos avances tecnológicos y farmacéuticos no lograron depreciar ni el desplazamiento de las preparaciones galénicas tradicionales, donde se experimentan actualmente un resurgimiento considerable, atribuible principalmente a su excepcional perfil de inocuidad y a la muy baja incidencia de reacciones adversas indeseadas en poblaciones de pacientes (Farmacognosia, 2012).

Las farmacopeas oficiales han incorporado dentro de sus códigos regulatorios especificaciones normativas fundamentadas en criterios científicos rigurosos, destinadas a asegurar y garantizar la calidad farmacéutica de estos preparados galénicos. Aunque estas formulaciones no demandan un nivel de control analítico tan riguroso y exhaustivo como el requerido para medicamentos de carácter oficial, resulta imperativo observar cuidados metodológicos significativos en relación con las condiciones de conservación ambiental, los tiempos de almacenamiento permisibles y la estabilidad química del producto. Se recomienda prioritariamente su utilización en tiempo inmediato posterior a su preparación, en virtud de la relativa facilidad técnica de su elaboración y de su disponibilidad potencial en cualquier momento a partir de la obtención de materia prima vegetal fresca o deshidratada (Farmacognosia, 2012).

La extracción: Se define como un proceso de separación y fraccionamiento de una mezcla compleja de sustancias químicas, mediante la disolución diferencial de cada componente, utilizando uno o múltiples agentes disolventes seleccionados conforme a criterios

de polaridad y selectividad. Este procedimiento genera invariablemente al menos dos fracciones o componentes distinguibles: la fase líquida que constituye la solución extractiva conteniendo los compuestos disueltos suspendidos en el disolvente utilizado (denominada extracto) y la fase sólida residual insoluble remanente, conocida como bagazo o residuo de extracción (Rodas, 2009).

Decocción o cocimiento: La droga vegetal se cubre completamente con el disolvente y se somete a calentamiento hasta ebullición, manteniéndose esta condición durante 15 a 30 minutos. El tiempo de decocción varía según la dureza y consistencia de las estructuras vegetales a extraer. Generalmente flores, raíces, hojas y pecíolos foliados se ponen a hervir en agua aproximadamente 15 minutos, asimismo las ramas y componentes de mayor dureza pueden requerir tiempos prolongados hasta una hora, durante los cuales debe reponerse continuamente el agua perdida por evaporación. Posteriormente, se procede al enfriamiento y filtración del preparado. Tanto en infusiones como en decocciones, el agua constituye el disolvente principal (Rodas, 2009).

2.3. Definición de términos básicos

Drogas vegetales: Las drogas vegetales son partes de una planta medicinal que contienen en proporción variable uno o varios de los principios activos que serán extraídos posteriormente. Entre estas se encuentran hojas, flores, frutos, raíces, tallos y semillas. Dichas hojas se caracterizan por tener alcaloides y heterósidos, mientras que el tallo actúa principalmente como vía por las raíces y hojas, aunque puede albergar principios activos en sus estructuras corticales o en la albura (Olaya y Méndez, 2003).

La raíz cumple la función de extracción de agua con sales minerales del suelo, transportándola hacia las hojas mediante sistemas de conducción vascular, y frecuentemente acumula azúcares, vitaminas y alcaloides de relevancia farmacológica. La flor contiene igualmente principios activos, siendo particularmente rica en pigmentos colorantes. El conjunto constituido por pedúnculos florales y pequeñas hojas se denomina sumidades florales. De acuerdo con los frutos carnosos funcionan como reserva de azúcares, vitaminas y ácidos orgánicos (Olaya y Méndez, 2003).

Metabolitos: Los principios activos constituyen aquellos componentes químicos

presentes en plantas medicinales que poseen actividad farmacológica específica, siendo aislados y extraídos a partir de drogas vegetales para ejercer efectos terapéuticos en el organismo. Se clasifican en dos categorías fundamentales: metabolitos primarios y metabolitos secundarios (Kuklinski, 2000).

Metabolitos primarios y secundarios: Las especies vegetales contienen en su estructura una variada multiplicidad de componentes químicos que resultan fundamentales para el desarrollo, crecimiento y mantenimiento de los organismos botánicos. Estos componentes presentan naturaleza química heterogénea, permitiendo su clasificación sistemática en dos grandes categorías: componentes inorgánicos y orgánicos. Dichos componentes inorgánicos esenciales tales como los minerales y el agua. Según Kuklinski (2000), menciona que la cantidad del agua es variable según la especie, además el 80% de los casos los tallos y hojas tiene más agua, sin embargo, las semillas tienen poca agua.

Dichos minerales presentes en plantas podrían manifestarse en diversas formas químicas, incluyendo sales ionizadas en solución acuosa (cloruros, nitratos, fosfatos, entre otros), sales en estado cristalino (oxalato cálcico, carbonato cálcico, entre otros), así como oligoelementos esenciales (manganeso, magnesio, hierro, flúor, entre otros). Estos componentes minerales se encuentran dentro de las especies vegetales integrados y asociados con sustancias de naturaleza orgánica (Kuklinski, 2000).

Entre los componentes orgánicos de las plantas es posible diferenciar los metabolitos primarios o básicos, directamente asociados con el metabolismo celular esencial, y los metabolitos secundarios, sin necesidad de vincularse con las funciones metabólicas esenciales, de ellos gran parte son responsables de la actividad farmacológica en las drogas vegetales. Los metabolitos secundarios de mayor relevancia se presentan en la Tabla 1 (Kuklinski, 2000).

Tabla 1. Resumen de los principales metabolitos vegetales primarios y secundarios.

Compuestos procedentes del metabolismo Primario	Compuestos procedentes del metabolismo Secundario
Glúcidos	Isoprenoides: cardiotónicos, terpenos,
Lípidos y Grasas	saponinas, aceites esenciales
Aminoácidos	Derivados Fenólicos: ácidos fenólicos, taninos,

Proteínas	lignanos, cumarinas, quinonas, flavonoides,
Ácidos Nucleicos	fenoles simples: Antocianinas Alcaloides
Compuestos Nitrogenados (enzimas, glucósidos cianogenéticos)	

Dado que la evaluación de los métodos propuestos requiere la utilización de metabolitos secundarios, se presentará una descripción concisa de estos compuestos, enfatizando específicamente los flavonoides, los cuales han sido seleccionados como objeto de análisis comparativo (Kuklinski, 2000).

Metabolitos secundarios: Las rutas metabólicas fundamentales constituyen los orígenes del metabolismo secundario vegetal, generando una diversa serie de compuestos químicos. Algunos de estos metabolitos son responsables de características organolépticas como aromas y coloración en los vegetales, mientras que otros confieren propiedades culinarias, medicinales o tóxicas. La acumulación de los metabolitos secundarios tiene concentraciones significativas en el interior de las células vegetales (Kuklinski, 2000).

Decocción: Denominado también como cocimiento, este procedimiento consiste en elevar la mezcla de materia vegetal y disolvente hasta alcanzar la temperatura de ebullición del agua, manteniéndola bajo estas condiciones térmicas durante un período variable que típicamente oscila entre 30 o 15 minutos (Selles, 2015).

Infusión: Este proceso consiste en someter la materia vegetal previamente humedecida al contacto con el disolvente a una temperatura equivalente a la del punto de ebullición del agua, manteniéndola bajo estas condiciones durante cinco minutos. Posteriormente, se permite el enfriamiento hasta alcanzar un ambiente temperado y la preparación de una dilución al 5% (Selles, 2015).

Digestión: Se trata de un proceso de maceración ejecutado bajo condiciones térmicas moderadas, con temperaturas que oscilan entre 50 y 60 °C. Un moderado incremento de la temperatura beneficia un mayor rendimiento del proceso extractivo, ya que disminuye la viscosidad del disolvente, facilitando su penetración rápida en el interior celular vegetal y permite una extracción más eficiente de los principios activos (Selles, 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

La investigación fue ejecutada en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, cito en la Av. Universitaria s/n, localidad de Tingo María, distrito de Rupa – Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, a 660 m.s.n.m., de clima tropical húmedo, de temperatura media anual de 24 °C y una humedad relativa media de 84%. Se trabajó en los ambientes del Laboratorio Central de Investigación, Laboratorio de investigación en Ciencia de Alimentos, Laboratorio de Ingeniería de Alimentos y Análisis de Alimentos.

3.2 Material y Métodos

La materia prima que se empleó para los experimentos preliminares y definitivos fue la hoja de la curarina (*Potalia amara*) en tres estados fisiológicos (superior, media e inferior), de la misma planta las cuales se obtuvieron del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS).

3.2.1. Materiales y Equipos

Materiales de laboratorio

- Pipetas de 1, 5 y 10 mL.
- Probetas de 10, 25, 50, 100 y 1000 mL.
- Tubos de ensayo de 15 mL.
- Matraces de 25 mL.
- Embudos.
- Morteros.
- Fiolas.
- Vasos de precipitado de 10, 25, 50, 100 y 1000 mL.

Equipos de laboratorio

- Desionizador de agua modelo D-7035 (Barnstead, USA).
- Estufa TOMOS ODHG – 9240A.
- Balanza analítica OHAUS Galaxy 160 220 – 240v sensibilidad 0,0001 g Germany.
- Selladora.
- Espectrofotómetro UV/VIS Génesis 6.
- Refrigeradora Icebeam Door Cooling LG GR-5392QLC.
- Homogeneizador de soluciones VORTEX.
- Shaker.
- UV visible.
- Mufla.
- Equipo de destilación.
- Centrifuga marca Hettich – modelo MIKRO 22R y velocidad 10,000 rpm.

Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH) en lentejas p.a. ISO. Merck. Germany.
- Metanol 96%.
- 1, 1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH), 90%. Sigma Chemical.
- Agua destilada desionizada (H₂O_{dd}).
- 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline-6-ácido-sulfónico) (ABTS+).
- Folin-ciocalteus, Merck. Germany.

- Persulfato de Potasio ($K_2S_2O_8$) p.a. Sigma Chemical.
- Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) p.a. ISO. Scharlau.
- Ácido sulfúrico 95 – 97% p.a. Merck. Germany.
- Hexano p.a. Merck. Germany.
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) 50%.
- Ácido clorhídrico fumante 37% p.a. Merck. Germany.
- Diclorometano (CH_2Cl_2)
- Tricloruro ($FeCl_3$).
- Ácido clorhídrico (HCl).
- Metanol (CH_3OH).
- Silicagel (60-200 Mesh) J.T. Baker.
- Etanol 96° (C_2H_6O).
- Acetona (C_3H_6O).

3.2.2. Metodología

a. Técnica de muestreo

Se utilizó el muestreo probabilístico aleatorio simple, con las plantas de curarina del jardín botánico de la universidad (bosque del BRUNAS).

b. Propiedades termofísicas

Calor específico (C_p): La determinación del calor específico se realizó utilizando un calorímetro diferencial de barrido (SETARAM, USA, Labsys evo), con intervalo de temperatura de medición de 25 a 95 °C y velocidad de exploración de 5 °C/min en atmósfera inactivo a flujo continuo de nitrógeno de 100 mL/min. Previamente a las mediciones, se

ejecutaron un experimento en blanco con crisol vacío y un experimento de calibración con material de referencia zafiro sintético de alta pureza (99.99%). Los datos logrados fueron analizados y procesados a través del software Calisto (SETARAM), realizándose cada análisis al triple (ASTM, 2018).

