



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA

CARRERA DE BIOTECNOLOGÍA

Tema: Evaluación de la actividad antioxidante de las cremas elaboradas a base del extracto de hojas y raíces de *Plantago major L* y *Buddleja globosa*.

Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Biotecnólogo, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Sebastián Nicolás Chicaiza Coba

Tutora: Mg. Danae Fernández Rivero

Ambato - Ecuador

Febrero - 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

Mg. Danae Fernández Rivero

CERTIFICA:

Que el presente Informe Final del Trabajo de Titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 17 de enero de 2025

Mg. Danae Fernández Rivero

1757181209

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Sebastian Nicolas Chicaiza Coba, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Informe Final del Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Biotecnólogo son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Sebastián Nicolás Chicaiza Coba

1850007228

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Informe Final del Trabajo de Titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Informe Final del Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Sebastián Nicolás Chicaiza Coba

1850007228

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Informe Final Trabajo de Titulación, Opción Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Presidente de Tribunal

Dr. Orestes Darío López Hernández

1754784864

Mg. Cristian Fernando Galarza Galarza

1803160272

Ambato, 23 de Enero de 2025

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía, luz y fuente de fortaleza en cada paso de este arduo camino. Gracias por la sabiduría, paciencia y perseverancia para llegar hasta aquí, sin tu bendición, nada de esto habría sido posible.

A mis padres, Martha y Jorge, su amor incondicional, sacrificio y apoyo han sido mi mayor fuente de inspiración. Gracias por enseñarme la importancia del esfuerzo, perseverancia, dedicación y humildad. Todo lo que soy es fruto de su apoyo. Los amo profundamente.

A mis hermanos, Silvana y Jorge, gracias por su apoyo incondicional, sus consejos sabios y por estar siempre dispuestos a ayudarme en cada paso de mi camino. Su ejemplo, dedicación y cariño han sido una fuente de inspiración para superar cada desafío y alcanzar esta meta. Este logro también es de ustedes.

A mis queridos familiares, gracias por su amor, apoyo y aliento en todo momento. No hay palabras suficientes para expresar mi gratitud hacia ustedes en este camino.

A mi novia, Stefany, por su amor incondicional, su paciencia y apoyo constante. Gracias por estar siempre a mi lado, celebrando mis triunfos, tu presencia ha sido fundamental en este proceso. Te agradezco por ser mi inspiración y mi motivación.

A todos mis amigos por su apoyo y su presencia, brindándome aliento y motivación para seguir adelante. Gracias por sacarme sonrisas, por convertir cada momento en algo divertido y por ser siempre una fuente de energía positiva.

Y, por último, a mí mismo, por no saber rendirme, por seguir adelante a pesar de los obstáculos y por hacerme ver que el esfuerzo y la determinación abren cualquier camino.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, hermanos y familiares por su amor incondicional, por estar a mi lado en cada momento, este logro es tan suyo como mío.

A mi tutora M Sc. Danae Fernández Rivero, por su invaluable apoyo durante todo el desarrollo de esta tesis. Gracias por su orientación, su paciencia y su guía en cada etapa de este proceso. Su esfuerzo y dedicación han sido clave para el presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I.-MARCO TEÓRICO	1
1.1. Antecedentes investigativos	1
1.1.1. Planteamiento del problema y justificación	1
1.1.2. Llantén (Plantago major L)	2
1.1.2.1. Generalidades	2
1.1.2.2. Datos Taxonómicos.....	2
1.1.2.2.1. Taxonomía.....	2
1.1.2.3. Datos ecológicos	3
1.1.2.4. Componentes.....	3
1.1.2.5. Propiedades medicinales	4
1.1.3. Matico (Buddleja globosa)	4
1.1.3.1. Generalidades	4
1.1.3.2. Datos Taxonómicos.....	5
1.1.3.2.1. Taxonomía.....	5
1.1.3.3. Datos ecológicos y Distribución Geográfica.....	6
1.1.3.4. Componentes.....	6
1.1.3.5. Propiedades medicinales	7
1.1.4. Fenoles	7
1.1.4.1. Propiedades	8
1.1.5. Flavonoides	8
1.1.5.1. Propiedades	9
1.1.6. Taninos.....	9

1.1.6.1. Propiedades	10
1.1.7. Extracción de compuestos bioactivos.....	10
1.1.7.1. Disolventes	11
1.1.7.2. Maceración.....	11
1.1.8. Evaluación de la capacidad antioxidante.....	11
1.1.8.1. Ensayo de la capacidad antioxidante (DPPH).....	12
1.1.9. Cremas.....	12
1.2. Objetivos	13
1.3. Hipótesis.....	14
1.3.1. Hipótesis nula.....	14
1.3.2. Hipótesis alternativa	14
1.3.3. Variables.....	14
1.3.3.1. Variables dependientes.....	14
1.3.3.2. Variables independientes.....	14
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	15
2.1. Materiales.....	15
2.2. Métodos.....	17
2.2.1. Extracción de los compuestos bioactivos de las dos especies de plantas medicinales	
17	
2.2.1.1. Obtención y recolección del material vegetal.....	17
2.2.1.2. Preparación del material vegetal.....	17
2.2.1.3. Extracción de los compuestos bioactivos	17
2.2.1.4. Cuantificación de fenoles totales	18
2.2.1.5. Cuantificación de flavonoides totales	18
2.2.1.6. Cuantificación de taninos totales	19
2.2.1.7. Determinación de la eficiencia de extracción.	19
2.2.1.8. Análisis estadístico	19
2.2.2. Determinación de la actividad antioxidante de los extractos obtenidos de raíces y hojas de las especies estudiadas.	20
2.2.2.1. Determinación de la actividad antioxidante con el método del radical 2,2- <i>diphenil-1-1 picrylhydrazyl</i> (DPPH).....	20
2.2.2.2. Elaboración de la curva de calibración	21
2.2.3. Evaluación de la actividad antioxidante en una crema dermocosmética preparada con el extracto de la especie con mayor actividad.....	21
2.2.3.1. Elaboración de la crema dermocosmética.....	21
2.2.3.2. Determinación de la actividad antioxidante con el método del radical 2,2- <i>diphenil-1-1 picrylhydrazyl</i> (DPPH).....	22

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
3.1. Análisis y discusión de los resultados.....	23
3.1.1. Extracción de los compuestos bioactivos de las dos especies de plantas medicinales.	
23	
3.1.1.1. Análisis estadístico	28
3.1.2. Determinar la actividad antioxidante de los extractos obtenidos de raíces y hojas de las especies estudiadas.	32
3.1.3. Confirmar la capacidad antioxidante en una crema dermocosmética elaborada a partir del extracto etanólico de la especie con mayor actividad biológica.	35
3.2. Verificación de hipótesis.....	37
CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
4.1. Conclusiones	38
4.2. Recomendaciones.....	40
MATERIALES DE REFERENCIA.....	41
Referencias bibliográficas.....	41
ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del llantén (<i>P. major</i> L).....	3
Tabla 2. Clasificación taxonómica del matico (<i>B. globosa</i>).....	5
Tabla 3. Equipos de laboratorio empleados en el proyecto de investigación	15
Tabla 4. Materiales fungibles de laboratorio empleados en el proyecto de investigación	15
Tabla 5. Reactivos de laboratorio empleados en el proyecto de investigación	16
Tabla 6. Concentración de TPC de los extractos de raíces y hojas de matico y llantén.....	24
Tabla 7. Concentración de TFC de los extractos de raíces y hojas de matico y llantén.....	25
Tabla 8. Concentración de TTC de los extractos de raíces y hojas de matico y llantén.....	27
Tabla 9. Actividad antioxidante proveniente de los extractos de hojas de llantén y matico con mayor contenido fenólico.....	32
Tabla 10. Actividad antioxidante de la crema a base del extracto de hojas de matico.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de un fenol.	7
Figura 2. Estructura química de un flavonoide.	8
Figura 3. Estructura química de un tanino.	9
Figura 4. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para el TPC en los extractos de ambas plantas.	29
Figura 5. Gráfica de efectos principales para el % de eficiencia de extracción de ambas plantas.	30
Figura 6. Gráfica de interacciones para el % de eficiencia de extracción de ambas plantas....	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Obtención del extracto etanólico de hojas y raíces de matico y llantén	53
Anexo 2. Análisis de fenoles a diferente concentración por el método de Folin-Ciocalteu.	53
Anexo 3 . Determinación de Fenoles a través de la placa de 96 pocillos.	54
Anexo 4. Determinación de la curva de calibración de ácido gálico con tres replicas.	54
Anexo 5. Curva de calibración ácido gálico	55
Anexo 6. Determinación de Flavonoides a través de la placa de 96 pocillos	55
Anexo 7. Determinación de la curva de calibración de quercetina con tres réplicas	55
Anexo 8. Curva de calibración quercetina	56
Anexo 9. Determinación de Taninos a través de la placa de 96 pocillos	56
Anexo 10. Determinación de la curva de calibración de ácido tánico con tres réplicas	56
Anexo 11. Curva de calibración ácido tánico	57
Anexo 12. Cuantificación de compuestos fenólicos por medio de tres réplicas	57
Anexo 13. Cuantificación de flavonoides por medio de tres réplicas	58
Anexo 14. Cuantificación de taninos por medio de tres réplicas	58
Anexo 15. Cuantificación de fenoles de la hoja de matico	58
Anexo 16. Cuantificación del porcentaje de eficiencia de extracción	59
Anexo 17. Tabla ANOVA de los compuestos polifenólicos de la hoja del matico a partir de un diseño factorial de 2 factores con 2 niveles.....	59
Anexo 18. Determinación de la capacidad antioxidante de las plantas con mayor contenido fenólico.....	60
Anexo 19. Capacidad antioxidante de Trolox.....	60
Anexo 20. Cálculo demostrativo del % de inhibición del radical DPPH frente al Trolox a 50 $\mu\text{mol/L}$	60
Anexo 21. Curva de calibración de Trolox	61
Anexo 22. Rotoevaporación del extracto de hojas de matico	61
Anexo 23. Proceso de elaboración de crema dermocosmética de hojas de matico.....	61
Anexo 24. Determinación de la capacidad antioxidante de la crema a base de extracto de hojas de matico	62
Anexo 25. Autorización de la recolección de especies vegetales sin fines de lucro para la investigación científica del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica.....	63

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente estudio resalta la importancia de evaluar la capacidad antioxidante de extractos vegetales, específicamente de hojas de matico (*Buddleja globosa*) y llantén (*Plantago major*), debido a su potencial aplicación en la industria farmacéutica y en la formulación de dermocosméticos. Estos extractos representan una fuente rica en compuestos fenólicos, reconocidos por combatir el estrés oxidativo, prevenir el envejecimiento prematuro de la piel y promover la salud cutánea. Para la obtención de los extractos, se empleó el método de maceración, seguido de la cuantificación del contenido total de fenoles (TPC), flavonoides totales (TFC) y taninos totales (TTC) mediante los métodos de Folin-Ciocalteu, cloruro de aluminio y Folin-Ciocalteu, respectivamente. La capacidad antioxidante se determinó utilizando el método DPPH tanto para los extractos como para una crema dermocosmética. Los resultados obtenidos mostraron valores de TPC de 15.930, 9.209, 2.400 y 2.682 mg GAE por g, mientras que los valores de TFC fueron 2.577, 2.319, 0.358 y 0.657 mg QE por g. Los valores de TTC alcanzaron 10.770, 7.944, 1.423 y 3.331 mg TAE por g, correspondientes a hojas y raíces de matico y llantén. En cuanto a la capacidad antioxidante, los extractos presentaron valores de 12.463 y 11.070 micromoles ET por g, mientras que la crema mostró un contenido de 7.694 micromoles ET por g. Estos resultados destacan el potencial de la hoja de matico como un recurso natural prometedor para desarrollar productos dermocosméticos con propiedades antioxidantes, estableciendo una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones innovadoras en este campo.