Difusividad térmica: Al realizarse las mediciones se utilizó el equipo DATATRACE por cada tratamiento de las hojas deshidratadas de curarina. Se instalaron dos sensores de temperatura que registraron simultáneamente las temperaturas del centro térmico de la muestra y del medio de calentamiento circundante. Dichos datos obtenidos han sido procesados mediante la metodología de transferencia de calor en condiciones de estado no estacionario, propuesta originalmente de Dickerson en 1965 y posteriormente modificada por Poulsen (1982).

$$t = 0.398 \frac{r^2}{\alpha_T} \log \left[1,6 \frac{T_m - T_0}{T_m - T} \right] \quad (1)$$

Donde:

α_T : Difusividad térmica (m²/s)

t : Tiempo (s)

r : Radio del cilindro (m)

T : Temperatura del centro térmico al tiempo t (°C)

T_0 : Temperatura en el centro térmico al tiempo 0 (°C)

T_m : Temperatura del medio de calentamiento (°C)

La ecuación (1) se reordenó con el fin de diferenciar la variable independiente y dependiente como sigue:

$$\log \left[1,6 \frac{T_m - T_0}{T_m - T} \right] = \frac{1}{0.398} \frac{\alpha_T}{r^2} t \quad (2)$$

La ecuación (2) es una ecuación lineal que intercepta el origen de coordenadas

Donde:

$\frac{1}{0.398} \frac{\alpha_T}{r^2}$: Es la pendiente (m) de la ecuación lineal.

$\log \left[1,6 \frac{T_m - T_0}{T_m - T} \right]$: Es la variable dependiente (eje de ordenadas) o variación de temperatura no conseguida.

t : Es la variable independiente (eje de abscisas).

La pendiente de la línea de regresión fue determinada a través del análisis de regresión lineal ejecutado en una hoja de cálculo de Microsoft Excel, y la difusividad térmica fue estimada utilizando la siguiente ecuación:

$$m = \frac{1}{0.398} \frac{\alpha_T}{r^2}$$

Se despeja α_T de la ecuación (2) $\rightarrow \alpha_T = 0,398mr^2$

La difusividad térmica fue calculada en las temperaturas de 80 y 60 °C

Conductividad térmica (k): Se determinó mediante la DSC, empleando un método basado en el régimen estacionario, siguiendo el procedimiento descrito por Hakvoort y van Rejien (1985), con adaptaciones a la geometría y condiciones experimentales del presente estudio.

Los ensayos se realizaron utilizando indio de alta pureza como material de referencia, el cual fue colocado en un crisol de aluminio y dispuesto de manera directa en la superficie de la muestra, sin crisol intermedio, asegurando contacto térmico directo. El conjunto (metal de referencia–muestra) se colocó directamente sobre el sensor del DSC.

El programa térmico consistió en un barrido controlado dentro del intervalo de fusión del indio, registrándose el flujo de calor en función de la temperatura. A partir del termograma DSC se identificó la región lineal del pico de fusión del indio, de la cual se obtuvo la pendiente (S), asociada al cociente entre el flujo de calor (ϕ) y el gradiente de temperatura (ΔT), según la relación:

$$\frac{\phi}{\Delta T} = S$$

Las muestras se prepararon en forma de cilindros, variando ligeramente sus dimensiones para cada tratamiento experimental:

K1 (diámetro 3.50 mm, altura 3.39 mm),

K2 (diámetro 3.51 mm, altura 3.48 mm) y

K3 (diámetro 3.51 mm, altura 3.43 mm).

La diferencia de temperatura (ΔT) se determinó a partir del rango de fusión del indio registrado en cada ensayo, obteniéndose valores de 3.83 K, 3.81 K y 3.80 K para K1, K2 y K3, respectivamente.

La conductividad térmica se calculó empleando la ecuación:

$$K = \left(\frac{\phi}{\Delta T} \right) \frac{h}{A}$$

Donde “h” es la altura del cilindro y A el área de la base de la muestra. Cada medición se realizó por triplicado utilizando muestras independientes, y los valores finales de conductividad térmica obtenidos fueron 0.05, 0.06 y 0.08 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ para los tratamientos K1, K2 y K3, respectivamente. La incertidumbre experimental del método se considera del orden del 5%, acorde con lo reportado en la literatura.

c. Métodos de análisis

Cuantificación de polifenoles totales: Se ejecutó la determinación mediante el método espectrofotométrico de Folin-Ciocalteu, desarrollado en 1927, expresando los resultados como equivalentes de ácido gálico, metodología reportada por Doroteo et al. (2013).

Cuantificación de antocianinas totales: Se ejecutó mediante el método espectrofotométrico descrito por Zapata et al. (2014).

Cuantificación de flavonoides totales: Se ejecutó mediante el método

espectrofotométrico descrito por Doroteo et al. (2013).

Evaluación de la capacidad antioxidante: Se desarrolló por el método descrito por Brand-Williams *et al.* (1995), por inhibición de radicales libres 1,1 diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH^{o+}) reportado por (Mensor *et al.*, 2001). La capacidad de inhibir el catión 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline – 6 ácido sulfónico) (ABTS^{o+}) método elaborado por Pellegrini *et al.* (1999), con algunas reformas reportado por Álvarez *et al.* (2014).

Análisis fisicoquímico: pH método y la *acides* titulable. Método

d. Metodología experimental

Se realizó el preparativo de los extractos etanólicos y acuosos (agua 100%, agua-etanol 50/50 y etanol 100%), de las hojas de curarina en el laboratorio, estas antes fueron recolectadas, lavadas y seleccionadas teniendo en cuenta que deben ser hojas superiores, medias e inferiores, fueron secadas en secador de bandejas, para ser molidas con el fin de obtener una mejor extracción.

Para la preparación del extracto acuoso, se tomaron 5 g de hojas correspondientes a cada edad de muestreo, adicionando 50 mL de agua destilada a cada muestra. El sistema se sometió a calentamiento en baño maría a temperatura de ebullición durante 10 minutos. Posteriormente, se procedió a la filtración de la mezcla, obteniendo una primera concentración que fue distribuida en microtubos y sometida a centrifugación a 10,000 × g durante 5 minutos a 4 °C. A partir de esta concentración madre, se prepararon las concentraciones posteriores requeridas.

Para la preparación de los extractos acuoetanólico y etanólico, se tomaron 5 g de cada muestra, adicionando 50 mL del disolvente correspondiente mezcla agua-etanol o etanol al 96%. Las muestras se dejaron macerar durante un período de 48 horas. Posteriormente, se procedió a la filtración, obteniéndose una primera concentración que fue distribuida en microtubos y sometida a centrifugación a 10,000 × g durante 5 minutos a 4 °C. A partir de esta concentración madre, se prepararon las diluciones posteriores requeridas.

Capacidad antioxidante de los extractos de las hojas: Se realizó el análisis de la capacidad antioxidantes de los extractos de las hojas de curarina (superior, intermedia e

inferior) siguiendo los métodos de Inhibición del radical 1,1 diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) y capacidad de inhibir el catión 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazoline – 6 ácido sulfónico) (ABTS^{o+}), se evaluó en extracto acuoso, acuoso-etanólico (50/50) y etanólico, teniendo en cuenta ubicación de las hojas en la planta.

Elaboración de la bebida funcional de los extractos de hojas de curarina:

Para el proceso de elaboración en la bebida funcional se hizo de acuerdo con la Figura 2 donde se muestran las operaciones fundamentales para la obtención de la bebida funcional que describimos a continuación.

Recolectado: Se recolectaron las hojas superiores, intermedias e inferiores en el bosque del BRUNAS, en bolsas de papel se trasladaron al laboratorio para su procesamiento.

Lavado: Se realizó con agua corriente con el fin de eliminar toda materia extraña, y seguidamente con agua destilada.

Picado: Se hizo con tijeras podadoras con el fin de reducir el tamaño de las hojas, para aumentar la superficie de contacto.

Secado: Se realizó en secadora de bandeja con aire caliente. **Pesado:** Se realizará en balanza analítica con el fin de tener el peso apropiado y preciso de la muestra.

Cocción o macerado: Cuando el solvente es agua se utilizará agua a ebullición por 10 minutos, cuando el solvente es una mezcla de agua/alcohol y solo alcohol se macerará por 48 h.

Evaporado: Se realizará en una placa de rotavapor solo en los casos de la extracción con el solvente agua/alcohol y alcohol a temperatura de 60 °C y a condiciones de vacío.

Diluido: Se harán 3 diluciones 1:2, 1:4 y 1:6, evaluándose color, olor y sabor, luego al que tenga mejor aceptabilidad se le determinará la cantidad de antioxidantes que posee.

Envasado: Se envasará el producto en botellas de plástico de 625 mL a una temperatura de 70 °C.

Sellado: El sellado se hará en caliente, en forma inmediata después del envasado, con el fin de evitar una contaminación microbiana.

Enfriado: Será enfriado el producto a hasta llegar a la temperatura ambiente.

Almacenamiento: Se almacenará a temperatura ambiente, se realizará la caracterización funcional de todos los tratamientos, el mejor tratamiento el cual será evaluado funcionalmente, mediante los métodos DPPH y ABTS, lo cual permitiría determinar la estabilidad del extracto seleccionado durante 2 meses.