Palabras clave: Capacidad antioxidante, matico, llantén, DPPH, maceración, crema, estrés oxidativo.

ABSTRACT

The present study highlights the importance of evaluating the antioxidant capacity of plant extracts, specifically from matico (*Buddleja globosa*) and plantain (*Plantago major*) leaves, due to their potential application in the pharmaceutical industry and in the formulation of dermocosmetics. These extracts represent a rich source of phenolic compounds, known to combat oxidative stress, prevent premature skin aging and promote skin health. To obtain the extracts, the maceration method was used, followed by the quantification of the total phenol content (TPC), total flavonoids (TFC) and total tannins (TTC) using the Folin-Ciocalteu, aluminum chloride and Folin-Ciocalteu methods, respectively. The antioxidant capacity was determined using the DPPH method for both the extracts and a dermocosmetic cream. The results obtained showed TPC values of 15,930, 9,209, 2,400 and 2,682 mg GAE per g, while TFC values were 2,577, 2,319, 0.358 and 0.657 mg QE per g. TTC values reached 10,770, 7,944, 1,423 and 3,331 mg TAE per g, corresponding to matico and plantain leaves and roots. Regarding antioxidant capacity, the extracts presented values of 12,463 and 11,070 micromoles ET per g, while the cream showed a content of 7,694 micromoles ET per g. These results highlight the potential of matico leaf as a promising natural resource for developing dermocosmetic products with antioxidant properties, establishing a solid foundation for future research and innovative applications in this field.

Keywords: Antioxidant capacity, matico, plantain, DPPH, maceration, cream, oxidative stress.

CAPÍTULO I.-MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

1.1.1. Planteamiento del problema y justificación

La Organización mundial de la salud, en el año 2020 ha indicado que la piel es uno de los elementos más extensos en el cuerpo humano que desempeña múltiples funciones vitales, sin embargo, dado que este órgano está en contacto con el entorno exterior es más frecuente sufrir inflamaciones, heridas superficiales, alergias y problemas de la piel, es importante mencionar que estos problemas de la piel pueden tener un impacto en la calidad de vida **(Tsioutsiou et al. 2022)**. No obstante, la OMS ha informado que las afecciones cutáneas afectan aproximadamente a 900 millones de personas en todo el mundo **(Erize et al., 2021)**. Además, se reveló que, existe un porcentaje significativo de niños que presentan problemas en la piel ya sean afecciones leves y temporales, como erupciones, heridas o más graves como dermatitis atópica **(Piamo et al., 2022)**.

En la actualidad, el ambiente presenta cerca de 430.000 especies vegetales terrestres y que cada año se registran nuevas especies que están en estudio y reconocimiento **(Armijos et al., 2021)**. Ecuador es uno de los países con mayor diversidad botánica con 16.200 especies de plantas identificadas, entre estas se encuentran plantas de uso ornamental, alimenticio y lo más importante de carácter medicinal. Además, se ha evidenciado en diversos estudios que las especies del género *Plantago* (Llantén) y *Buddleja* (Matico) tienen una actividad antioxidante en modelos experimentales con el objetivo de analizar sus compuestos medicinales **(Armijos et al., 2022)**. Hay que tener en cuenta la eficiencia del método de extracción de los compuestos bioactivos en el material vegetal de estas dos plantas medicinales, como son los métodos convencionales y no convencionales, particularmente en la investigación de la actividad antioxidante. Los métodos convencionales incluyen maceración, soxhlet, percolación, destilación por arrastre de vapor cuyos rendimientos son notables y pueden ser viables para aplicaciones en farmacéutica, cosmética, etc **(Viera et al., 2022)**.

Por tanto, la investigación de la actividad antioxidante de estas dos especies vegetales podría ser una alternativa atractiva en la medicina terapéutica **(Mendoza et al., 2022)**. Su estudio y

validación científica de estas dos plantas podrían contribuir a preservar y promover el conocimiento de las prácticas tradicionales de la medicina natural, ofreciendo una opción para el tratamiento de problemas en la salud de la piel y buscar alternativas farmacéuticas naturales que logren generar un impacto positivo (**Thakur et al., 2011**).

1.1.2. Llantén (*Plantago major* L)

1.1.2.1. Generalidades

P. major L también conocido como “llantén” es una planta herbácea perenne que pertenece a la familia Plantagináceae. Actualmente el género *Plantago* incluye entre 250 y 275 especies alrededor del planeta, siendo una planta de fácil localización considerado como una “maleza” o “mala hierba” ya que no se cultiva (**Shipunov et al., 2021**). Esta planta es oriunda de regiones con climas templados y no tan calurosos de Europa y Asia, el norte de África, Norteamérica y Latinoamérica, en donde crece de forma espontánea, en terrenos baldíos y taludes, en zonas de pastos, laderas, cerca de cultivos y en los bordes de caminos (**Minh et al., 2021**).

En la actualidad, esta planta crece en las 3 regiones del Ecuador como Sierra, Costa y Amazonía, teniendo una fácil adaptabilidad a las condiciones climáticas de cada zona, en varias provincias del país predomina su comercialización debido a sus propiedades medicinales. A continuación, en la Tabla 1 se detalla la clasificación taxonómica del llantén (**Rivero, 2021**).

1.1.2.2. Datos Taxonómicos

1.1.2.2.1. Taxonomía

El llantén es una planta herbácea de origen europeo que pertenece al género *Plantago*, una de sus especies más destacadas por sus componentes y taxonomía es *P. major* (**Zaharie et al., 2022**). A continuación, la clasificación taxonómica de esta especie vegetal se encuentra en la **Tabla 1**.

Tabla 1*Clasificación taxonómica del llantén (P. major L)*

Reino	Plantae
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
División	Magnoliophyta
Orden	Lamiales
Familia	Plantaginaceae
Género	Plantago
Especie	Plantago major L

Nota. Información obtenida de **Blanco et al. (2008)**.

1.1.2.3. Datos ecológicos

La planta de llantén posee una altura entre los 15 cm a 30 cm; sin embargo, su longitud puede variar según los distintos hábitats de crecimiento. Por otro lado, las raíces son de coloración blanca y de tamaño uniforme, surgen del tallo subterráneo. Las hojas son ovaladas de color verde claro y se unen al tallo por un largo pecíolo; poseen aproximadamente 50 cm de longitud y un ancho de 20 cm en plantas adultas, además que nacen a ras de suelo en forma de roseta y se desarrollan verticalmente (**Fierascu et al., 2021**).

1.1.2.4. Componentes

Los más recientes estudios demuestran que *P. major* se emplea alrededor del mundo para el tratamiento de diversas enfermedades o malestares. La actividad sanadora de *P. major* no se amerita a un solo componente, sino a la interacción de varios componentes; los efectos son producto de la acción en conjunto de distintas sustancias y de su regulación mutua (**Zaharie et al., 2022**). Las investigaciones realizadas sobre esta planta han revelado principalmente la presencia de mucílagos, pectinas, flavonoides, taninos, ácidos, aminoácidos, fenoles, vitaminas, glucósidos cromogénico iridoide denominado aucubósido, es decir (aucubina) y otro glucósido llamado catapol (**Salem et al., 2023**).

Tanto las hojas como las flores y el tallo poseen el glucósido aucubina. Un estudio reportó concentraciones de flavonoides totales en el rango de 3-6 mg de equivalentes de quercetina por gramo de extracto seco (**Salem et al., 2023**). Por otra parte, los fenoles totales en hojas pueden variar su concentración entre 10 y 25 mg de equivalentes de ácido gálico por gramo de peso seco y en raíces entre 5 y 15 mg (**Adom et al., 2017**).

1.1.2.5. Propiedades medicinales

El llantén es una de las especies más estudiadas, tanto desde el punto de vista bioquímico como farmacológico. Este gran interés está dado también por sus cualidades medicinales, dentro de las cuales se ha señalado un efecto anticancerígeno (**Zhakupbekov et al., 2023**). Entre los múltiples usos de esta planta en el campo de la salud, se encuentran sus propiedades astringentes adecuadas para detener la diarrea, disentería y amebiasis. En lo que respecta al sistema respiratorio, cuenta con distintas aplicaciones (**Keshavarzi et al., 2022**).

Un estudio reporta que es eficaz para tratar enfermedades como la tos, faringitis, laringitis, bronquitis, tuberculosis, entre otras. Se utiliza para curar el dolor de garganta y la irritación en la boca; además, para reducir la inflamación glandular (**Abate et al., 2022**). Esto se debe a que la planta cuenta con un alto contenido en mucílagos, que ejerce propiedades emolientes, que suavizan las mucosas respiratorias.

1.1.3. Matico (*Buddleja globosa*)

1.1.3.1. Generalidades

B. globosa también conocido como “matico” es un arbusto nativo que pertenece a la familia *Piperaceae*. En la actualidad, el género *Piper* incluye alrededor de 2000 especies en África, Asia y América de las cuales alrededor de 500 especies se localizan en Argentina, Chile y Perú; siendo *Buddleja globosa* y *piper aduncum* las especies más distintivas de este último país sudamericano que crecen también en los valles interandinos de Ecuador y Bolivia (**Ore et al., 2021**). muy apreciado por su localización y crecimiento espontaneo siendo oriundas de climas templados y

húmedos ubicados mayormente en quebradas, bordes de ríos y cultivos, entre otros (Torres et al., 2021).

Actualmente, existen especies identificadas en 13 provincias del Ecuador tanto de la región Sierra y Amazonia, en provincias como Napo, Orellana, Imbabura y pichincha en donde predomina la especie *piper adumcum*, así mismo en estas provincias predomina su comercialización para el alivio antiinflamatorio, antitusígeno y antiséptico (Rivero, 2021). A continuación, en la **Tabla 2** se detalla la clasificación taxonómica del matico.

1.1.3.2. Datos Taxonómicos

1.1.3.2.1. Taxonomía

El matico es considerado como un arbusto que pertenece al género *Piper*, una de sus especies más destacadas por sus propiedades y taxonomía es *B. globosa* (Vargas & Armijo, 2023). A continuación, la clasificación taxonómica de esta especie vegetal se encuentra en la **Tabla 2**.

Tabla 2
Clasificación taxonómica del matico (B. globosa)

Reino	Plantae
Clase	Magnoliopsida
División	Magnoliophyta
Orden	Piperales
Familia	Piperaceae
Género	Piper
Especie	Buddleja globosa

Nota. Información obtenida de Torres et al. (2021).

1.1.3.3. Datos ecológicos y Distribución Geográfica

La planta de matico es un arbusto perenne, dicotiledónea que alcanza una altura de hasta 5 metros de altura dependiendo de las especies de matico y factores climáticos. Este arbusto posee tallos semileñosos y una ramificación que parte desde la base, las hojas poseen una textura rugosa en la superficie de una coloración verde llegando a medir hasta 19 cm de largo con una forma lanceolada (**Salehi et al., 2019**).

Durante la temporada de climas templados y húmedos, se da la aparición de flores pequeñas agrupadas de coloración amarilla alcanzado un tamaño máximo de 2.5 cm, en su interior contienen semillas que se esparcen fácilmente para su futura multiplicación. Las longitudes de esta planta varían dependiendo su clima y ubicación situándose desde los 2000 msnm hasta los 3000 msnm (**Vargas & Armijo, 2023**).

1.1.3.4. Componentes

El matico posee un alto contenido de compuestos bioactivos que incluyen polifenoles, flavonoides, alcaloides, saponinas, taninos, esteroides y aceites esenciales estarían implicados en esta planta (**Hikal et al., 2022**). Existen estudios que se encontró que las hojas de *Buddleja globosa* pueden contener una concentración de flavonoides totales en el rango de 10-20 mg de equivalentes de quercetina por gramo de extracto seco, aunque estos valores pueden variar considerablemente (**Wei et al., 2022**). Otro estudio reportó una concentración aproximada de flavonoides totales en torno a 5-15 mg de equivalentes de rutina por gramo de extracto seco en las raíces (**Youssef et al., 2019**).

Según **Morais et al. (2023)** el matico ofrece varios beneficios medicinales entre ellos las propiedades cicatrizantes, cuyo componente más importante es el tanino siendo un polifenol con una concentración establecida de 5.7%, además se presenta diferentes flavonoides como luteolina, linarina y compuestos derivados del ácido cafeico con propiedades protectoras.

1.1.3.5. Propiedades medicinales

El matico presenta diversas propiedades beneficiosas como la infusión de sus hojas como un agente cicatrizante eficaz en el tratamiento de hemorragias, y también se aplican lavados antisépticos sobre heridas (**Taher et al., 2020**). Además, se emplea en infusiones para aliviar síntomas respiratorios y malestar gastrointestinal, así como para mitigar inflamaciones y abordar la diarrea (**Paredes et al., 2024**).

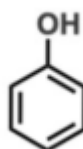
Su aplicación tópica se extiende al tratamiento de abscesos, heridas, quemaduras y úlceras cutáneas, ofreciendo una acción natural contra hongos y bacterias, además esta planta contiene una variedad de compuestos antioxidantes, como polifenoles, flavonoides, y taninos (**Ammar et al., 2022**).

1.1.4. Fenoles

Los compuestos fenólicos son estructuras compuestas por un anillo aromático denominado fenil, unido a un grupo hidroxilo, es importante que este anillo aromático provoca que los ácidos sean débiles donde genera un efecto inductivo sobre el hidrogeno del grupo OH, además fundamental este anillo para las propiedades antioxidantes (**De Oliveira et al., 2014**). En la siguiente **Figura 1**, se presenta la estructura del fenol.

Figura 1

Estructura química de un fenol



Nota: Adaptado de **Choi & Lee (2022)**.

1.1.4.1. Propiedades

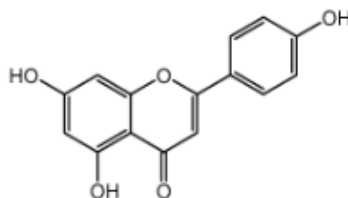
Los compuestos fenólicos se consideran metabolitos secundarios presentes en la diversidad vegetal así mismo importantes para su funcionamiento y su mecanismo de defensa bajo ciertos factores De acuerdo con **Dai & Mumper (2010)** los compuestos fenólicos poseen propiedades beneficiosas para la salud como enfermedades como diabetes, cáncer, enfermedades crónicas, entre otras más; estos efectos positivos se deben a su capacidad antioxidante. Además, según **Filippini et al. (2023)** estos compuestos fenólicos se presentan como antioxidantes a través de la eliminación de radicales libres y la regulación del sistema antioxidante, por ende, el empleo de plantas medicinales con un alto contenido de este tipo de compuestos bioactivos representa una estrategia eficiente para la prevención de enfermedades y adquirir una mejor calidad de vida.

1.1.5. Flavonoides

Los flavonoides son una clase de compuestos polifenólicos naturales que contienen en su estructura tres anillos (benzopirano 2-fenil, dihidroxilados), un segundo anillo fenólico mono-hidroxilado, también podrían contener grupos metoxi que actúan como sustituyentes y finalmente un tercer anillo heterocíclico con oxígeno pirano (**Liu et al., 2021**). En la siguiente **Figura 2**, se presenta la estructura del flavonoide.

Figura 2

Estructura química de un flavonoide



Nota: Adaptado de **Dias et al. (2021)**.

1.1.5.1. Propiedades

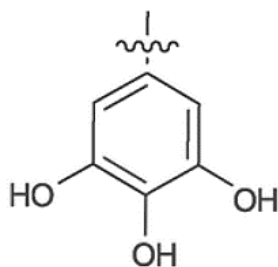
Estos metabolitos secundarios en plantas, semillas y frutos poseen un alto contenido siendo responsable de su color, aroma y sabor. Específicamente, en la diversidad botánica, estos compuestos bioactivos poseen funciones como la regulación del crecimiento celular, protección contra el estrés biótico y abiótico, tolerancia a la sequía y temperaturas bajas, entre otros. Según menciona **Dias et al. (2021)** en los seres humanos poseen propiedades bioactivas, como propiedades antiinflamatorias, anticancerígenas, antienvejecimiento, antibacterianas, antivirales, entre otras propiedades.

1.1.6. Taninos

Los taninos son compuestos fenólicos caracterizados por su función de unirse a las proteínas causando su posterior precipitación, se encuentran distribuidos en la mayoría del reino vegetal. Principalmente, los taninos se encuentran presentes en la mayoría de los órganos de la planta tanto en hojas, frutos, raíces, tallos y semillas (**Molnar et al., 2024**). En la siguiente **Figura 3**, se presenta la estructura del tanino.

Figura 3

Estructura química de un tanino



Nota: Adaptado de **Adamczyk et al. (2017)**.

1.1.6.1. Propiedades

Los taninos son metabolitos secundarios que cuenta con una estructura compleja, estos compuestos se clasifican en tres grupos de acuerdo a su estructura como son condensada, complejo e hidrolizable. Principalmente, estos grupos se caracterizan en la protección de las plantas contra infecciones y herbívoros, así mismo en el área industrial es importante puesto que convierte la piel de los animales en cuero, además poseen bioactividades antiinflamatorias de la piel y antimicrobianas (**Medda et al., 2021**).

1.1.7. Extracción de compuestos bioactivos

La obtención de los compuestos bioactivos depende de la selección del disolvente, teniendo en cuenta su polaridad y la capacidad para el aislamiento de los compuestos con diferentes estructuras y propiedades. Su selección es importante debido a la efectividad en el proceso de extracción y el extracto final. Así mismo, existen factores como la temperatura, tiempo de extracción, relación material-disolvente y el porcentaje de disolvente necesario para extraer los compuestos bioactivos (**Rivas et al., 2017**).

Para la extracción de Fenoles, Flavonoides y Taninos es de preferencia utilizar un disolvente de mayor polaridad a causa de su capacidad para disolver de manera eficaz estos compuestos bioactivos, normalmente se utilizan metanol, etanol, acetona, entre otros que se combinan con agua en diversas proporciones debido a la disolución de compuestos polares (**Vargas et al., 2024**). Específicamente, el etanol es un disolvente que permite una mayor extracción de compuestos bioactivos tanto de los órganos vegetales del matico como del llantén, puesto que permite extraer de una manera completa, menos impurezas y menor cantidad de disolvente se requiere (**Taipe et al., 2023**).

Para la extracción de polifenoles se utilizan técnicas de carácter convencional y no convencionales, su selección se basa en la estabilidad de los polifenoles, eficiencia del proceso, su aplicabilidad y su fácil manipulación. A continuación, se mencionan los métodos empleados para la obtención de extracción: maceración, destilación, Soxhlet, extracción asistida por ultrasonido (UAE), extracción asistida por microondas (MAE), extracción asistida por

microondas al vacío (VMAE), extracción asistida por microondas sin disolventes (SFME), extracción enzimática por microondas con pretratamiento (EPME) (**Idris & Nadzir, 2021**).

1.1.7.1. Disolventes

La extracción de los compuestos bioactivos a partir de ambas plantas medicinales depende del disolvente empleado en el proceso de extracción, algunos factores a tomar en cuenta para la selección de un solvente incluyen la baja toxicidad, evaporación a una menor temperatura, acción conservante entre otras (**Araya et al., 2022**). De acuerdo con **Lee et al. (2024)** menciona que los disolventes alcohólicos ofrecen una mayor capacidad para la extracción de polifenoles, en contraste con otros.

1.1.7.2. Maceración

La técnica de maceración es una técnica convencional de extracción sólido-líquido en el que se busca extraer los compuestos bioactivos deseados en el líquido empleado para su extracción (**Duarte et al., 2020**). Para este proceso el material vegetal molido se coloca en un recipiente en donde se añade el solvente y se deja reposar a temperatura ambiente durante un periodo de tiempo con agitación ocasional, esta mezcla se filtra para su posterior estudio (**Bréard et al., 2023**).

1.1.8. Evaluación de la capacidad antioxidante

Los métodos para cuantificar la capacidad antioxidante de estas dos plantas se clasifican según el mecanismo de acción mediante el cual los compuestos detienen las reacciones de ruptura de cadena, de esta forma se dividen en dos grupos: transferencia de átomos de hidrógeno (HAT) y transferencia de un solo electrón (SET), dentro de los métodos más empleados se encuentra DPPH, ABTS, FRAP, TRAP (**Anees et al., 2023**). Un estudio en plantas ancestrales que indican que la actividad antioxidante en una especie vegetal no viene dada solo por la suma de las capacidades antioxidantes de cada tipo de metabolito presente, también depende del microambiente en el que se encuentre el compuesto, logrando interactuar entre sí (**Checkouri et al., 2020**).

1.1.8.1. Ensayo de la capacidad antioxidante (DPPH)

Este ensayo se basa en la reducción del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) caracterizado por su estabilidad, solubilidad en un medio alcohólico e insoluble en el medio acuoso, posee una coloración purpura y cuyo intervalo de absorción es 515-520 nm (**Hernández et al., 2022**). La absorbancia característica de este radical menora en presencia de un antioxidante u otro radical. Por lo tanto, para su cuantificación de su capacidad captadora de radicales libres que poseen los compuestos, se determina el grado de decoloración que generan a una disolución metanólica de DPPH, expresando como equivalente de Trolox (**Paucar et al., 2021**).

El método de DPPH es uno de los métodos más eficaces y confiables para medir la capacidad de un compuesto o extracto de neutralizar radicales libres, este radical es estable a una temperatura ambiente y no necesita de condiciones especiales de almacenamiento ni manipulación, este método es colorimétrico, es decir que el cambio de color (violeta a incoloro) fácilmente medible en el espectrofotómetro, generando resultados rápidos y precisos (**Checkouri et al., 2020**). Se evidencia mediante reportes que este método facilita la comparación de resultados entre diferentes investigaciones estableciendo criterios y estándares de la evaluación de la actividad antioxidante (**Anees et al., 2023**).

1.1.9. Cremas

Son formas farmacéuticas constituidas por dos fases, una lipofílica y otra acuosa o hidrofílica (**Michalak, 2023**). Estas pueden ser preparaciones líquidas o semisólidas que contiene el o los principios activos y aditivos necesarios para obtener una emulsión generalmente aceite en agua con un contenido de agua superior al 20%, tienen consistencia blanda y flujo pseudoplástico por su alto contenido acuoso (**Carneiro et al., 2022**). Una crema dermocosmética es una formulación que posee componentes activos que benefician a mantener y proteger a la piel.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la actividad antioxidante de las cremas elaboradas a base del extracto de hojas y raíces de *Plantago major L* y *Buddleja globosa*.

1.2.2. Objetivos específicos

- Extraer los compuestos bioactivos de las dos especies de plantas medicinales.
- Determinar la actividad antioxidante de los extractos obtenidos de raíces y hojas de las especies estudiadas.
- Confirmar la capacidad antioxidante en una crema dermocosmética elaborada a partir del extracto etanólico de la especie con mayor actividad biológica.

1.3. Hipótesis

1.3.1. Hipótesis nula

No existen diferencias significativas en el contenido fenólico del extracto etanólico entre los diferentes tratamientos.

1.3.2. Hipótesis alternativa

Existen diferencias significativas en el contenido fenólico del extracto etanólico entre los diferentes tratamientos.