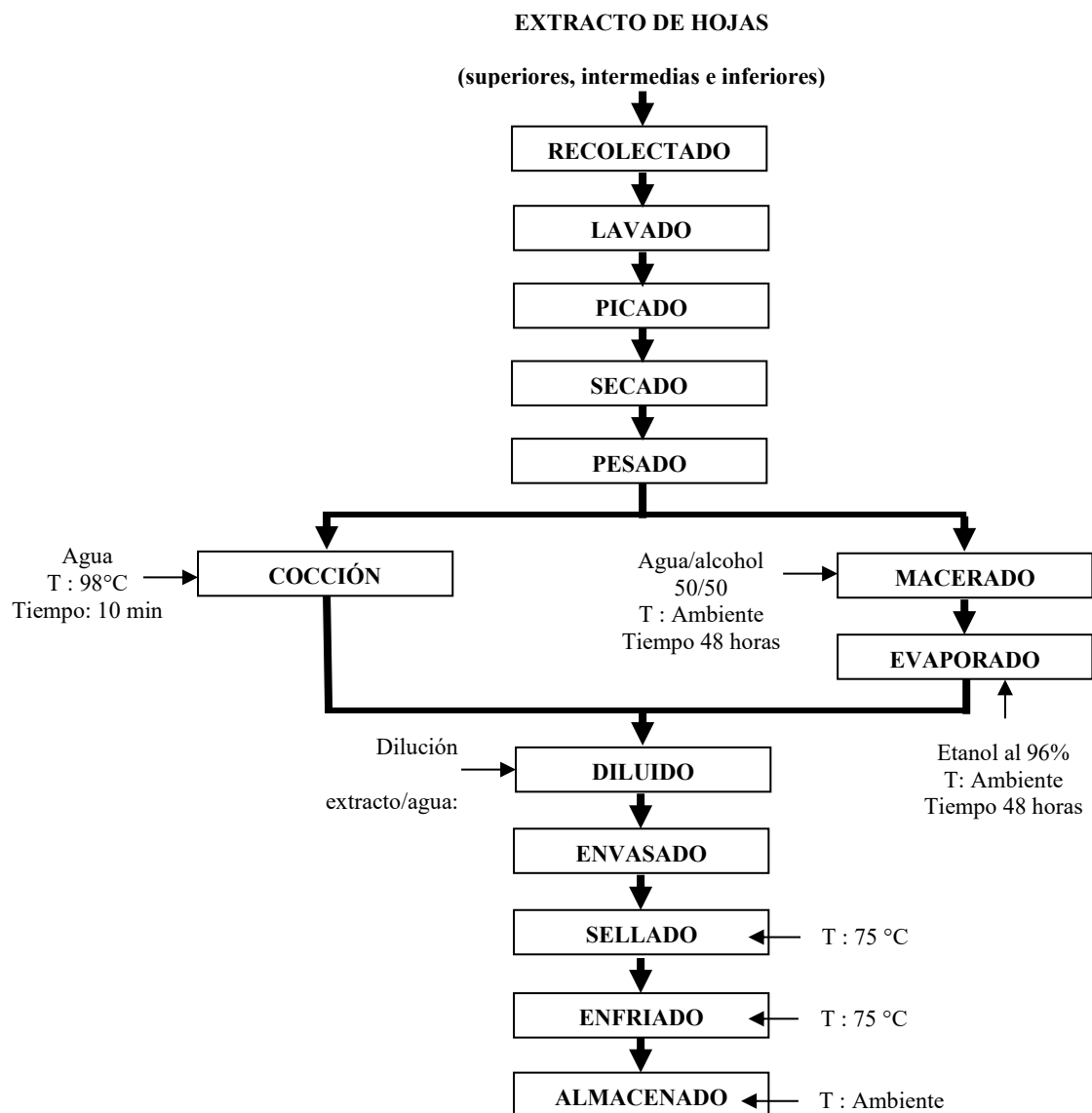


Figura 2. Flujograma para elaborar una bebida funcional del extracto de curarina

e. Diseño experimental

Determinación de la bebida con mejor capacidad antioxidante

La Figura 3 muestra el diseño experimental para encontrar el mejor sustrato de curarina en función al estado de la hoja y tipo de solvente.

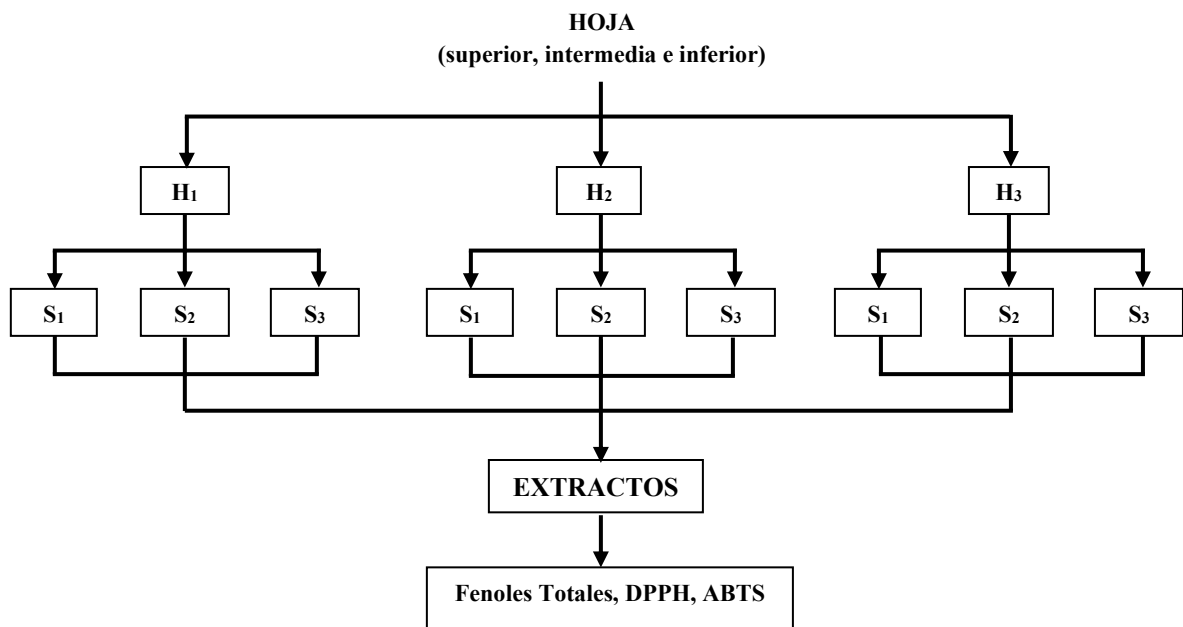


Figura 3. Diseño experimental para la determinación de la variación hoja con mejor capacidad antioxidante.

En la Figura 3 se tiene:

H: Estado de la hoja con tres niveles

H₁: Hoja superior

H₂: Hoja media

H₃: Hoja inferior

S: Tipo de solvente con tres niveles

S₁: Solvente agua

S₂: Solvente agua-alcohol

S₃: Solvente alcohol etílico al 70%

Es necesario indicar que existen 9 tratamientos donde en cada uno de ellos se realizó tres repeticiones el objetivo es determinar el mejor sustrato en base a la mayor capacidad antioxidante.

Estabilidad del extracto seleccionado

La bebida **seleccionada**, fue almacenada durante 2 meses, se realizaron evaluaciones de Fenoles Totales, DPPH y ABTS, cada 7 días.



Q: Tiempo, se evaluó al inicio y luego cada 7 días

Figura 4. *Evaluación de la capacidad antioxidante*

f. Análisis estadístico

Las pruebas estadísticas se hicieron para dar cumplimiento a cada objetivo planteando para lo cual se usó técnicas estadísticas inferencial como es el análisis de varianza de una y dos vías con un nivel de significancia del $\alpha = 0.05$, y su respectivo análisis posterior según su significancia, teniendo en cuenta que se han tomado tres repeticiones. Para lo cual se hizo uso del programa SPSS 26 y Jamovi 2.3.21, así como con Microsoft Excel.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la variación de las propiedades termofísicas (calor específico, conductividad y difusividad térmicas) de hojas superiores, intermedias e inferiores de curarina (*potalia amara*)

La Tabla 1 muestra una variación del calor específico (Cp), la difusividad térmica (α) y la conductividad térmica (k) de las hojas inferiores, intermedias y superiores de Curarina a diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C).

Tabla 2. Evaluación de las propiedades termofísicas en hojas de Curarina

Tratamiento	Temperatura	Cp (J/g.°C)	k (W/m·K)	α ($\times 10^{-7}$ m ² /s)
T1*	40	0,853±0,04 ^d	0,061±0,005 ^a	2,270±0,36 ^a
T2*	60	1,123±0,03 ^c	0,0625±0,01 ^a	1,728±0,27 ^{ab}
T3*	80	1,148±0,03 ^c	0,063±0,015 ^a	1,684±0,27 ^{ab}
T4**	40	0,932±0,01 ^d	0,0635±0,02 ^a	2,077±0,33 ^{ab}
T5**	60	1,242±0,06 ^{bc}	0,064±0,025 ^a	1,559±0,25 ^{ab}
T6**	80	1,386±0,02 ^a	0,0645±0,03 ^a	1,399±0,22 ^b
T7***	40	0,955±0,04 ^d	0,065±0,035 ^a	2,029±0,32 ^{ab}
T8***	60	1,294±0,01 ^{ab}	0,0655±0,04 ^a	1,500±0,24 ^{ab}
T9***	80	1,412±0,08 ^a	0,066±0,045 ^a	1,370±0,22 ^b

* hoja inferior, ** hoja intermedia, *** hoja superior, Cp: Calor específico, K: conductividad térmica, α : difusividad térmica. Los valores representan el promedio \pm DS (desviación estándar). Medidas con diferentes superíndices entre líneas muestra una diferencia estadística significativa, prueba Tukey ($P<0,05$).

4.1.1. Calor específico (Cp)

El calor específico de las hojas de Curarina (Tabla 1) mostró un incremento

significativo con la temperatura en los tres niveles de altura. En el nivel inferior (T1–T3), Cp aumentó de 0,853 a 1,148 J/g·°C, mientras que en las hojas intermedias (T4–T6) y superiores (T7–T9) los valores oscilaron entre 0,932–1,386 y 0,955–1,412 J/g·°C, respectivamente. Este aumento progresivo refleja la mayor capacidad de los tejidos para almacenar energía térmica conforme se eleva la temperatura, comportamiento típico de materiales biológicos con alto contenido de polisacáridos estructurales.

Las hojas superiores e intermedias presentaron valores de Cp significativamente mayores que las inferiores, especialmente a 60 y 80 °C. Este comportamiento sugiere una mayor estabilidad térmica y capacidad de amortiguación térmica en las hojas más expuestas al sol, probablemente asociada a un mayor grado de lignificación, cutinización y acumulación de compuestos fenólicos que favorecen la absorción y distribución del calor sin provocar degradación estructural inmediata. En contraste, las hojas inferiores, al recibir menor radiación solar, mantienen menor Cp, reflejando una composición con más humedad libre y menor densidad de componentes estructurales. El aumento sostenido del Cp con la temperatura concuerda con lo reportado en tejidos vegetales de ambientes tropicales (Vecchio et al., 2009), donde el incremento en Cp se asocia con la movilidad molecular y la transición de fases en los biopolímeros de la pared celular.

4.1.2. Conductividad térmica (k)

La conductividad térmica se mantuvo constante (0,063 W/m·K) en todos los tratamientos (Tabla 1), sin diferencias significativas entre niveles de altura ni temperatura. Este resultado indica que la transferencia de calor por conducción dentro del tejido foliar de Curarina es relativamente uniforme, independientemente de la posición del follaje. La homogeneidad de K puede deberse a que la estructura anatómica y porosidad del tejido no varían drásticamente entre hojas del mismo individuo, y que el transporte térmico está más influenciado por la composición global (agua, aire y matriz sólida) que por el nivel de exposición. Además, el valor constante de K sugiere que la microestructura interna de las hojas actúa como un medio térmicamente aislante, lo cual favorece la regulación térmica y evita sobrecalentamiento en condiciones de alta irradiación. Este comportamiento es consistente con estudios de materiales lignocelulósicos secos, donde la conductividad térmica suele mantenerse estable frente a cambios moderados de temperatura (Ahmed et al., 2014).