1.3.3. Variables

1.3.3.1. Variables dependientes

% eficiencia extracción

1.3.3.2. Variables independientes

- Tipos de planta
- Partes de planta

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1. Materiales

El presente trabajo de se llevó a cabo en los laboratorios de la UODIDE de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato. En las **Tablas 3, 4 y 5** se enlistan los equipos, reactivos y material fungible empleados.

Tabla 3

Equipos de laboratorio empleados en el proyecto de investigación

Equipos	Marca	Modelo	Cantidad
Deshidratador por convección	Smart Heat	541650	1
Espectrofotómetro	Fisher Scientific	ACCUSKAN GO	1
Rotoevaporador	Eyela	OSB-2100	1
Balanza analítica	Ohaus	N13M1U	1
Plancha calefactora			1
Refrigeradora	Indurama	N2BE8U	1

Tabla 4

Materiales fungibles de laboratorio empleados en el proyecto de investigación

Material Fungible	Cantidad
Placa de 96 pocillos	2
Vasos de precipitación	10
Probeta (50 mL)	2
Micropipetas (10 – 100 µL, 20 – 200 µL, 100 – 1000 µL)	1
Balón de aforo 25 mL	7
Papel aluminio	1
Papel filtro	1
Tubos eppendorf	15
Paquete de fundas ziplock	1
Gradilla	2
Embudo de vidrio	4

Agitador de vidrio	1
Tubos de ensayo 10 mL	10
Frascos ámbar (30 mL)	12
Espátula	1

Tabla 5

Reactivos de laboratorio empleados en el proyecto de investigación

Material	Cantidad
Solución madre DPPH	0.00591 g
Metanol	150 mL
Agua destilada	3 L
Etanol 70 %	1 L
Reactivo de Folin-Ciocalteu	5 mL
Solución de carbonato de sodio 7 %	1,75 g
Solución madre de ácido Gálico	0.04757 g
Solución de cloruro de aluminio 10 %	2.5 g
Acetato de potasio	1 g
Solución de quercetina	0.05 g
Ácido tánico	0.04757 g
Solución madre Trolox	0.0125 g
Petrolato sólido	8 g
Petrolato líquido	26 mL
Alcohol cetílico	18 g
Sodio Lauril Sulfato	1, 43 g
Propilenglicol	44 mL

2.2. Métodos

2.2.1. Extracción de los compuestos bioactivos de las dos especies de plantas medicinales

2.2.1.1. Obtención y recolección del material vegetal.

Se obtuvo la autorización sin fines comerciales del Ministerio del Ambiente, Agua y Transporte Ecológico (MAATE) (**Anexo 24**), seguido por la recolección de hojas y raíces de las plantas de matico *B. globosa* y llantén *P. major L* en el cantón Cevallos. Las hojas y raíces recolectadas fueron almacenadas en la Unidad Operativa de la Dirección de Investigación y Desarrollo (UOIDE) de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

2.2.1.2. Preparación del material vegetal.

Se llevó a cabo una selección del material vegetal apropiado, descartando tierra, hojas secas o cualquier contaminante mediante una brocha. Luego, se enjuagó con abundante agua destilada. Posteriormente, se secó las hojas en un deshidratador a 40 °C durante 24 horas y las raíces por 48 horas a 50 °C, se trituró y se almacenó en bolsas ziplock (**Jurčević et al., 2024**).

2.2.1.3. Extracción de los compuestos bioactivos

Se utilizó el método de maceración para obtener el extracto etanólico. Se empleó el material vegetal junto con etanol al 70 %, en una proporción de 1:10 (p/v). La mezcla se dejó reposar durante 8 días en un ambiente sin luz, con agitación ocasional. Después de 4 días, se llevó a cabo un cambio de solvente. Al concluir el tiempo estipulado, el producto final se filtró sin afectar la concentración de los compuestos bioactivos y sus propiedades físicas (**Carneiro et al., 2022**).

2.2.1.4. Cuantificación de fenoles totales

La cuantificación de fenoles totales se llevó a cabo utilizando el método modificado de Folin-Ciocalteu. En este proceso, se empleó una placa de 96 pocillos, donde se colocó 100 μ L de extracto concentrado, seguidos de la adición de 4,5 mL de agua destilada y, finalmente, 100 μ L del reactivo Folin-Ciocalteu (**Medda et al., 2021**). La reacción se permitió durante 3 minutos, después de los cuales se agregó 300 μ L de la solución de carbonato de sodio al 7 % (p/v). La reacción se incubó a temperatura ambiente durante 120 minutos en la ausencia de luz. Para concluir, se midió la absorbancia de cada muestra a una longitud de onda de 760 nm. En un tubo con la misma reacción se reemplazó los 100 μ L de extracto etanólico por agua destilada para el blanco. Por otra parte, se generó una curva estándar de calibración, la cual se preparó con soluciones seriadas de ácido gálico (GAE) entre 7,8 a 500 mg/L. La cantidad de fenoles totales se expresó como equivalente de miligramos de ácido gálico por gramo de peso seco de la muestra (mg GAE/g PS) (**Francik et al., 2020**).

2.2.1.5. Cuantificación de flavonoides totales

Para determinar el contenido de flavonoides totales, se empleó el método de cloruro de aluminio. En este proceso, se combinó 500 μ L del extracto concentrado con 1,5 mL de metanol 95%, seguido de 100 μ L de una solución de cloruro de aluminio al 10 % (p/v), también se agregó 100 μ L de acetato de potasio 1M y finalmente se adicionó 2,8 mL de agua destilada. La mezcla se incubó a temperatura ambiente durante 30 minutos. Posteriormente, se midió la absorbancia a una longitud de onda de 415 nm. En un tubo con la misma reacción se reemplazó los 100 μ L de extracto etanólico por agua destilada para el blanco. Se generó una curva estándar de calibración, la cual se preparó con soluciones seriadas de quercetina (QE) utilizando soluciones seriadas de entre 7,8 a 100 mg/L. El contenido de flavonoides totales se expresó como equivalente de miligramos de quercetina por gramo de peso seco de la muestra (mg QE/g PS) (**Rosero et al., 2022**).

2.2.1.6. Cuantificación de taninos totales

La cuantificación de taninos totales es similar a la de fenoles totales, se llevó a cabo utilizando el método modificado de Folin-Ciocalteu. En este proceso, se empleó una placa de 96 pocillos, donde se colocó 100 µL de extracto concentrado, seguidos de la adición de 4,5 mL de agua destilada y, finalmente, 100 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (**Medda et al., 2021**). La reacción se permitió durante 3 minutos, después de los cuales se agregó 300 µL de la solución de carbonato de sodio al 7 % (p/v). La reacción se incubó a temperatura ambiente durante 120 minutos en la ausencia de luz. Para concluir, se midió la absorbancia de cada muestra a una longitud de onda de 700 nm. En un tubo con la misma reacción se reemplazó los 100 uL de extracto etanólico por agua destilada para el blanco. Por otra parte, se generó una curva estándar de calibración, la cual se preparó con soluciones seriadas de ácido tánico (TE) entre 7,8 a 500 mg/L. La cantidad de taninos totales se expresó como equivalente de miligramos de ácido tánico por gramo de peso seco de la muestra (mg TE/g PS (**Francik et al., 2020**)).

2.2.1.7. Determinación de la eficiencia de extracción.

El porcentaje de eficiencia de la extracción (% E.E) se determinó a través de la relación entre la masa de compuestos bioactivos sumados (mcb) y la masa de material vegetal (MV) utilizado, de acuerdo a la siguiente ecuación (**Suryadevara et al., 2018**).

$$\% E.E = \left(\frac{m_{cb}}{MV} \right) * 100$$

Ecuación 1. Porcentaje de eficiencia de extracción.

2.2.1.8. Análisis estadístico

En el análisis estadístico se utilizó el software Minitab, además se elaboró un diseño factorial 2² para determinar la influencia de los compuestos bioactivos en cada parte de las dos plantas

medicinales *P. major* y *B. globosa*, así como su interacción sobre la variable respuesta: concentración de fenoles mg GAE/g PS (% E.E), considerando una diferencia significativa de un valor- $p < 0,05$ (Chaves et al., 2020).

2.2.2. Determinación de la actividad antioxidante de los extractos obtenidos de raíces y hojas de las especies estudiadas.

2.2.2.1. Determinación de la actividad antioxidante con el método del radical 2,2-diphenil-1-1 picrylhydrazyl (DPPH)

Se preparó una solución madre de DPPH (150 μ M), disolviendo 5,9 mg del reactivo en 100 mL de una solución diluyente compuesta por metanol-agua en proporción 80:20. Posteriormente, se protegió la solución de la exposición a la luz y se agitó durante 30-40 minutos para homogeneizarla. Además, se elaboró una solución madre de Trolox (500 μ M) para generar una curva de calibración, disolviendo 0,0125 g del reactivo en 100 mL de una solución metanol-agua en proporción 80:20, seguido de un proceso de agitación para homogeneizar los componentes. A partir de la solución madre, se preparó diluciones hasta llegar a concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400 y 500 ppm (Rosero et al., 2022). En una placa de 96 pocillos se adicionó el blanco, control y el extracto de la siguiente manera:

Blanco: 180 uL de solución de metanol-agua 80/20 (diluyente del DPPH) +20 uL agua destilada

Extracto: 180 uL de solución DPPH + 20 uL extracto diluido

Control: 180 uL de solución DPPH + 20 uL agua destilada

Las mezclas se agitaron vigorosamente y se dejaron reposar a temperatura ambiente en la oscuridad durante 30 minutos, transcurrido este tiempo, se midió la absorbancia de las muestras a 517 nm usando un espectrofotómetro UV-Vis (Nouir et al., 2023). La actividad antioxidante se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de inhibición } dpph = \left[1 - \frac{(A_m - A_b)}{A_c - A_b} * 100 \right]$$

Ecuación 2. Porcentaje de inhibición DPPH.

2.2.2.2. Elaboración de la curva de calibración

La capacidad antioxidante se determinó respecto al porcentaje de inhibición del radical DPPH empleando la ecuación descrita anteriormente. Mediante la construcción de una curva de calibración con Trolox se estableció los resultados y se expresaron en unidades de mg Trolox E/g PS (**Nouir et al., 2023**). Para la elaboración de la curva estándar se utilizó una solución madre de Trolox y se preparó diluciones hasta llegar a concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400 y 500 ppm (**Rosero et al., 2022**).

2.2.3. Evaluación de la actividad antioxidante en una crema dermocosmética preparada con el extracto de la especie con mayor actividad.

2.2.3.1. Elaboración de la crema dermocosmética

Previo la elaboración de la crema, se evidenció el extracto con mayor contenido antioxidante, después se llevó el extracto a rotaevaporar durante 20 minutos con una temperatura de 55 °C y una velocidad de 120 rpm. A continuación, se conservó el concentrado en un frasco ambar rotulado.

En un vaso de precipitación de 250 mL para componentes oleosos, se combinó 26 mL de petrolato líquido, 18 g de alcohol cetílico y petrolato sólido a una temperatura de 70 °C. Simultáneamente, en otro recipiente para los componentes acuosos, se procedió a combinar 44 mL de agua destilada, 44 mL de propilenglicol y 1.43 g de Sodio lauril sulfato a una temperatura de 75 °C. (**Morais et al., 2023**).

En el recipiente, que contenía los componentes oleosos, se incorporó la mezcla fundida en el recipiente de componentes acuosos, batiendo constantemente con un batidor sin bajar la velocidad. Por otra parte, al bajar la temperatura de la crema se agregó el extracto con mayor contenido de compuestos bioactivos sin bajar la velocidad. Finalmente, se dejó enfriar antes de su posterior análisis **(Morais et al., 2023)**.