4.1.3. Difusividad térmica (α)

La difusividad térmica mostró diferencias marcadas entre niveles de altura (Tabla 1), con valores más altos en las hojas inferiores ($2,270 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$) y más bajos en las superiores ($1,370 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$). Este comportamiento inverso respecto al C_p es característico de materiales donde la capacidad calorífica aumenta a expensas de la velocidad de transmisión térmica. Las hojas inferiores, con mayor contenido de agua libre y menor densidad estructural, permiten una mayor propagación del calor por conducción y convección interna, reflejándose en los altos valores de α . En contraste, las hojas superiores, con tejidos más compactos y lignificados, poseen menor difusividad térmica, lo cual se traduce en una menor velocidad de disipación de calor y mayor retención térmica superficial, mecanismo fisiológico importante para prevenir la desecación bajo alta radiación solar. En consecuencia, la variación de α con la altura indica un gradiente adaptativo en la respuesta térmica de las hojas de Curarina: las inferiores priorizan la disipación del calor y el mantenimiento de humedad, mientras que las superiores priorizan la retención térmica y la protección estructural frente al estrés ambiental. Estos resultados coinciden con lo descrito para especies tropicales sometidas a gradientes lumínicos, donde la interacción entre C_p y α define la eficiencia térmica y la tolerancia al calor del follaje.

4.2. Caracterizaciones fisicoquímicas (pH y acidez) de los extractos de hojas superiores, intermedias e inferiores de curarina (*Potalia amara*) en los tres tipos de solvente

La determinación del pH y la acidez constituye un parámetro esencial en la caracterización fisicoquímica de extractos vegetales, debido a que influye de forma directa en la solubilidad, estabilidad y reactividad de los compuestos bioactivos, particularmente los fenólicos y flavonoides. Un pH bajo puede favorecer la estabilidad de pigmentos y metabolitos sensibles a la oxidación, mientras que valores más altos pueden alterar la ionización y disponibilidad de dichos compuestos. De igual forma, la acidez titulable permite estimar la concentración de ácidos orgánicos presentes, los cuales contribuyen tanto al poder antioxidante como al perfil sensorial y químico del extracto (Csepregi et al., 2016 y Zhang et al., 2018).

4.2.1. pH

Los valores de pH en los extractos acuosos de hojas de *Potalia amara* variaron

entre 5,84 y 6,08, correspondientes a los tratamientos T1 (5,97), T4 (5,84) y T7 (6,08) (Tabla 2). A pesar de compartir el mismo tipo de solvente, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que la posición foliar y, por tanto, la composición química de la materia prima, influyeron directamente sobre la acidez del extracto. Como resultado similar Arias et al. (2021) obtuvo extractos acuosos de hojas de *Moringa oleifera* (pH 6,21), atribuibles a la muestra de compuestos fenólicos solubles en agua con propiedades ácidas. De igual modo, Silva et al. (2020) informaron un pH de 5,85 en extractos acuosos de hojas de guayaba, asociado a su elevado contenido de ácidos fenólicos, como el gálico y el elágico. Este comportamiento coincide con el tratamiento T4, que presentó el valor más bajo de pH, probablemente por un mayor contenido de ácidos orgánicos y antocianinas capaces de ionizarse en medio acuoso. Mantener un pH cercano a 5,5–6,0 favorece la estabilidad de antocianinas y metabolitos sensibles al pH, lo cual resulta ventajoso desde una perspectiva tecnológica y farmacológica (Castañeda-Ovando et al., 2009).

En cuanto a los extractos etanólicos, los valores de pH oscilaron entre $6,65 \pm 0,09$ (T5), $6,76 \pm 0,12$ (T2) y $6,83 \pm 0,09$ (T8). El etanol, al ser un disolvente moderadamente polar, tiende a solubilizar terpenoides, flavonoides y compuestos fenólicos de menor polaridad, los cuales poseen un carácter ácido menos pronunciado. Este comportamiento explica los valores más neutros observados. De acuerdo con Rodríguez-Pérez et al. (2022), los extractos etanólicos de hojas de orégano mostraron pH entre 6,70 y 6,90, asociados a una menor presencia de ácidos orgánicos y a una mayor proporción de compuestos neutros o ligeramente básicos. En el presente estudio, el tratamiento T8 (pH 6,83) mostró el valor más alto entre todos los extractos, coincidiendo con los descubrimientos de Gutiérrez-Grijalva et al. (2017), quienes reportaron pH 6,8 en extractos etanólicos de orégano, atribuible a un perfil fitoquímico dominado por compuestos fenólicos no ionizables como la luteolina y la apigenina. En conjunto, estos resultados confirman que los extractos obtenidos con etanol tienden a mantener valores de pH más neutros, modulados por el tipo y concentración de metabolitos extraídos (Castañeda-Ovando et al., 2009).

Por otro lado, los extractos hidroalcohólicos (T3, T6 y T9) presentaron valores de 6,26; 6,35 y 6,26, respectivamente, manteniéndose dentro de un rango ligeramente ácido. Este comportamiento intermedio obedece a la naturaleza parcialmente polar del solvente mixto, que permite una extracción parcial de ácidos orgánicos sin llegar a solubilizarlos

completamente, como ocurre en medios puramente acuosos. De manera similar, Palomino et al. (2012) reportaron un pH de 6,26 en extractos hidroalcohólicos de *Heliotropium arborescens* L., coincidente con el tratamiento T3 de este estudio. Según Wang et al. (2018), las soluciones hidroalcohólicas presentan valores de pH intermedios debido a que la presencia de etanol reduce la disociación de los ácidos orgánicos en la matriz vegetal. En consecuencia, el comportamiento de los extractos de *Potalia amara* evidencia que el tipo de solvente modula la acidez del medio, siendo los extractos acuosos más ácidos, los etanólicos más neutros y los hidroalcohólicos intermedios, en correspondencia con la polaridad del disolvente empleado.

Tabla 3. Evaluación de pH, acidez y capacidad antioxidante de los extractos acuosos, hidroalcohólicos y etanólicos en *Curarina*

Tratamiento	Extracto	pH	Acidez (%)	Polifenoles Totales (mg EAG/100 mL)	Flavonoides	Antocianinas ($\times 10^{-2}$ mg/100 mL)	DPPH (mmol ET/100 mL)	ABTS (mmol ET/100 mL)
					Totales (mg EC/100 mL)			
T1*	Acuoso	5,97 \pm 0,15 ^{de}	1,57 \pm 0,08 ^a	43,43 \pm 1,12 ^b	13,97 \pm 0,13 ^c	0,13 \pm 0,06 ^b	0,76 \pm 0,02 ^b	0,99 \pm 0,01 ^b
T2*	Etanólico	6,76 \pm 0,12 ^a	1,12 \pm 0,03 ^{cd}	19,51 \pm 0,22 ^e	11,58 \pm 0,58 ^d	0,17 \pm 0,12 ^b	0,34 \pm 0,01 ^e	0,64 \pm 0,01 ^{ef}
T3*	Hidroalcohólico	6,26 \pm 0,08 ^{cd}	1,27 \pm 0,08 ^{bcd}	17,96 \pm 0,33 ^f	9,42 \pm 0,38 ^e	0,10 \pm 0,10 ^b	0,29 \pm 0,02 ^f	0,59 \pm 0,02 ^f
T4**	Acuoso	5,84 \pm 0,07 ^e	1,67 \pm 0,08 ^a	55,30 \pm 0,37 ^a	18,26 \pm 0,17 ^a	0,73 \pm 0,15 ^a	0,90 \pm 0,03 ^a	1,20 \pm 0,02 ^a
T5**	Etanólico	6,65 \pm 0,09 ^{ab}	1,05 \pm 0,10 ^d	24,84 \pm 0,29 ^d	15,33 \pm 0,57 ^b	0,27 \pm 0,21 ^{ab}	0,46 \pm 0,01 ^d	0,74 \pm 0,01 ^d
T6**	Hidroalcohólico	6,35 \pm 0,11 ^{bc}	1,30 \pm 0,05 ^{bc}	20,57 \pm 0,19 ^e	7,02 \pm 0,08 ^f	0,13 \pm 0,15 ^b	0,38 \pm 0,01 ^e	0,67 \pm 0,02 ^e
T7***	Acuoso	6,08 \pm 0,15 ^{cde}	1,47 \pm 0,08 ^{ab}	38,21 \pm 0,39 ^c	11,68 \pm 0,18 ^d	0,03 \pm 0,06 ^b	0,56 \pm 0,01 ^c	0,87 \pm 0,04 ^c

T8***	Etanólico	6,83 ± 0,09 ^a	1,07 ± 0,10 ^{cd}	14,47 ± 0,39 ^g	7,90 ± 0,12 ^f	0,20 ± 0,17 ^b	0,20 ± 0,01 ^g	0,47 ± 0,03 ^g
T9***	Hidroalcohólico	6,26 ± 0,07 ^{cd}	1,23 ± 0,13 ^{bcd}	12,93 ± 0,32 ^h	5,01 ± 0,12 ^g	0,33 ± 0,32 ^{ab}	0,14 ± 0,01 ^h	0,41 ± 0,00 ^h

hoja inferior, ** hoja intermedia, *** hoja superior. Los valores representan el promedio ± DS (desviación estándar), Letras distintas en una misma columna indican diferencia estadística significativa ($p < 0,05$) según la prueba Tukey.

4.2.2. Acidez

Los valores de acidez titulable en los extractos acuosos (T1, T4 y T7) oscilaron entre 1,47 y 1,67%, siendo los más elevados entre todos los tratamientos (Tabla 2). Este comportamiento evidencia que el agua, por su alta polaridad, favorece la extracción de ácidos orgánicos presentes en las hojas de *Potalia amara*, lo que incrementa la acidez del extracto. Resultados similares fueron reportados por Gonzales et al. (2015) al trabajar con extractos acuosos de hojas de *Moringa oleifera*, donde se observó una mayor extracción de ácido clorogénico y ácido ferúlico, compuestos que contribuyen a la acidez total y potencian las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del extracto. La elevada acidez observada en este tipo de solvente puede, por tanto, asociarse a una mayor presencia de metabolitos fenólicos ionizables y ácidos orgánicos solubles.

En contraste, los extractos etanólicos (T2, T5 y T8) presentaron los valores más bajos de acidez, con 1,12, 1,05 y 1,07%, respectivamente. Esta reducción se relaciona con la baja polaridad del etanol absoluto, que limita la solubilidad y extracción de ácidos orgánicos, los cuales son más ionizables en medios acuosos. De acuerdo con Soto-León et al. (2018), los extractos etanólicos de plantas medicinales andinas exhibieron menor acidez que los obtenidos con solventes acuosos o hidroalcohólicos, debido a la menor capacidad del etanol para extraer compuestos ionizables como los ácidos fenólicos. De forma coincidente, Sepúlveda y Zapata (2019) observaron que los extractos elaborados con etanol presentaban pH más neutros y menor acidez, lo que se atribuyó a una reducción en la extracción de ácidos libres y otros agregados antioxidantes. En la misma línea, Wang et al. (2018) explican que los solventes de menor polaridad reducen la ionización de los ácidos débiles durante la extracción, lo que disminuye su detección en los análisis de acidez.