2.2.3.2. Determinación de la actividad antioxidante con el método del radical *2,2-diphenil-1-1 picrylhydrazyl* (DPPH)

Se procedió a determinar la capacidad antioxidante del estudio mediante la aplicación de la metodología establecida en el apartado 2.2.2.1. con la modificación de la crema sin extracto como control.

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Extracción de los compuestos bioactivos de las dos especies de plantas medicinales.

El proceso de obtención de compuestos bioactivos de las hojas como raíces del matico y llantén se llevó a cabo mediante la técnica de maceración tradicional, en donde se determinó el % de eficiencia de extracción, presentando un valor de 1.593 % en la hoja de matico (**Anexo 16**), en comparación con raíces de ambas plantas y hojas de llantén presentando un valor de 0.921%. En un estudio presentado por **Hasni et al. (2021)** compararon los métodos de maceración y extracción asistida por ultrasonido para la obtención de extractos con un alto índice de fenoles de la especie *Piper*, evidenciando que maceración es menos eficiente que el método de ultrasonido. Este descubrimiento según **De Boni & Brandini (2023)** se debe a la influencia de diferentes factores como el tiempo de extracción, temperatura, agitación entre otros. De este modo, se eligió el método por maceración tradicional tomando en cuenta parámetros que mejoren el rendimiento de extracción como agitación, temperatura y un tiempo de 8 días.

Los disolventes más utilizados para la extracción de compuestos bioactivos de material vegetal incluyen metanol, etanol, agua y acetona. No obstante, su selección es importante considerando aspectos como selectividad, solubilidad y un valor de polaridad semejante a la del soluto y ofrezca un mayor rendimiento según las leyes de similitud y su integración (**Nilamsari et al., 2023**). En el presente estudio se hizo uso de etanol al 70% como disolvente, debido a su polaridad, teniendo la capacidad de extraer una amplia gama de compuestos polares y no polares, por ejemplo, compuestos polifenólicos, lípidos, terpenoides, ácidos grasos y entre otros (**Lee et al., 2024**). En un estudio realizado por **Yan et al. (2022)**, se ha confirmado que el uso de disolventes alcohólicos entre ellos el etanol permite extraer componentes fenólicos debido a su solubilidad como disolvente neutro, además posee propiedades antimicrobianas que minimizan la contaminación y ayuda a la preservación de los extractos.

La cuantificación de los componentes fenólicos totales (TPC) presentes en los extractos de las raíces como hojas de llantén y matico, se establecieron de acuerdo a la ecuación de regresión

lineal $y = 0.001x + 0.0651$ en función de la curva estándar de calibración de ácido gálico, además un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9957$ (**Anexo 5**). Los resultados de TPC se evidencian en la **Tabla 6**, en donde se expresan como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramo de muestra en peso seco (mg GAE/g PS).

Tabla 6

Concentración de TPC de los extractos de raíces y hojas de matico y llantén

Tratamientos	Concentración de Etanol	Tiempo de extracción	Relación masa: Disolvente	TPC (mg GAE/g PS)
Matico hoja	70%	8 días	1:10	15.930 ± 1.375
Llantén hoja	70%	8 días	1:10	9.209 ± 1.108
Matico raíz	70%	8 días	1:10	2.400 ± 0.026
Llantén raíz	70%	8 días	1:10	2.682 ± 0.182

Nota. TPC, compuestos fenólicos totales. Los resultados obtenidos representan el promedio de cada tratamiento ± la desviación estándar

De acuerdo a la **Tabla 6**, el resultado con mayor contenido de TPC presentó la hoja de matico 15.930 mg GAE/g PS a diferencia de los otros tres tratamientos, este valor tiene relación con lo reportado por **Paucar et al. (2021)**, en donde emplea la misma técnica de extracción por maceración obteniendo una concentración de 24,89 mg GAE/g PS. La variación entre ambos resultados se debe específicamente a factores como el tiempo de extracción de compuestos bioactivos, una temperatura controlada, agitación asistida, además factores ambientales que afectan a al contenido fenólico de la diversidad botánica como la altitud, estrés hídrico, irradiación solar, entre otros. Estos factores son importantes, debido a su impacto directo en la eficiencia del proceso como en la preservación de la estabilidad de los compuestos (**Solar et al., 2022**).

En un estudio realizado por **Araya et al. (2022)** se empleó un método diferente de extracción en la misma planta como Soxhlet obteniendo un valor de 132,7 mg GAE/g PS siendo significativamente mayor al reportado a este estudio, un factor importante que se atribuye a esta diferencia en los resultados podría ser el tipo de disolvente para la extracción, en este estudio se hizo uso de metanol, así como la selección del método de extracción. No obstante, este tipo de disolvente podría ser más efectivo en la extracción de compuestos polares y presentar una solubilidad mayor que el etanol, aunque se considera importante su precaución en su uso por su alta volatilidad y riesgo a la seguridad del medio ambiente (**Bouhzam et al., 2023**).

Por otra parte, las hojas de llantén presentaron un contenido fenólico de 9.209 mg GAE/g PS presentado en la **Tabla 6**. Sin embargo, **Laanet et al. (2024)** reportaron un valor de TPC de 19,7 mg GAE/g PS siendo un resultado mayor que del presente estudio. Es de relevancia mencionar que los autores emplearon una metodología no convencional basada en ultrasonido empleando como disolvente etanol 60% y durante un tiempo corto. En cambio, **Bâldea et al. (2023)** empleó una extracción por maceración utilizando una mezcla de etanol y agua obteniendo un valor de 5.07 mg GAE/g PS, esto puede atribuirse al tipo de disolvente, temperatura y tiempo de extracción sin alterar de manera significativa los componentes bioactivos del llantén, siendo un factor a tomar en cuenta en los métodos de extracción. Por lo tanto, es posible afirmar que las hojas tanto de llantén como de matico poseen un contenido considerable de compuestos fenólicos.

Según los resultados obtenidos en este estudio, revelaron que el contenido total de fenoles en el extracto de raíces de llantén fue significativamente mayor que en el extracto de raíces de matico. Sin embargo, la composición cuantitativa y cualitativa de fenoles en raíces difiere a la de las partes aéreas como son hojas, tallos y flores, lo que resalta el menor contenido de fenoles en raíces de ambas plantas que zonas superiores de la planta (**Dey & Raychaudhuri, 2023**). Además, **Tarasevičienė et al. (2023)** mencionan que el contenido de fenoles en los extractos de raíces de plantas medicinales está influenciado por diversos factores, como son el tipo de disolvente alcohólico, concentración, tiempo del método de extracción por maceración y la relación sólido-líquido. En este estudio, además se demostró que utilizar etanol al 96% y un tiempo de maceración de 3 días produjo un bajo contenido de fenoles obteniendo un TPC de 1,43 mg GAE/g PS. Asimismo, se demostró que el uso de etanol 70% fue más eficiente para la extracción de fenoles.

Tabla 7
Concentración de TFC de los extractos de raíces y hojas de matico y llantén

Tratamientos	Concentración de Etanol	Tiempo de extracción	Relación masa: Disolvente	TFC (mg QE/g PS)
Matico hoja	70%	8 días	1:10	2.577 ± 0.025
Llantén hoja	70%	8 días	1:10	2.319 ± 0.072
Matico raíz	70%	8 días	1:10	0.358 ± 0.0041
Llantén raíz	70%	8 días	1:10	0.657 ± 0.083

Nota. TFC, contenido total de flavonoides. Los resultados obtenidos representan el promedio de cada tratamiento ± la desviación estándar.

La cuantificación del contenido total de flavonoides (TFC) presentes en los extractos de raíces como hojas de llantén y matico, se establecieron de acuerdo a la ecuación de regresión lineal $y = 0.0076x + 0.0918$ en función de la curva estándar de calibración de quercetina. Además, un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9924$ (**Anexo 8**). Los resultados de TFC se evidencian en la **Tabla 7**, en donde se expresan como miligramos equivalentes de quercetina por gramo de muestra en peso seco (mg GAE/g PS).

El contenido de flavonoides totales de las hojas de matico y llantén, presentado en la **Tabla 7** presentan resultados de 2.577 y 2.319 mg QE/g PS respectivamente, estos valores se encuentran dentro del rango de aceptación. En un estudio realizado por **Yarleque et al. (2023)**, de igual manera utilizaron el método de extracción por maceración, empleando etanol 96% como disolvente, obteniendo los siguientes resultados 0,73 y 0.30 mg QE/g PS respectivamente de cada planta. Por lo tanto, es posible afirmar que ambas plantas medicinales poseen un contenido de flavonoides eficiente, ya que al usar disolventes de mayor concentración durante un tiempo prolongado provocan la degradación de diversos flavonoides como la *acacetina*, *apigenina*, *quercitina*, entre otros (**Ore et al., 2021**).

Acorde a lo mencionado en la investigación de **Ying & Wan (2012)** mencionan que los flavonoides constantemente se disuelven fácilmente en etanol o una mezcla acuosa de etanol y agua, gracias a los numerosos grupos hidroxilo. Además, otro factor significativo fue el tiempo de extracción, esta relación entre ambos factores presentó una concentración de flavonoides de 3.7 mg QE/g PS debido a una menor concentración de etanol 50% y un tiempo de extracción de 60 min. Los resultados obtenidos del presente estudio presentan valores menores a los referenciados. Sin embargo, se puede atribuir que las hojas de ambas plantas seleccionadas son de diferentes especies, establecidos en la localidad ecuatoriana, a diferencia de las especies de otros países reportadas por los autores **Usman et al. (2022)**. Por lo tanto, estos resultados muestran concordancia, considerando las variaciones de las especies y aspectos implicados en la extracción de flavonoides.

Por otra parte, el contenido de flavonoides en las raíces de matico y llantén presentaron los siguientes valores respectivamente: 0.358 y 0.657 mg QE/g PS, esta disminución de TFC puede explicarse porque en las raíces hay menor cantidad de compuestos bioactivos que las hojas. Además, según menciona **Madaan et al. (2011)** que el uso de disolventes alcohólicos como metanol podrían afectar la calidad de flavonoides, además como factores climáticos. Además, en

este estudio se determinó un valor aproximadamente de 1.61 mg QE/g PS en la planta de matico, la diferencia en los valores de TPC se deben al tipo de extracción y sobre todo el estado físico de la planta de matico y llantén. De esta forma, se puede afirmar la influencia de aspectos como la calidad de la planta, condiciones del suelo y clima en los resultados de TFC (Shang et al., 2023).

Tabla 8

Concentración de TTC de los extractos de raíces y hojas de matico y llantén

Tratamientos	Concentración de Etanol	Tiempo de extracción	Relación masa: Disolvente	TTC (mg TAE/g PS)
Matico hoja	70%	8 días	1:10	10.770 ± 0.418
Llantén hoja	70%	8 días	1:10	7.944 ± 0.317
Matico raíz	70%	8 días	1:10	1.423 ± 0.018
Llantén raíz	70%	8 días	1:10	3.331 ± 0.070

Nota. TTC, contenido total de taninos. Los resultados obtenidos representan el promedio de cada tratamiento ± la desviación estándar.

La cuantificación del contenido total de taninos (TTC) presentes en los extractos de raíces como de hojas de llantén y matico, se establecieron de acuerdo a la ecuación de regresión lineal $y = 0.0007x + 0.0568$ en función de la curva estándar de calibración de ácido tánico, además un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9923$ (Anexo 11). Los resultados de TTC se evidencian en la **Tabla 8**, en donde se expresan como miligramos equivalentes de quercetina por gramo de muestra en peso seco (mg TAE/g PS).