Por su parte, los extractos hidroalcohólicos (T3, T6 y T9) registraron valores intermedios de 1,27, 1,30 y 1,23%, respectivamente. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Soto-León, Méndez y Camargo (2018), quienes observaron que la acidez de los extractos disminuye progresivamente con el aumento de la proporción de etanol en la mezcolanza, debido a la menor capacidad del solvente para disolver ácidos orgánicos hidrosolubles. Asimismo, Sepúlveda y Zapata (2019) demostraron que los extractos hidroalcohólicos presentaban valores de pH más neutros y menor acidez que los acuosos,

atribuido a la limitada capacidad del etanol para favorecer la disociación de grupos carboxílicos presentes en los ácidos naturales. En conjunto, los resultados muestran que la acidez de los extractos de *Potalia amara* disminuye con la reducción de la polaridad del solvente, siendo mayor en los extractos acuosos, intermedia en los hidroalcohólicos y menor en los etanólicos.

4.3. Determinación del contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas totales y capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) de los extractos de hojas superiores, intermedias e inferiores de curarina en los tres tipos de solvente

La evaluación del contenido de flavonoides, antocianinas totales, polifenoles y la capacidad antioxidante (ABTS y DPPH) constituye un aspecto esencial para comprender el potencial bioactivo de los extractos de *Potalia amara*, estos compuestos participan directamente en los mecanismos de defensa frente al estrés oxidativo y determinan la estabilidad química del extracto. La variación en sus concentraciones depende del tipo de solvente y de la posición foliar, factores que influyen en una extracción eficiente y en la composición fitoquímica final (Prior et al., 2005; Thaipong et al., 2006). Los resultados correspondientes a estos parámetros se presentan en la Tabla 2, observándose un comportamiento diferencial entre los extractos acuosos, etanólicos e hidroalcohólicos obtenidos de hojas superiores, intermedias e inferiores.

4.3.1. Polifenoles totales

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios de gran relevancia por su alta capacidad antioxidante y su papel protector frente al estrés oxidativo, por lo que su concentración depende fuertemente del tipo de solvente y del tejido vegetal utilizado en la extracción. La Tabla 2 muestra que los extractos acuosos (T1, T4 y T7) presentaron los valores más elevados de polifenoles totales, destacando el tratamiento T4 con 55,30 mg EAG/100 mL, seguido de T1 (43,43 mg EAG/100 mL) y T7 (38,21 mg EAG/100 mL). Este comportamiento confirma que el agua, por su alta polaridad, promueve la solubilización de compuestos fenólicos hidrofílicos, lo cual concuerda con lo reportado por El Gamouz et al. (2022), quienes observaron mayores concentraciones fenólicas en extractos acuosos de *Halimium halimifolium* respecto a los etanólicos. De igual manera, Núñez-Herrera et al. (2018) señalaron que los extractos acuosos de *Uncaria tomentosa* alcanzaron rendimientos equivalentes o superiores a los etanólicos, lo que evidencia la eficacia del agua en la recuperación de fenoles en especies

vegetales ricas en metabolitos polares.

Por el contrario, los extractos etanólicos (T2, T5 y T8) registraron los valores más bajos de fenoles totales, con concentraciones entre 14,47 y 24,84 mg EAG/100 mL, atribuible a la menor polaridad del etanol absoluto, que limita la extracción de compuestos ionizables como los ácidos fenólicos. Ahmed et al. (2022) indicaron resultados similares al comparar extractos acuosos y etanólicos de plantas medicinales pakistaníes, encontrando mayor extracción de polifenoles en solventes de polaridad intermedia.

En los extractos hidroalcohólicos (T3, T6 y T9) se obtuvieron valores intermedios entre 12,93 y 20,57 mg EAG/100 mL, evidenciando que la mezcla etanol-agua mejora la solubilidad de compuestos fenólicos de diferente polaridad, aunque en este estudio el rendimiento fue inferior al de los extractos acuosos. Este comportamiento podría relacionarse con la proporción específica del solvente y la naturaleza de los fenoles. En la literatura, Madera (2021) reportó contenidos de 45,08 a 71,23 mg EAG/g para extractos hidroalcohólicos de hojas de moringa, mientras que Campoy y Linares observaron concentraciones de 21,27 a 24,86 mg EAG/g usando etanol como disolvente, resultados que, aunque superiores a los de este estudio, confirman la influencia del método, la especie y la relación solvente/matriz en la eficiencia extractiva. Finalmente, los hallazgos concuerdan con lo señalado por Chatepa et al. (2024), quienes al evaluar extractos de *Azadirachta indica* y *Vernonia amigdalina* concluyeron que los solventes acuosos, además de ofrecer buena capacidad antioxidante, son sostenibles y seguros para aplicaciones alimentarias y farmacológicas. En conjunto, los resultados confirman que el extracto acuoso de hojas de curarina (T4) presentó la mayor capacidad extractiva de polifenoles totales, evidenciando la eficacia del medio acuoso frente a los solventes menos polares.

4.3.2. Flavonoides totales

Los flavonoides son una de las primordiales clases de polifenoles presentes en dichas plantas y su concentración está estrechamente vinculada a la polaridad del solvente y la naturaleza del tejido vegetal. La Tabla 2 muestra que el tratamiento con extracto acuoso (T4) presentó un contenido alto de flavonoides totales con 18,26 mg EC/100 mL, seguido del extracto etanólico (T5) con 15,33 mg EC/100 mL y del hidroalcohólico (T6) con 7,02 mg EC/100 mL, mostrando una tendencia similar en los extractos de hojas superiores (T1–T3) e

inferiores (T7–T9). Estos resultados sugieren que el agua, por su alta polaridad, favorece la extracción de flavonoides hidrofílicos, especialmente aquellos con grupos hidroxilos libres. Este comportamiento es similar con lo reportado por Fabrizio et al. (2020), evaluaron cinco especies de malezas medicinales hallaron mayores concentraciones de flavonoides en extractos acuosos ($98,05 \pm 1,30$ mg QE/g) en comparación con los etanólicos ($77,39 \pm 1,79$ mg QE/g), atribuyendo esta diferencia a la mayor afinidad de los compuestos flavonoides por solventes polares. De forma similar, Moreno-Ortega et al. (2023) informaron que las infusiones acuosas de hojas de *Annona muricata* presentaron contenidos superiores de flavonoides ($80 \mu\text{g}/\text{mg}$) frente a los extractos etanólicos ($73 \mu\text{g}/\text{mg}$), resaltando la eficiencia del agua en la extracción bajo condiciones controladas. Sin embargo, otros autores han descrito comportamientos opuestos dependiendo de la matriz vegetal. Mehmood et al. (2022), al estudiar hojas de *Achillea millefolium*, *Bergenia ciliata* y *Aloe vera*, reportaron mayores concentraciones de flavonoides en extractos etanólicos ($27\text{--}28$ mg GAE/g) respecto a los acuosos (~ 20 mg GAE/g), lo que evidencia que la estructura química y el tipo de flavonoides predominantes influyen en su solubilidad y rendimiento extractivo. De igual forma, Rahim et al. (2022) encontraron en hojas de *Alstonia angustiloba* un contenido significativamente mayor en el extracto etanólico ($23,45 \pm 1,04$ mg QE/g) que en el acuoso ($9,73 \pm 1,76$ mg QE/g), atribuyendo estas diferencias a la naturaleza de los flavonoides y a variables operativas como el tiempo, temperatura y relación sólido-líquido.

Por tanto, las variaciones observadas en los extractos de curarina pueden explicarse por la interacción entre la polaridad del solvente y los grupos funcionales de los flavonoides presentes, así como por factores experimentales asociados al tipo de hoja (superior, intermedia o inferior) y a las condiciones de extracción. En conjunto, el extracto acuoso (T4) se destacó como el más eficiente para la recuperación de flavonoides totales, lo que coincide con pesquitas que señalan al agua como un solvente ecológico y eficaz para la extracción de metabolitos polares.

4.3.3. Antocianinas

Las antocianinas son pigmentos naturales con alta reactividad biológica y una marcada sensibilidad a las condiciones de extracción, siendo su recuperación dependiente del tipo de solvente, pH y temperatura. La Tabla 2 muestra que el contenido de antocianinas fue

mayor en el extracto acuoso T4 ($0,73 \times 10^{-2}$ mg/100 mL), seguido del etanólico T5 ($0,27 \times 10^{-2}$ mg/100 mL) y del hidroalcohólico T6 ($0,13 \times 10^{-2}$ mg/100 mL). Esta tendencia evidencia que el agua resultó ser el medio extractivo más eficiente para estos compuestos, lo que puede atribuirse a su elevada polaridad y a las condiciones de pH ligeramente ácidas, que favorecen la estabilidad de la forma *flavylium*, responsable de su color y funcionalidad antioxidante. Estos resultados son similares con lo reportado por Moreno-Ortega et al. (2023), quienes al evaluar hojas de *Annona muricata* hallaron mayores concentraciones de antocianinas en infusiones acuosas (80 μ g/mg) frente a extractos etanólico (73 μ g/mg), destacando la eficacia del agua como solvente para antocianinas bajo condiciones controladas de pH y temperatura. Este comportamiento se explica por la naturaleza hidrofílica y altamente polar de las antocianinas, las cuales presentan una mayor solubilidad y estabilidad en medios acuosos ácidos. Por el contrario, el bajo contenido de antocianinas en el extracto hidroalcohólico (T6) podría deberse a condiciones no óptimas durante la extracción, como un pH menos ácido o una proporción agua-etanol inadecuada. En este sentido, Chandrasekhar et al. (2022) demostraron en extractos de cebolla morada que la eficiencia de las mezclas hidroalcohólicas depende críticamente de la proporción del solvente, el pH y la temperatura, pues valores inadecuados pueden inducir la degradación o precipitación de las antocianinas. Asimismo, Le et al. (2019), al extraer antocianinas de *Carissa carandas* con etanol al 50 %, lograron un contenido de 277,2 mg/L bajo condiciones controladas (50 °C, 45 min), pero advirtieron que la falta de control del pH y la temperatura reduce drásticamente el rendimiento y puede provocar la pérdida total del pigmento. En conjunto, los resultados del presente estudio corroboran que las antocianinas muestran una mayor estabilidad y recuperación en medios acuosos con pH ácido, mientras que el empleo de mezclas hidroalcohólicas o etanólicas requiere una optimización cuidadosa de las condiciones de extracción con el fin de evitar su degradación.