El contenido de taninos totales de hojas de matico y llantén, evidenciados en la **Tabla 8** alcanzando valores de 10.770 y 7.944 mg TAE/g PS, respectivamente, evidenciando un mayor contenido en las hojas de matico en comparación con la de llantén. Estos resultados concuerdan con lo observado por **Nina et al. (2024)**, quienes encontraron un contenido de 15.65 mg TAE/g PS en el extracto de hojas de *B. saligna*. Además, otros estudios realizados por **Anjum et al. (2024)** mostraron un contenido 3.99 mg TAE/g PS, destacando la presencia de diferentes disolventes entre sus extractos como etanol y metanol, donde varia la concentración en los resultados de esta especie medicinal. Estos autores destacan que la selección del método de extracción es fundamental para la extracción de metabolitos y compuestos termolábiles. Así como la calidad de la planta, concentración de etanol u otro disolvente y agitación en el proceso de extracción influyen en la obtención de la cantidad de taninos totales.

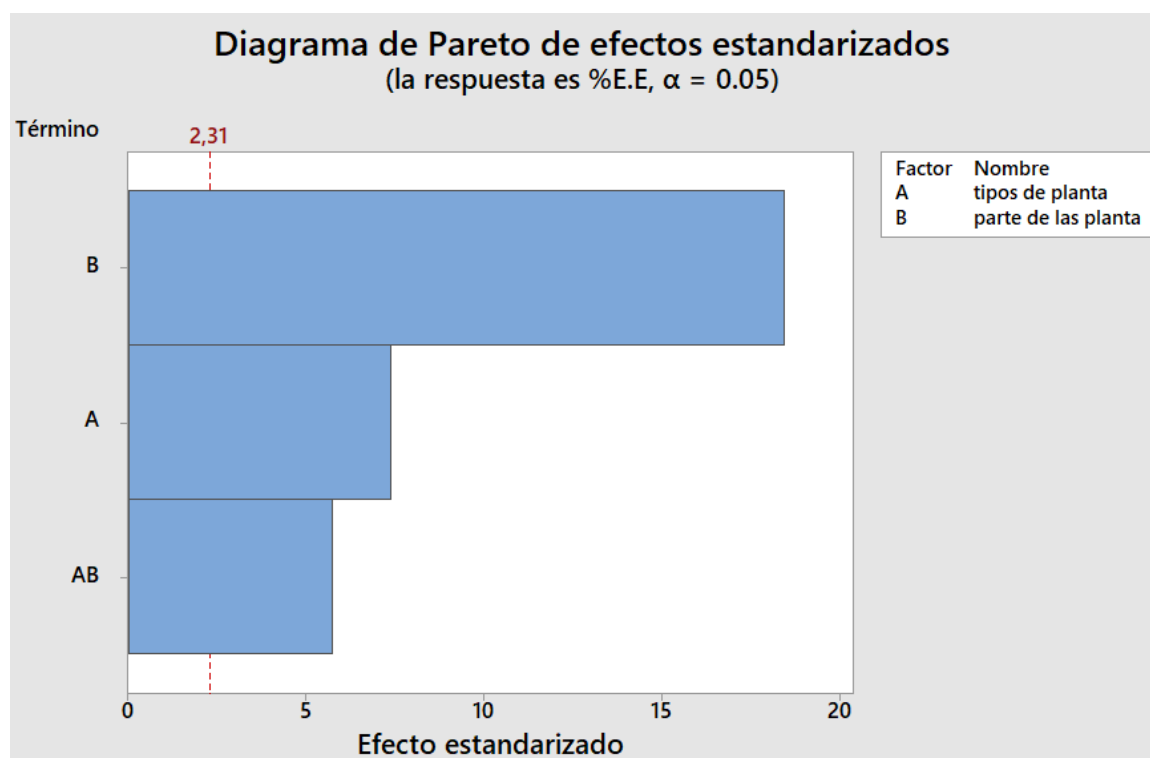
Por otro lado, la raíz de llantén obtuvo un mayor contenido de taninos que la raíz de matico, estos hallazgos son consistentes con los estudios previos, como los de **Della et al. (2022)**, que observaron que *P. lanceolata* posee mayor cantidad de compuestos bioactivos como aucubina y acteósido, entre otros metabolitos secundarios fitoquímicos. Se presenta una diferencia significativa entre los taninos de hojas y raíces por diferentes factores climáticos, tipo de planta u otros. Sin embargo, otros tipos de compuestos poseen una mayor cantidad de contenido en las raíces que en las hojas como son los lípidos (**Laanet et al., 2024**). No obstante, se necesitan más investigaciones para la identificación de diferentes compuestos de esta planta y determinar el potencial de su uso en el área de la salud.

3.1.1.1. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% (**Anexo 17**), evidenciando que los factores tienen incidencia sobre la concentración de fenoles mg GAE/g PS (% E.E), es decir, que el contenido fenólico presente en los extractos depende de los tipos de plantas y partes de plantas, siendo ambos factores estadísticamente significativos debido a que presentan un valor-P menor a 0.05 con un nivel de significancia del 95%.

Figura 4

Diagrama de Pareto de efectos estandarizados para el TPC en los extractos de ambas plantas.

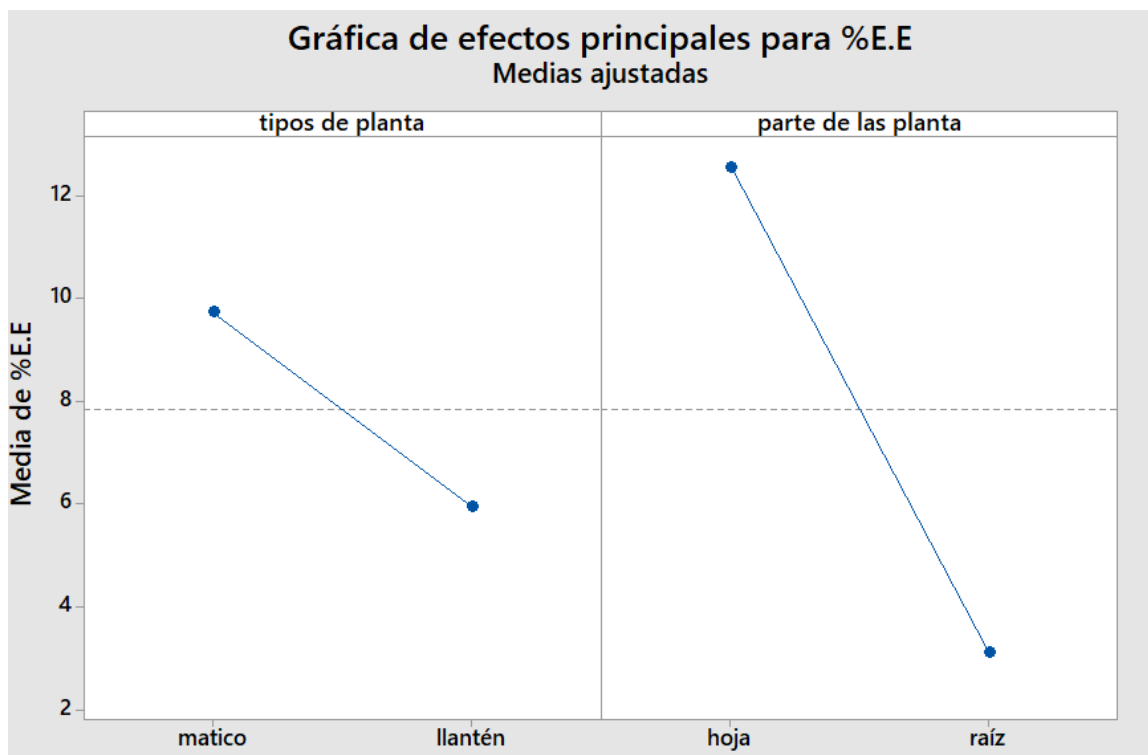


Nota. A: Tipos de planta, B: partes de las plantas. Las barras horizontales reportan que los factores e interacciones que sobrepasan la línea de referencia o umbral, presentan una incidencia significativa sobre el % de E.E.

De acuerdo con la **Figura 4**, se presenta que el factor más relevante es la parte de la planta (B), ya que su efecto estandarizado supera significativamente el valor crítico (2.31). Por lo tanto, el porcentaje de extracción de compuestos bioactivos depende principalmente de la parte de la planta utilizada, seguido por el tipo de planta, mientras que la interacción entre estos factores no influye de manera significativa en los resultados.

Figura 5

Gráfica de efectos principales para el % de eficiencia de extracción de ambas plantas.



Nota. Influencia en el % de eficiencia de extracción según tipos de planta y partes de plantas. Ambos niveles de partes de plantas afectaron considerablemente para el % de eficiencia de extracción de fenoles en los extractos.

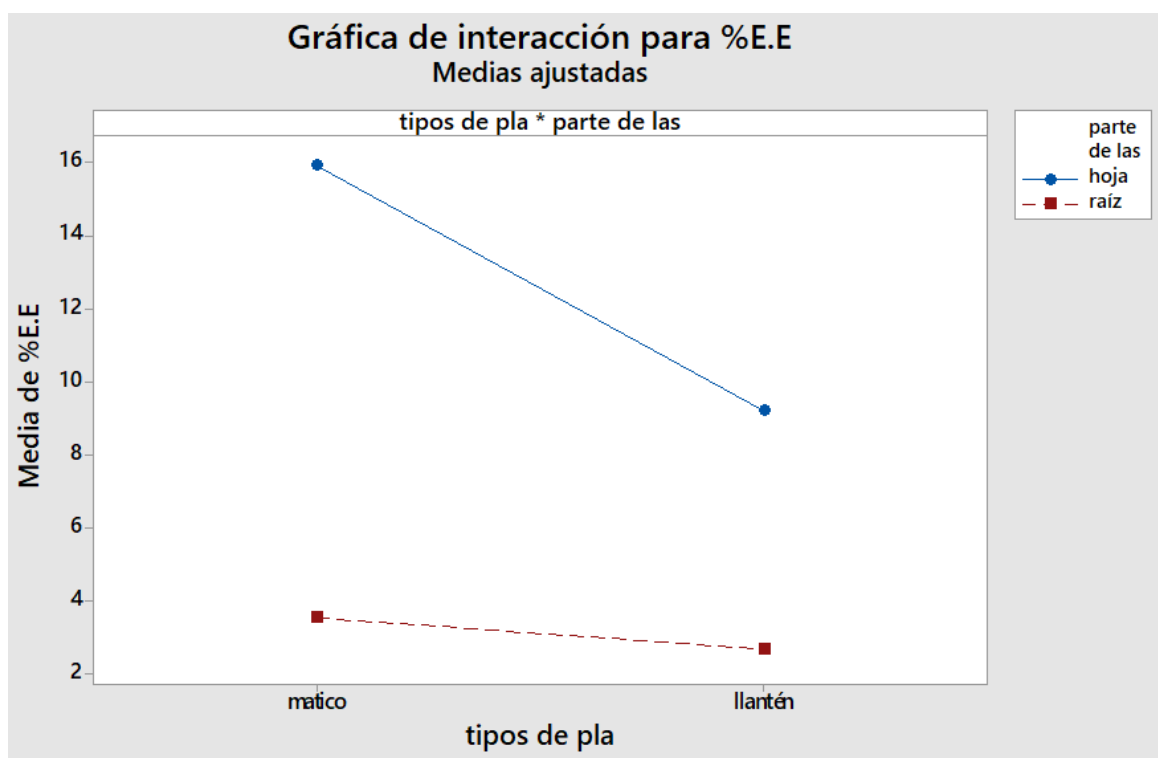
En lo que respecta a la **Figura 5**, se evidencian los efectos principales de cada factor, destacándose que, en relación con los tipos de planta, el matico obtuvo un mayor contenido fenólico en comparación que el llantén. Comparando con estudios previos, este resultado coincide con lo reportado por **Barthwal & Mahar (2024)**, que *P. major* se atribuye por su gran contenido de componentes fitoquímicos como polisacáridos, lípidos, derivados del ácido cafeico, flavonoides ofreciendo capacidades antioxidantes, antiinflamatorias, entre otras, en comparación de otras plantas medicinales. Según **Anaya et al. (2023)**, mencionan que en su investigación determinaron que *B. globosa* posee una mayor concentración de fenoles totales estadísticamente significativa debido a factores como la época de recolección de matico en verano siendo de mayor preferencia. A su vez, **Paucar et al. (2021)** agregan que en diversas especies de *Buddleja* es posible encontrar diversos compuestos bioactivos en el material vegetal fresco y seco, siendo gran interés esta especie en el área farmacológica y base de suplementos, además muchos compuestos bioactivos

poseen simplicidad en su detección y extracción. Por ende, la mejor planta con mayor contenido de compuestos bioactivos se obtuvo en el matico.