4.3.4. Actividad antioxidante (DPPH)

La determinación de la actividad antioxidante a través del radical DPPH permite cuantificar la capacidad de los compuestos bioactivos para la donación de hidrógenos y electrones, neutralizando radicales libres y reflejando el potencial reductor del extracto vegetal. La Tabla 2 muestra que el extracto acuoso (T4) presentó la mayor capacidad antioxidante (0,90 mmol ET/100 mL), seguido del extracto etanólico (T5) (0,46 mmol ET/100 mL) y el hidroalcohólico (T6) (0,38 mmol ET/100 mL). Esta tendencia evidencia que el agua favorece

la extracción de compuestos fenólicos y flavonoides polares, responsables de la mayor inhibición de radicales libres. Dichos resultados son coherentes con los reportados por Moreno-Ortega et al. (2023), quienes observaron una mayor actividad antioxidante en infusiones acuosas de hojas de *Annona muricata* frente a extractos etanólicos, atribuido a la mejor solubilización y estabilidad de los compuestos hidrofílicos en medios acuosos. De forma similar, Demir et al. (2017) señalaron que los extractos acuosos y etanólicos de *Crataegus meyeri* mostraron actividades antioxidantes cercanas (50,6 y 53,8 %), evidenciando que los medios acuosos pueden ser igualmente eficaces cuando la matriz vegetal contiene metabolitos antioxidantes solubles en agua. El menor valor observado en el extracto hidroalcohólico (T6) podría deberse a una proporción inadecuada de agua y etanol, que limitó la solubilidad o estabilidad de los compuestos activos. Chandrasekhar et al. (2022) destacaron que la eficiencia de los extractos hidroalcohólicos dependerá de los parámetros como pH, proporción del solvente y temperatura, los cuales, si no se controlan, pueden inducir degradación o precipitación de compuestos antioxidantes. Por otro lado, Chaves et al. (2021) demostraron que, aunque el etanol es eficaz en la extracción de antioxidantes en diversas especies medicinales, los extractos acuosos pueden mostrar igual o mayor efectividad cuando se aplican condiciones suaves de temperatura y pH ácido. Esto insinúa que el rendimiento antioxidante depende principalmente de la naturaleza fitoquímica y la composición específica del material vegetal, más que del solvente empleado. Los resultados obtenidos evidencian que el extracto acuoso de *Potalia amara* mostró el mejor desempeño frente al radical DPPH, destacando la relevancia de seleccionar un solvente polar y optimizar las condiciones de extracción con el fin de conservar la actividad bioactiva de los compuestos antioxidantes.

4.3.5. Capacidad antioxidante (ABTS)

La capacidad antioxidante evaluada a través el radical ABTS evidenció diferencias significativas entre los extractos analizados (Tabla 2). El tratamiento T4 (1,20 mmol ET/100 mL) mostró la mayor actividad antioxidante, seguido de T5 (0,74 mmol ET/100 mL) y T6 (0,67 mmol ET/100 mL). Este comportamiento concuerda con lo conseguido por Moreno-Ortega et al. (2023), quienes observaron mayor capacidad antioxidante por ABTS en infusiones acuosas de hojas de *Annona muricata* respecto a los extractos etanólicos, atribuyéndolo a la presencia de compuestos fenólicos hidrosolubles, como flavonoides, antocianinas y ácidos fenólicos simples, los cuales son fácilmente liberados en medios acuosos.

De manera complementaria, Demir et al. (2017) determinaron que tanto los extractos acuosos como los etanólicos de *Crataegus meyeri* mostraron una actividad antioxidante significativa frente a ABTS ($IC_{50} = 88,3$ y $80,6 \mu\text{g/mL}$, respectivamente), demostrando que ambos solventes pueden ser efectivos según la naturaleza de la matriz vegetal y la composición fitoquímica de los extractos. Por otro lado, Wojdyło et al. (2007) señalaron que la capacidad antioxidante frente al radical ABTS depende fundamentalmente del contenido y la estructura de los mezclados fenólicos, particularmente de la cantidad de grupos hidroxilos, más que del tipo de solvente usado.

En concordancia con ello, el tratamiento T4 fue también el que mostro el mayor contenido de polifenoles totales y flavonoides, lo que explica su elevada capacidad antioxidante frente al radical ABTS y evidencia la estrecha asociación del contenido fenólico y la actividad antioxidante del extracto de hojas de curarina.

4.4. Evaluación de estabilidad del pH, acidez y la capacidad antioxidante (DPPH y ABTS) durante almacenamiento del mejor tratamiento

La estabilidad del extracto T4 de hojas de curarina fue monitoreada durante 62 días de almacenamiento (Tabla 3). Inicialmente, el extracto presentó un pH de 5,91 y una acidez de 1,67%, junto con una alta capacidad antioxidante de 0,92 mmol ET/100 mL (DPPH) y 1,19 mmol ET/100 mL (ABTS). Estos valores tienen concordancia con lo señalado por Rodríguez-Solana et al. (2019), quienes reportaron pH cercano a 5,8 y elevada actividad antioxidante en infusiones frescas de *Annona muricata*, atribuida a la presencia de flavonoides como quercetina, rutina y catequina.

Asimismo, la acidez inicial registrada tiene coincidencia con lo descrito por Sultana et al. (2020), quienes indicaron que extractos acuosos con acidez entre 1,5 y 1,8% favorecen la conservación de metabolitos secundarios al actuar como agentes estabilizantes frente a la oxidación. Según Panche et al. (2016), la elevada actividad inicial responde a la capacidad de los flavonoides con el fin de neutralizar los radicales libres por medio de la transferencia de hidrógeno y electrones, lo que explica dichos altos valores logrados por DPPH y ABTS.

Tabla 4. Evaluación de pH, acidez y actividad antioxidante (DPPH y ABTS) del extracto T4 de Curarina.

Tiempo (días)	pH	Acidez	DPPH (mmol ET/100 mL)	ABTS (mmol ET/100 mL)
0	5,91 ± 0,09 ^a	1,67 ± 0,08 ^a	0,92 ± 0,03 ^a	1,19 ± 0,04 ^a
7	5,87 ± 0,08 ^{ab}	1,67 ± 0,03 ^{ab}	0,78 ± 0,01 ^b	0,92 ± 0,04 ^b
14	5,74 ± 0,13 ^{abc}	1,75 ± 0,10 ^{abc}	0,66 ± 0,01 ^c	0,81 ± 0,04 ^c
21	5,63 ± 0,15 ^{abcd}	1,82 ± 0,10 ^{abc}	0,61 ± 0,01 ^d	0,70 ± 0,01 ^d
28	5,59 ± 0,13 ^{bcd}	1,95 ± 0,10 ^{bcd}	0,57 ± 0,01 ^e	0,60 ± 0,03 ^e
35	5,52 ± 0,08 ^{cd}	2,00 ± 0,22 ^{cd}	0,55 ± 0,04 ^{ef}	0,52 ± 0,02 ^f
42	5,51 ± 0,09 ^{cd}	2,20 ± 0,15 ^d	0,54 ± 0,01 ^f	0,47 ± 0,02 ^{fg}
49	5,49 ± 0,03 ^{cd}	2,30 ± 0,13 ^d	0,50 ± 0,01 ^g	0,43 ± 0,02 ^{gh}
56	5,45 ± 0,12 ^{cd}	2,33 ± 0,10 ^d	0,44 ± 0,01 ^h	0,38 ± 0,01 ^{hi}
62	5,41 ± 0,13 ^d	2,38 ± 0,13 ^d	0,36 ± 0,01 ⁱ	0,32 ± 0,01 ⁱ

Los valores son los promedios ± DS (desviación estándar), Letras distintas en una misma columna muestran una diferencia significativa estadísticamente ($p < 0,05$) según la prueba Tukey.

A los siete días, el pH disminuyó ligeramente (5,87; -0,68%), la acidez se mantuvo constante (1,67%) y la actividad antioxidante mostró una reducción a 0,78 mmol ET/100 mL (DPPH) y 0,92 mmol ET/100 mL (ABTS). A los 14 días, el pH descendió a 5,74 y la acidez aumentó levemente (1,75%), mientras que DPPH y ABTS se redujeron a 0,66 y 0,81 mmol ET/100 mL, respectivamente. Estos resultados concuerdan con Silva et al. (2021), quienes registraron disminuciones del 18–25% en la capacidad antioxidante de extractos de *Piper aduncum* durante la primera semana, asociadas a la degradación de flavonoides como miricetina y quercetina. De igual modo, Ferreira et al. (2020) observaron una pérdida del 20% en ABTS en extractos acuosos de hojas de limón en siete días, confirmando la vulnerabilidad de compuestos antioxidantes aún bajo pH estable. Tan et al. (2020) reportaron incrementos en acidez y pérdidas del 32% en ABTS en extractos fermentados de *A. muricata*, resultado de la oxidación de catequina y rutina. Zhao y Shahidi (2015) precisan que los compuestos detectados por ABTS son más susceptibles a la degradación que los medidos por DPPH, lo que explica la mayor pérdida observada. Del mismo modo, Métran et al. (2019) demostraron que los cambios de pH y el tiempo de almacenamiento inducen degradación estructural de flavonoides, con

pérdidas del 30–40% en las dos primeras semanas.

Entre la cuarta y sexta semana (21–35 días), el pH descendió progresivamente (5,63 a 5,52) mientras la acidez aumentó (1,82 a 2,00%). Paralelamente, la capacidad antioxidante disminuyó a 0,55 mmol ET/100 mL (DPPH) y 0,52 mmol ET/100 mL (ABTS), equivalentes a pérdidas del 40,2 y 56,3%, respectivamente. Este comportamiento es similar con lo señalado por Dahham et al. (2015), que registraron reducciones del 35% en extractos de *Annona squamosa* tras 20 días, y con Sharma et al. (2022), quienes observaron pérdidas del 40–60% en extractos acuosos de *Citrus aurantifolia* a los 28 días. Arivalagan et al. (2019) señalaron además que en extractos de *Murraya koenigii* la degradación de catequinas se acelera cuando el pH cae por debajo de 5,8, umbral similar al alcanzado en el extracto T4. Según Aguiar et al. (2023), esta etapa corresponde a una fase de degradación avanzada, favorecida por la ruptura de enlaces glucosídicos en los flavonoides debido al aumento de acidez y exposición al oxígeno.

Durante las semanas séptima y octava (42–49 días), el pH se estabilizó entre 5,51 y 5,49, mientras que la acidez continuó incrementándose (2,20 a 2,30%). DPPH y ABTS mostraron descensos hasta 0,50 y 0,43 mmol ET/100 mL, respectivamente. Este patrón es similar con lo descrito por Ndhala et al. (2022), que observaron una disminución similar de pH y aumento de acidez en extractos de hojas de guayaba almacenados por 56 días. Kumar et al. (2023) reportaron en extractos de *Moringa oleifera* una caída del DPPH de 0,81 a 0,46 mmol ET/100 mL y del ABTS de 1,05 a 0,52 mmol ET/100 mL a los 45 días, resultados comparables a los del presente estudio. Asimismo, Gutiérrez-Grijalva et al. (2021) observaron una reducción del 35% del DPPH en extractos de orégano al día 40, mientras que Shahzad et al. (2023) documentaron pérdidas superiores al 30% en *Azadirachta indica* desde el día 45. En nuestro caso, la disminución acumulada alcanzó el 45,7% para DPPH y 63,8% para ABTS, indicando que, aunque el extracto T4 mantuvo parcialmente su capacidad antioxidante hasta la sexta semana, a partir de este punto la degradación de los compuestos fenólicos se vuelve significativa, reduciendo su funcionalidad bioactiva.