En base a la **Figura 5**, se muestra un mayor contenido de compuestos bioactivos en las hojas que las raíces. Según **Taïpe et al. (2023)** las hojas poseen un alto índice de componentes bioactivos que incluyen combinaciones complejas de metabolitos secundarios, de igual manera propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, entre otras. De acuerdo con las investigaciones de **Nunes et al. (2020)** y **Nguyen et al. (2020)** los extractos de las hojas poseen múltiples usos para el tratamiento de enfermedades, sobre todo de carácter inflamatorio beneficiando a reprimir la producción de mediadores inflamatorios, por ende, los extractos de hojas poseen el potencial de ser un agente terapéutico eficiente para el control del estrés oxidativo y la inflamación.

Figura 6

Gráfica de interacciones para el % de eficiencia de extracción de ambas plantas.



Nota. Impacto generado por la interacción de los factores sobre el % de eficiencia de extracción en fenoles. Interacción de hojas y raíces con matico y llantén. La hoja con matico es la mejor interacción que las otras combinaciones.

De acuerdo con la **Figura 6**, se puede afirmar que, a través de los factores y niveles estudiados, la combinación que permitió obtener un extracto con mayor contenido de TPC y % de eficiencia

de extracción fue la interacción entre las hojas de la planta de matico (*B. globosa*), verificando de esta manera los resultados presentados en la **Tabla 6**. Por otra parte, es importante indicar que se podrían alcanzar resultados prometedores al utilizar condiciones cercanas a los valores que permitieron obtener una mayor eficiencia sobre el % de eficiencia de extracción.

3.1.2. Determinar la actividad antioxidante de los extractos obtenidos de raíces y hojas de las especies estudiadas.

El método utilizado para la determinación de la actividad antioxidante de los extractos de hoja de matico y llantén, fue el ensayo 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), siendo uno de los métodos más sencillos para los perfiles antioxidantes, empleado mayormente en al área farmacéutica y alimentaria, además de otorgar resultados eficientes para compuestos fenólicos que reaccionan con los radicales libres y evitar el estrés oxidativo (Gulcin & Alwasel, 2023).

En la **Tabla 9** se presentan los resultados tanto del porcentaje de inhibición de DPPH, así como los equivalentes de Trolox, empleando la ecuación de regresión lineal $y = 0.1561x + 4.5179$, presentando un coeficiente de determinación $R^2 = 0.9961$ de la curva estándar de calibración de Trolox (**Anexo 21**).

Tabla 9

Actividad antioxidante proveniente de los extractos de hojas de llantén y matico con mayor contenido fenólico.

Tratamientos	Relación masa: Disolvente	% inhibición de DPPH	μmol Eq. Trolox/g
Matico hoja	1:10	80.76±0.399	12.463 ± 0.067
Llantén hoja	1:10	78.40±0.841	11.070 ± 0.122

Nota. Resultados expresados como media ± desviación estándar.

El resultado de la concentración equivalente de Trolox, presente en el extracto de hojas de matico obtuvo un valor de 12.463 μmol Eq. Trolox/g; según la **Tabla 9**, en donde, se muestra una alta actividad antioxidante. En una investigación realizada por Cuadros et al. (2023) presenta una capacidad antioxidante de 8.10 μmol Eq. Trolox/g, pues en su investigación se estimó que en el

extracto de hojas de matico contiene hidrocarburos monoterpénicos en un índice mayor en su composición que afectan a la capacidad antioxidante. Otros autores como **Nina et al. (2024)** reportaron valores entre 11.66 y 23.62 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g}$ para especies de la misma familia, siendo valores cercanos al encontrado en el presente estudio. De acuerdo con **Zamorano et al. (2020)** la diferencia de los resultados está relacionado a factores ambientales como su origen de recolección, además una baja actividad antioxidante de esta planta puede atribuirse en parte a las variaciones del clima, suelo.

Además, el valor obtenido en este estudio es inferior al evidenciado por **Paucar et al. (2021)** cuya actividad antioxidante alcanzó valores de 23.62 y 72.84 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g}$, pues en este estudio es importante mencionar que las hojas de *B. globosa* fueron recolectadas en primavera y verano debido a que tienden a tener una mayor actividad antioxidante. Así mismo, es relevante el uso del mismo método de extracción (maceración) para el análisis de la actividad antioxidante, no obstante, la diferencia de los valores se atribuye a la composición fenólica de cada extracto, cabe mencionar que factores como la prolongación del tiempo de extracción y el uso de disolventes como metanol y etanol permiten obtener un mayor contenido fenólico y por ende una mayor concentración equivalente de Trolox (**Backhouse et al., 2008**).

Por otra parte, en la investigación realizada por **Cuadros et al. (2023)**, reportaron un valor de 64.16 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g}$, al emplear el método FRAP en el extracto de hojas de matico, siendo un resultado superior al obtenido en el presente estudio. Esta diferencia entre los resultados de ambos estudios puede estar vinculado con la selección del ensayo para la evaluación de la capacidad antioxidante, en donde este método FRAP se caracteriza por actuar como reductor (**Spiegel et al., 2020**). A pesar que este ensayo es efectivo en la evaluación de la capacidad reductora, no podría reflejar totalmente la actividad antioxidante total de un extracto como lo hace el ensayo de DPPH presentado un resultado menor, aunque se considera eficiente; según la **Tabla 9**, debido a que FRAP no identifica compuestos con otros mecanismos antioxidantes por ejemplo la quelación de metales o neutralización de radicales (**Sadeer et al., 2020**).

El resultado del porcentaje de inhibición del radical DPPH presente en el extracto etanólico de la hoja de matico fue 80.76 %, indicando que los compuestos fenólicos que se pudieron recuperar de las hojas presentaron una alta actividad antioxidante. Este resultado es similar al registrado por **Ingaroca et al. (2018)**, en este estudio se evidenció que el extracto de hojas de matico obtuvo una inhibición del radical de DPPH de 81.03%. De igual manera, **Letelier et al. (2008)** obtuvieron un

porcentaje de inhibición de 64.7 % extraídos de las hojas de *B. globosa*, este resultado se atribuye al tipo de disolvente empleado en la obtención de extractos fenólicos del matico.

Por otra parte, el porcentaje de inhibición (DPPH) en el extracto de la hoja de llantén fue de 78.40, reportando un menor contenido de compuestos antioxidantes a diferencia del extracto de las hojas de matico, aunque de igual manera presenta una alta actividad antioxidante. Según **Verhulst et al. (2023)**, en su investigación se evidenció resultados del % de inhibición 80.94% y 70.85%, ligeramente mayor al presentado en el estudio. Sin embargo, es importante mencionar que los autores utilizaron el mismo método de extracción por maceración, variando solo en el tipo de disolvente de etanol y agua, de esta manera el resultado del estudio presenta una confiabilidad de acuerdo al contenido aceptable de componentes fenólicos y su potencial antioxidante de esta especie (**Hernández et al., 2022**).

En cuanto a la concentración equivalente de Trolox, presente en el extracto de hojas de llantén, se registró un valor de 11.070 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g}$, siendo un resultado inferior al reportado por **Dong et al. (2020)** cuyo valor alcanzó una actividad antioxidante 12.520 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g PS}$. Como se evidencia, esta diferencia entre los resultados presentados está relacionados a factores como la selección de solventes por su amplio rango de polaridades que permiten el fraccionamiento de los componentes como el uso del acetato de etilo y metanol. En particular, los extractos metanólicos suelen mostrar un alto índice de eliminación de radicales DPPH en comparación con otros disolventes alcohólicos, debido a la solubilidad de compuestos fenólicos. No obstante, este disolvente conlleva un riesgo potencial de toxicidad, a pesar de sus beneficios su presencia en extractos podría presentar un riesgo sin un manejo adecuado (**Bahadori et al., 2020**).

Autores como **Masumbu et al. (2023)** reportaron valores entre 82.15 y 123.86 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g}$, siendo valores considerablemente mayores al obtenido en el presente estudio. Es importante mencionar que estos resultados altos podrían deberse a la presencia de antioxidantes no fenólicos como carotenoides, vitamina C, pigmentos y entre otros que además pueden extinguir los radicales libres. Según mencionan **Yu et al. (2022)** que las altas concentraciones antioxidantes se atribuyen a la presencia de fitoquímicos antioxidantes bioactivos en los extractos de hojas de la planta de llantén que actúan de manera conjunta en la eliminación de los radicales DPPH.

Conforme con lo reportado en las investigaciones mencionadas, se puede deducir que el extracto de hojas de matico presenta una alta actividad antioxidante que el extracto etanólico del llantén, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio. Asimismo, se observa en los resultados de la medición de la actividad antioxidante realizada en este estudio demostró diferencias notables en comparación con los trabajos de otros autores. Este hecho podría estar relacionado con factores como la ubicación geográfica de las plantas de matico y llantén, diferentes especies analizadas, condiciones climáticas, métodos de extracción, selección de disolventes y ensayos para la medición de la capacidad antioxidante (Drăghici-Popa et al., 2023).

3.1.3. Confirmar la capacidad antioxidante en una crema dermocosmética elaborada a partir del extracto etanólico de la especie con mayor actividad biológica.

Tabla 10.

Actividad antioxidante de la crema a base del extracto de hojas de matico

Tratamientos	Relación masa: Disolvente	% inhibición de DPPH	μmol Eq. Trolox/g
Matico hoja	1:10	35.580±3.117	7.694±1.267

Nota. El resultado representa la media de tres réplicas ± desviación estándar.

Como se observa en la **Tabla 10**, la capacidad antioxidante de la crema dermocosmética fue evaluada, obteniendo un porcentaje de inhibición del 35.6%. Este resultado evidencia que la formulación posee actividad antioxidante, aunque en menor medida en comparación con un estudio realizado en Chile por **Backhouse et al. (2008)**, donde se analizó una crema de uso tópico elaborada con compuestos naturales, la cual presentó un porcentaje de inhibición del 59%. Este contraste en los resultados podría atribuirse a diferencias en la composición de los ingredientes activos, las concentraciones utilizadas o las metodologías empleadas en los ensayos. Estos hallazgos no solo destacan el potencial de la crema evaluada, sino que también refuerzan el uso tradicional de *B. globosa* en productos dermocosméticos, conocida por sus propiedades beneficiosas para la piel, como la protección contra el estrés oxidativo y el envejecimiento prematuro.

La cantidad de antioxidante obtenida en el presente estudio, utilizando *B. globosa*, fue de 7,694 μmol equivalentes de Trolox, medida mediante el método DPPH. En contraste, un estudio

realizado por **Arguedas et al. (2022)** evaluaron la capacidad antioxidante de una crema elaborada con *Piper elongatum*, obteniendo un valor de 163.919 μM equivalentes de Trolox empleando el mismo método. Las diferencias en los valores observados podrían atribuirse a diversos factores, como la composición química inherente a cada especie vegetal, las condiciones específicas empleadas para la extracción de los compuestos antioxidantes.