V. CONCLUSIONES

- Las hojas de Curarina mostraron un aumento del C_p (0,853–1,412 J/g·°C) con la temperatura y altura, mientras que la k se mantuvo constante (0,063 W/m·K) y la α disminuyó ($2,270 \times 10^{-7}$ – $1,370 \times 10^{-7}$ m²/s). Esto evidencia una adaptación térmica: las hojas superiores retienen más calor y las inferiores lo disipan con mayor rapidez.
- Extractos acuosos de *Potalia amara* mostraron mayor acidez (1,47–1,67 %) y menor pH (5,84–6,08). En contraste, los extractos etanólicos presentaron menor acidez (1,05–1,12 %) y pH más neutro (6,65–6,83), mientras que los hidroalcohólicos mostraron valores intermedios.
- El extracto acuoso de *Potalia amara* (T4) mostró el mayor contenido de polifenoles (55,30 mg EAG/100 mL), capacidad antioxidante (ABTS = 1,20 mmol ET/100 mL y flavonoides (18,26 mg EC/100 mL).
- El extracto acuoso (T4) mostró estabilidad fisicoquímica y antioxidante hasta la cuarta semana de almacenamiento. Posteriormente, se evidenció una minimización del pH, incremento de la acidez y pérdida significativa de actividad antioxidante con una conservación óptima de 28 días.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

- Se recomienda usar las hojas superiores de *Potalia amara* en procesos de extracción a bajas temperaturas, dado su mayor capacidad de almacenamiento térmico. Además, se sugiere realizar estudios adicionales para explorar el impacto de estas propiedades termofísicas en la extracción de compuestos bioactivos específicos.
- Se recomienda usar solventes hidroalcohólicos en futuras investigaciones y aplicaciones industriales, ya que demostraron ser los más efectivos para la maximización de la extracción de los mezclados antioxidantes como polifenoles, flavonoides y antocianinas. La optimización del tipo de solvente podría mejorar la calidad y eficacia de los productos derivados de curarina.
- Dado que la capacidad antioxidante disminuyó significativamente durante el almacenamiento, es esencial desarrollar estrategias de conservación que incluyan el uso de envases que protejan los extractos de la luz, el oxígeno y la humedad. Se recomienda almacenar los extractos en condiciones controladas de temperatura y en envases opacos para prolongar su vida útil.
- Para optimizar la consistencia y calidad de los productos derivados de curarina, es recomendable estandarizar los procesos de extracción mediante la selección óptima de hojas (superiores, intermedias o inferiores) y solventes. Esta estandarización garantizará la replicabilidad de los resultados y la calidad del producto final, tanto para aplicaciones fitoterapéuticas como cosméticas o alimenticias.
- Es recomendable investigar la adición de coadyuvantes o estabilizadores que puedan prolongar la estabilidad de los mezclados antioxidantes durante el almacenamiento. El uso de técnicas como la microencapsulación podría ser beneficioso para proteger los compuestos bioactivos de los extractos de curarina.
- Se sugiere ampliar el estudio de los extractos de curarina a otras propiedades bioactivas, como efectos antimicrobianos o antiinflamatorios, para explorar su potencial en diversas aplicaciones farmacéuticas. Además, futuros estudios deberían considerar el uso de

diferentes métodos de extracción con el fin de comparar su efectividad en el logro de otros metabolitos de interés.

- Para mejorar la caracterización de los extractos de curarina, se recomienda utilizar tecnologías avanzadas como la HPLC y MS que puedan ofrecer un análisis más detallado y cuantitativo de los compuestos presentes. Esto permitirá identificar componentes con mayor precisión y mejorar la formulación de productos finales.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmed, A., Zahid, H., y Khan, S. (2022). Comparative phytochemical screening and total phenolic contents in aqueous and ethanolic extracts of selected medicinal plants. *ScienceCentral Journal of Herbal Medicine*, 10(2), 123–129.
- Albuquerque, J. M. 1999, Plantas Tóxicas No Jardim E No Campo. Brazil.
- Álvarez, J., Pastoriza, S., Alonso-Olalla, R., Delgado-Andrade, C., Rufián-Henares, J. A. (2014). Nutritional and physicochemical characteristic of commercial Spanish citrus juices. *Food Chemistry*, 164: 396–405.
- Anderson, D. y Phillips, B. (2001). Comparative in vitro and in vivo effects of antioxidants. *Food. Chem Toxicol* 37: p 1015— 1025.
- Arias, M. P., Torres, J. L., y Valverde, A. (2021). Evaluación del pH y contenido fenólico de extractos acuosos de hojas de *Moringa oleifera* y su aplicación como antioxidante natural. *Revista Colombiana de Química*, 50(2), 107–115.
- ASTM (2018). Stand rd Test Method for Detennining Specific Heat Capacity by Differential Scanning Calorimetry. In E1269-11.
- Bikila, A.M., Tola, Y., Esho, T. B., y Forsido, S. F. (2020). Effect of predrying treatment and drying temperature on proximate composition, mineral contents, and thermophysical properties of anchote (*Coccinia abyssinica* (Lam.) Cogn.) flo ur. *Food Science y Nutrition*, 8(10), 5532-5544. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1860>
- Carson, J. K., Wang, J., North, M. F., y Cleland, D. J. (2016). Effective thermal conductivity prediction of foods using composition and temperature data. *Journal of Food Engineering*, 175, 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.12.006>
- Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M. de L., Páez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., y Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859–871. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>

- Chandrasekhar, K., et al. (2022). Optimization of anthocyanin extraction from red onion (*Allium cepa*) using response surface methodology. *Processes*, 10(2), 381. <https://doi.org/10.3390/pr10020381>
- Chaves, E., Rodríguez, J., y Pérez, T. (2021). Comparative DPPH antioxidant assay in aqueous, methanolic, and ethanolic extracts of 40 medicinal plants. *Bioresources and Bioprocessing*, 8(1), 23–31. <https://doi.org/10.1186/s40643-021-00403-5>
- Crespo, A. 2007. Plantas Nativas Antiofidicas y Antivenenosas. pp. 1138-158. En: Naranjo, P. (ed.). *Etnomedicina: Progresos Italo-Latinoamericanos*. Vol. II. Ediciones Abya-Yala. Quito.
- Csepregi, K., Neugart, S., Schreiner, M., y Hideg, É. (2016). Comparative evaluation of total antioxidant capacities of plant polyphenols. *Plant Physiology and Biochemistry*, 118, 250–259. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.06.015>
- Demir, F., Yildiz, B., y Kaya, D. (2017). Antioxidant activities of aqueous and ethanol extracts of *Crataegus meyeri* leaves. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 62(4), 3661–3665. <https://doi.org/10.4067/S0717-97072017000403661>
- Doroteo, V., Díaz, C., Terry, C., Rojas, R. (2013). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante in vitro de 6 plantas peruanas. *Revista de la sociedad química del Perú*, 79(1): 13-20.
- Drzezdzon, J., Jacewicz, D., Sielicka, A., y Chmurzynski, L. (2019). Characterization of polymers based on differential scanning calorimetry-based techniques. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 110, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.037>
- El Gamouz, A., Bouhrim, M., Kharchoufa, L., Bnouham, M., y Elachouri, M. (2022). Phytochemical composition, antioxidant and anti-inflammatory activities of *Halimium halimifolium* L. leaf extracts. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022, 3847716. <https://doi.org/10.1155/2022/3847716>

- Fabrizio, A., Savio, M., y Di Giorgio, C. (2020). Phytochemical profile and antioxidant properties of extracts from wild medicinal plants. *F1000Research*, 9, 1012.
- Farmacognosia (2012). Métodos de extracción. Recuperado el 3 de diciembre del 2012 de <http://www.plantas-medicinal-farmacognosia.com/temas/m%C3%A9todos-de-extracci%C3%B3n/>
- Ferreira, I. M. P. L. V. O., Aires, E., Barros, L., y Ferreira, I. C. F. R. (2020). Stability of phenolic compounds and antioxidant capacity in aqueous lemon leaf extracts during storage. *Journal of Food Composition and Analysis*, 90, 103543. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103543>
- Flores, J.; López, B.; Hernández, D., y Guzmán, S. (2019). Caracterización fenólica y capacidad antioxidante de plantas de uso medicinal. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4: 834 – 840.
- Gonzales, R., Quispe, C., y Zegarra, L. (2015). Evaluación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en extractos acuosos de hojas de *Moringa oleifera*. *Revista Peruana de Biología*, 22(3), 245–251.
- Gutiérrez-Grijalva, E. P., López-Martínez, L. X., Contreras-Angulo, L. A., Elizalde-Romero, C. A., y Heredia, J. B. (2017). Antioxidant activity and phenolic content of Mexican oregano (*Origanum vulgare*) extracts. *Journal of Food Quality*, 2017, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2017/4670835>
- Gutiérrez-Grijalva, E. P., López-Martínez, L. X., Contreras-Angulo, L. A., Elizalde-Romero, C. A., y Heredia, J. B. (2021). Stability and antioxidant capacity of *Origanum vulgare* L. leaf extracts during refrigerated storage. *Antioxidants*, 10(2), 225. <https://doi.org/10.3390/antiox10020225>
- Huang, L., y Liu, L.-S. (2009). Simultaneous determination of thermal conductivity and thermal diffusivity of food and agricultural materials using a transient plane- source method. *Journal of Food Engineering*, 95(1), 179-185. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.04.024>

- Jorge, M. E y Segura, E. S. (2011). Evaluación de la actividad antioxidante y la concentración de polifenoles totales en el fruto de sauco (*Sam bucusperuviana* HBK) provenientes de la provincia de Tarma y Huancayo. [tesis para optar el título profesional]. Universidad Nacional del centro del Perú-Tarma.
- Kong, Y., y Hay, J. N. (2002). The measurement of the crystallinity of polymers by DSC. *Polymer*, 43(14), 3873-3878. [https://doi.org/10.1016/S0032-3861\(02\)00235-5](https://doi.org/10.1016/S0032-3861(02)00235-5)
- Kuklinski, C. (2000). *Farmacognosia*, Barcelona, Omega S.A.
- Kumar, D., Mishra, A., y Sahu, R. (2023). Phytochemical degradation and antioxidant loss in *Moringa oleifera* leaf extracts during storage: An evaluation under different preservation strategies. *Journal of Herbal Medicine*, 38, 100604. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100604>
- Kuskoski, M.; Asuero, A.; Troncoso, A.; Mancini-Filho, J. Y Fett, R. (2005). Aplicación de Diversos Métodos Químicos para Determinar Actividad Antioxidante en Pulpa de Frutos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Campinas, 25 (4): p 726 - 732.
- Le, T. T., et al. (2019). Optimization of anthocyanin extraction from *Carissa carandas* using response surface methodology. *Processes*, 7(7), 468. <https://doi.org/10.3390/pr7070468>
- Lebeau, J.; Furman, C.; Bernier, J. L.; Duriez P.; Tessier, E., Cotellet, N. (2000). Antioxidant properties of di-tert-butylhydroxylated flavonoids. *Free Rad. Biol. And Med.* p 990-991.
- Linares C, Quiñones J, Pérez A, Carvajal C, Rivas M, Cid G, et al. Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam. mediante el uso de diferentes . 2021;26(3):e1153 Esta obra está bajo una licencia: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed>.
- Madera, R. M. (2021). Evaluación fitoquímica y actividad antimicrobiana de extractos de *Moringa oleifera* Lam. ecotipo Criolla. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 26(3), e1153. Recuperado de <https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/1153>

- Maroulis, Z. B., Krokida, M. K., y Rahman, M. S. (2002). A structural generic model to predict the effective thermal conductivity of fruits and vegetables during drying. *Journal of Food Engineering*, 52(1), 47-52. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00084-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00084-X)
- Martins, M. J. N., Guimaraes, B., Polachini, T. C., y Telis-Romero, J. (2020). Thermophysical properties of carbohydrate solutions: Correlation between thermal and transport properties. *Journal of Food Process Engineering*, 43(9), e13483. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13483>
- Mehmood, A., Riaz, M., Saeed, F., Nadeem, M. T., y Imran, A. (2022). Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of some indigenous medicinal plants. *BMC Chemistry*, 16(1), 70. <https://doi.org/10.1186/s13065-022-00858-2>
- Mejía, F.; Salcedo, J.; Vargas, S.; Serna, J., y Torres, L. (2018). Capacidad antioxidante y antimicrobiana de tubérculos andinos (*Tropaeolum tuberosum* y *Ullucus tuberosus*). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 21 (2): 449 – 456.
- Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitão, G. G., Reis, A.S., Santos, T. C., Coube, C. S., Leitão, S. G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, 15(2): 127–130.
- Métran, K., Ruiz, C., y Silva, R. (2019). Degradation kinetics of flavonoids in *Annona muricata* leaf extracts under acidic conditions. *Journal of Natural Products*, 82(5), 1584–1592. <https://doi.org/10.1021/acs.jnatprod.9b00045>
- Moreno-Ortega, A., Rojas-Ávila, J., y Pineda-Ochoa, W. (2023). Phenolic composition and antioxidant capacity of *Annona muricata* L. leaves in infusions and ethanolic extracts. *Life*, 13(12), 1702. <https://doi.org/10.3390/life13121702>
- Naranjo, P. (2006). Nuevas Plantas Medicinales de la Amazonia Ecuatoriana. pp. 65-86. En: Naranjo, P. y Escaleras R. (eds). *La Medicina Tradicional en el Ecuador*. Universidad Andina Simón Bolívar, Corporación Editorial Nacional. Quito.
- Naspuj, F. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos alcohólicos del

- fruto de mora (*Rubus glaucus* Benth) obtenidos con tres pretratamientos térmicos. Tesis para obtener el título de Ingeniera en Biotecnología de los Recursos Naturales. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador. Pp. 30 - 31.
- Ndhhlala, A. R., Moyo, M., y Van Staden, J. (2022). Stability of antioxidant activity and phenolic compounds in *Psidium guajava* L. leaf extracts under storage conditions. *South African Journal of Botany*, 146, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.10.009>
- Nieto, M.; García, J.; Caltzontzin, V.; Chávez, R., y Estrada, M. (2018). Efecto de las condiciones de cultivo en la producción de fenoles, flavonoides totales y su capacidad antioxidante en el árnica (*Heterotheca inuloides*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 21: 4296 – 4305.
- Núñez-Herrera, L., Rojas, G., Vargas-Arana, G., y Rojas, R. (2018). Total phenolic content and antioxidant activity of *Uncaria tomentosa* (Willd. ex Schult.) DC. (Rubiaceae) from Peru. *Pharmacognosy Research*, 10(2), 162–167. https://doi.org/10.4103/pr.pr_96_17
- Olaya J. M.; Méndez, A. J. (2003). Guía de plantas y productos medicinales. Convenio Andrés Bello.
- Palomino, J., Pérez, M., y Rodríguez, A. (2012). *Evaluación del extracto hidroalcohólico de las hojas de Heliotropium arborescens L.* *Revista Peruana de Fitomedicina*, 9(2), 123–130.
- Panche, A. N., Diwan, A. D., y Chandra, S. R. (2016). *Flavonoids: An overview.* *Journal of Nutritional Science*, 5, e47
- Park, S. H., Lamsal, B. P. y Balasubramaniam, V. M. (2014). Principles of Food Processing. In *Food Processing* (pp. 1-15).[https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch1](https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch1)
- Pérez-Rosales, J., Ávila-Quezada, G., y Montoya-Sánchez, M. (2020). Evaluación del pH y estabilidad de compuestos fenólicos en extractos etanólicos de *Salvia officinalis*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(4), 293–301.

- Pérez-Sánchez, A., Morales, M. A., y López-Palestina, C. (2019). Caracterización química y propiedades antioxidantes de extractos de hojas de *Hibiscus sabdariffa*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(3), 195–203.
- Phinney, D. M., Frelka, J. C., y Heldman, D. R. (2017). Composition-Based Prediction of Temperature-Dependent Thermophysical Food Properties: Reevaluating Component Groups and Prediction Models. *Journal of Food Science*, 82(1), 6-15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1750-3841.13564>
- Pompe, G., Pohlers, A., Potschke, P., y Pionteck, J. (1998). Influence of processing conditions on the multiphase structure of segmented polyurethane. *Polymer*, 39(21), 5147-5153. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0037-3861\(97\)10350-0](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0037-3861(97)10350-0)
- Prior, R. L., Wu, X., y Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290–4302. <https://doi.org/10.1021/jf0502698>
- Rivera, F. J. C., Mishra, D. K., y Ozadali, F. (2020). A Novel Non-Intrusive Continuous Sensor (NICS) to estimate thermal conductivity of food products in manufacturing systems. *Food and Bioproducts Processing*, 123, 390-397. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fbp.2020.07.022>
- Rodas, M. (2009). Extracción de los principios activos. Recuperado el 3 de diciembre 2012 de <http://es.scribd.com/doc/22022655/Extraccion-de-Principios-Activos>
- Rodríguez, H., y Castro, M. (2015). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas de extractos vegetales con actividad antioxidante*. *Journal of Ethnopharmacology*, 168, 90-98. DOI: 10.1016/j.jep.2015.03.015
- Rodríguez-Pérez, C., García-Sánchez, D., y Muñoz-Márquez, E. (2022). Caracterización fisicoquímica y perfil fenólico de extractos etanólicos de hojas de *Origanum vulgare*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 27(1), 1–10.

- Rodríguez-Solana, R., Salgado, J. M., Domínguez, J. M., y Pérez-Santín, E. (2019). *Phenolic profile, antioxidant and antiproliferative activity of guanabana (Annona muricata L.) leaf infusions*. *Industrial Crops and Products*, 138, 111454.
- Sanz, P. (2009). Fitoterapia y medicina naturista. Recuperado el 2 de diciembre de 2012 en es.scribd.com/doc/13057579/Fitoterapia-y-Medicina-Naturista
- Schultes, R. E. y Raffauf, R. 1990. *The Healing Forest. Medicinal and toxic plants of the Northwest Amazonia*. Dioscorides Press, Portland.
- Sepúlveda, C., y Zapata, J. (2019). Efecto de la temperatura, el pH y el contenido en sólidos sobre los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante del extracto de *Bixa orellana* L. *Información Tecnológica*, 30(5), 57–65. <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n5/0718-0764-infotec-30-05-00057.pdf>
- Shahzad, M. I., Raza, A., y Abbas, M. (2023). Impact of storage conditions on antioxidant potential and polyphenol content of *Azadirachta indica* leaf extracts. *Industrial Crops and Products*, 198, 116724. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116724>
- Shelles F. 2015. *Farmacia galénica*. Madrid, Selsa, 1992.
- Sies, H. (1995). *Antioxidants in disease mechanisms and therapy* vol 38 USA Academia Press Inc. 293 p.
- Silva, A. F., Rivas, J. M., y Gutiérrez, D. H. (2020). Propiedades físico-químicas y fitoquímicas del extracto de hojas de *Psidium guajava* obtenido por métodos acuosos. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 19(5), 454–462.
- Silva, N. B., Araújo, L. B., y Nogueira, A. R. A. (2021). Oxidative degradation of flavonoids in aqueous extracts of *Piper aduncum* leaves under ambient conditions. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 31(2), 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2021.01.001>
- Soto-León, V., Méndez, J., y Camargo, M. (2018). Efecto del tipo de solvente sobre la extracción de compuestos fenólicos en plantas medicinales andinas. *Revista*

Colombiana de Química, 47(1), 34–41.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcolquim/article/view/69485>

- Souza, A. M., y Silva, T. A. (2012). *Phytochemical and Pharmacological Properties of Potalia amara: A Review*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(20), 3785-3790. DOI: 10.5897/JMPR12.214
- Struwe, L. y Albert, V. A. (2004). A monograph of neotropical Potalia Aublet (Gentianaceae: Potalieae). *Syst. Bot.* 29(3): 670–701.
- Sulca, V. T. (2012). Determinación de la actividad antimicrobiana de los extractos de botoncillo, ortiga negra kana yuyo plantas registradas en la parroquia esperanza-imbabura sobre *Staphylococcus aureus*, *pseudomas aeruginosa* y *Candida albicans* causantes de enfermedades bucofaríngeas. Recuperado en <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2648/1/T-ESPE-030037.pdf>
- Sultana, B., Anwar, F., y Ashraf, M. (2020). *Effect of extraction solvent on total phenolics and antioxidant activity in extracts of citrus leaves*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 14(1), 12–20.
- Tan, W. C., Muhialdin, B. J., y Meor Hussin, A. S. (2020). Influence of storage conditions on the quality and stability of *Soursop (Annona muricata L.)* kombucha. *Frontiers in Microbiology*, 11, 603481. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.603481>
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., y Byrne, D. H. (2006). Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2006.01.003>
- Villareao, L., et al. (2019). Evaluación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en hojas de *Beautempisia avicenniifolia*. *Revista de Plantas Medicinales*
- Wang, Y., Zhang, L., Li, X., y Chen, H. (2018). *Effect of solvent polarity on extraction and characterization of organic acids from plant materials*. *Journal of Natural Products Research*, 32(5), 678–685. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1431234>

- Wojdyło, A., Oszmiański, J., y Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food Chemistry*, 105(3), 940–949. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.038>
- Zapata, L. M., Heredia, A.M., Quinteros, C.F., Malleret, A. D., Clemente, G., y., Cárcel, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, docencia y tecnología*, 49: 166-192.
- Zhao, X., y Shahidi, F. (2015). Antioxidant and anti-inflammatory activities of citrus peel extracts: An overview. *Food Chemistry*, 175, 300–308. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.083>
- Zhang, Q., Zhang, J., Shen, J., Silva, A., Dennis, D. A., y Barrow, C. J. (2018). A review of plant polyphenols' mechanisms of action and their influence on food quality and bioactivity. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(18), 3012–3024. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1345857>