Además, en la **Tabla 10** se demostró que los antioxidantes disminuyeron un 40% durante el periodo de su elaboración. De acuerdo con **Tan et al. (2022)** los antioxidantes son compuestos cuya composición podría diferir dependiendo diversos factores que los deterioran como el periodo de almacenamiento de la muestra vegetal, exposición de oxígeno y luz, variaciones en el pH. Por esta razón, no logra mantener una estabilidad de los componentes que contiene, debido a que las condiciones en las que se procesan los componentes de la crema no siempre son ideales para mantener constante la concentración equivalente de Trolox. En el estudio realizado por **Imamović et al. (2021)**, se encontró que la cantidad de antioxidantes de una crema a base de una planta medicinal disminuye después del tiempo de elaboración de un producto dermocosmético, así como de la exposición a la luz.

Además, en la elaboración del producto dermocosmético (**Anexo 23**) y concentrado de las hojas de matico (**Anexo 22**), los antioxidantes disminuyeron alrededor de un 20% del contenido del extracto etanólico inicial. Este efecto es similar al presentado por **Salem et al. (2022)** en donde mencionan que la reducción de los componentes antioxidantes se produjo debido a que, durante el desarrollo de la crema, se aplicó una temperatura alrededor de los 70°C , siendo un factor en la degradación de los componentes fenólicos. Así mismo, el almacenamiento fue un factor importante en la degradación, esta crema fue almacenada a una temperatura de entre 18°C y 22°C , observando una degradación a una temperatura un poco mayor.

Conforme al estudio realizado por **Mapoung et al. (2021)**, al analizar la actividad antioxidante del extracto etanólico de las hojas de matico se encuentra dentro del rango de aceptación según lo reportado con un contenido antioxidante de 11.047 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g}$. Cabe destacar que la influencia de estos resultados se debe a los tipos de disolventes empleados, los resultados obtenidos tendrán una diferencia significativa, es tal como mencionan **Kanak et al. (2022)**, concluyendo en su estudio que los mejores disolventes para la extracción de metabolitos secundarios corresponderían a los hidroalcohólicos como etanol y mezclas acuosas, esto permite concluir, con base en lo mencionado anteriormente, que los componentes utilizados tanto para la

extracción y la elaboración de la crema, no facilita de manera eficiente una mayor extracción de componentes con actividad antioxidante. Sin embargo, se mantiene como una opción adecuada para la elaboración y determinación de productos cosméticos.

3.2. Verificación de hipótesis

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Se concluye que los resultados confirman diferencias significativas en el contenido fenólico del extracto etanólico, influenciadas principalmente por el tipo de planta y la parte utilizada.

CAPITULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La maceración tradicional utilizando etanol al 70% resultó ser eficaz en la extracción de compuestos bioactivos de las hojas y raíces de matico y llantén. Los resultados de compuestos fenólicos totales (TPC) fueron significativamente altos, destacando las hojas de matico con un valor de 15.930 ± 1.375 mg GAE/g PS. A pesar de que la extracción asistida por ultrasonido muestra una mayor eficiencia, la maceración tradicional con un tiempo de 8 días y una relación de masa: disolvente de 1:10 sigue siendo una opción rentable y efectiva.
- Las hojas de matico presentaron el mayor contenido de compuestos bioactivos, con 15.930 ± 1.375 mg GAE/g PS de TPC, 2.577 ± 0.025 mg QE/g PS de TFC, y 10.770 ± 0.418 mg TAE/g PS de TTC. En comparación, las hojas de llantén mostraron 9.209 ± 1.108 mg GAE/g PS de TPC, 2.319 ± 0.072 mg QE/g PS de TFC y 7.944 ± 0.317 mg TAE/g PS de TTC. Las raíces de ambas plantas tuvieron menores concentraciones de compuestos bioactivos, destacando que las raíces de llantén tuvieron más taninos que las de matico.
- La variabilidad en los resultados de la extracción puede ser atribuida a factores como el tipo de disolvente, la temperatura y el tiempo de extracción. Un análisis estadístico mostró que la parte de la planta (hojas frente a raíces) tuvo un impacto significativo sobre la eficiencia de extracción. El contenido fenólico en las hojas de matico fue el más alto, con un valor de 15.930 ± 1.375 mg GAE/g PS, superando considerablemente al de las raíces de matico (2.400 ± 0.026 mg GAE/g PS). Esta diferencia resalta la importancia de considerar qué parte de la planta se utiliza para maximizar la extracción de compuestos bioactivos.
- Los resultados muestran que el extracto de hojas de matico tiene una mayor actividad antioxidante que el extracto de llantén, con un porcentaje de inhibición de DPPH de 80.76% frente al 78.40% del llantén. Además, el contenido fenólico del matico es más

alto, alcanzando 12.463 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g}$ en comparación con los 11.070 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g}$ del llantén. Esto indica que el matico tiene un mayor potencial antioxidante, posiblemente debido a su mayor concentración de compuestos fenólicos.

- Las diferencias en la actividad antioxidante observada entre los estudios de matico y llantén pueden ser explicadas por varios factores, como el tipo de disolvente utilizado, el tiempo de extracción, las condiciones climáticas y la ubicación geográfica. Por ejemplo, el uso de disolventes como metanol o etanol puede influir en la extracción de compuestos fenólicos y, por ende, en la capacidad antioxidante de los extractos.
- La formulación dermocosmética mostró un 35.6% de inhibición del radical DPPH y 7.694 $\mu\text{mol Eq. Trolox/g}$, reflejando la reducción de un 40% en los antioxidantes respecto al extracto inicial debido a factores como las condiciones de su procesamiento y almacenamiento. Estos resultados, aunque inferiores a estudios similares, destacan el potencial del matico como ingrediente activo para el cuidado de la piel.

4.2. Recomendaciones

- Emplear soluciones acuosas como disolventes en la extracción por maceración con el fin de maximizar la recuperación de compuestos polifenólicos.
- Incorporar un factor y un nivel en el diseño estadístico analizado en la extracción de fenoles para una solidez de los resultados.
- Comprobar la estabilidad, eficacia y seguridad en la crema dermocosmética, mediante estudios de vida útil y brindar un análisis más detallado.
- Determinar la actividad antioxidante de los extractos mediante otras técnicas de evaluación y verificar si presenta alguna variación relevante en comparación con el método utilizado.

MATERIALES DE REFERENCIA

Referencias bibliográficas

- Abate, L., Bachheti, R. K., Tadesse, M. G., & Bachheti, A. (2022). Ethnobotanical Uses, Chemical Constituents, and Application of *Plantago lanceolata* L. *Journal of Chemistry*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1532031>
- Adamczyk, B., Simon, J., Kitunen, V., Adamczyk, S., & Smolander, A. (2017). Tannins and Their Complex Interaction with Different Organic Nitrogen Compounds and Enzymes: Old Paradigms versus Recent Advances. In *ChemistryOpen* (Vol. 6, Issue 5). <https://doi.org/10.1002/open.201700113>
- Adom, M. B., Taher, M., Mutalabisin, M. F., Amri, M. S., Abdul Kudos, M. B., Wan Sulaiman, M. W. A., Sengupta, P., & Susanti, D. (2017). Chemical constituents and medical benefits of *Plantago major*. In *Biomedicine and Pharmacotherapy* (Vol. 96). <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.09.152>
- Ammar, H., Touihri, I., Kholif, A. E., M'Rabet, Y., Jaouadi, R., Chahine, M., Marti, M. E. de H., Vargas-Bello-Pérez, E., & Hosni, K. (2022). Chemical Composition, Antioxidant, and Antimicrobial Activities of Leaves of *Ajuga Iva*. *Molecules*, 27(20). <https://doi.org/10.3390/molecules27207102>
- Anaya, J., Queiroz, V., Dos Santos, R., Castro, R., Cardoso, V., Vermelho, A., Dias, M., & Thiré, R. (2023). Electrospun Nanofibers Loaded with *Plantago major* L. Extract for Potential Use in Cutaneous Wound Healing. *Pharmaceutics*, 15(4). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15041047>
- Anees, S., Mehmood, Z., Rizwan, M., Ashraf, S., Ahmad, N., Mahmoud, A., Rafique, E., Ouladsmame, M., Mohammad Saad Al Suliman, N., & Aslam, S. (2023). Evaluation of some essential traditional medicinal plants for their potential free scavenging and antioxidant properties. *Journal of King Saud University - Science*, 35(3). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102562>
- Anjum, F., Touqeer, S., Khan, M. Y., Jamil, Q. U. A., Rida, A., Shirazi, J. H., Ejaz, S. A., Attaullah, H. M., Sarwar, G., Khan, Z. H., Wazir, M. A., Malik, B., Aufy, M., & Iqbal, S. M. (2024). Pharmacognostic Evaluation, Chemical Characterization, and Antibacterial

- Activity of *Bassia indica* (Wight) A.J. Scott. *Plants*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/plants13131753>
- Araya, N., Leiva-Soto, M. A., Bruna, M. V., Castro-Munoz, A., Behrend-Keim, B., Moraga-Espinoza, D., & Bahamondez-Canas, T. F. (2022). Formulation of water-soluble *Buddleja globosa* Hope extracts and characterization of their antimicrobial properties against *Pseudomonas aeruginosa*. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.921511>
- Arguedas, R., Arguedas, S., Rojas, M. F., Chavarría, M., Vargas, R., & Madrigal, G. L. (2022). Plants with antioxidant activity and their potential use as sun protector agents in Costa Rica. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas(Colombia)*, 51(3). <https://doi.org/10.15446/rcciquifa.v51n3.96627>
- Armijos, C., Ramírez, J., Salinas, M., Vidari, G., & Suárez, A. I. (2021). Pharmacology and phytochemistry of ecuadorian medicinal plants: An update and perspectives. In *Pharmaceuticals* (Vol. 14, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ph14111145>
- Armijos, C., Ramírez, J., & Vidari, G. (2022). Poorly Investigated Ecuadorian Medicinal Plants. In *Plants* (Vol. 11, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/plants11121590>
- Backhouse, N., Rosales, L., Apablaza, C., Goity, L., Erazo, S., Negrete, R., Theodoluz, C., Rodríguez, J., & Delporte, C. (2008). Analgesic, anti-inflammatory and antioxidant properties of *Buddleja globosa*, *Buddlejaceae*. *Journal of Ethnopharmacology*, 116(2). <https://doi.org/10.1016/j.jep.2007.11.025>
- Bahadori, M. B., Sarikurcu, C., Kocak, M. S., Calapoglu, M., Uren, M. C., & Ceylan, O. (2020). *Plantago lanceolata* as a source of health-beneficial phytochemicals: Phenolics profile and antioxidant capacity. *Food Bioscience*, 34. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100536>
- Bâldea, I., Lung, I., Opriș, O., Stegarescu, A., Kacso, I., & Soran, M. L. (2023). Antioxidant, Anti-Inflammatory Effects and Ability to Stimulate Wound Healing of a Common-Plantain Extract in Alginate Gel Formulations. *Gels*, 9(11). <https://doi.org/10.3390/gels9110901>
- Barthwal, R., & Mahar, R. (2024). Exploring the Significance, Extraction, and Characterization of Plant-Derived Secondary Metabolites in Complex Mixtures. *Metabolites*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/metabo14020119>
- Blanco, B., Saborío, A., & Garro, G. (2008). Descripción anatómica, propiedades medicinales y uso potencial de *Plantago major* (llantén mayor). *Tecnología En Marcha*, 21.

- Bouhzam, I., Cantero, R., Margallo, M., Aldaco, R., Bala, A., Fullana-i-Palmer, P., & Puig, R. (2023). Extraction of Bioactive Compounds from Spent Coffee Grounds Using Ethanol and Acetone Aqueous Solutions. *Foods*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/foods12244400>
- Bréard, D., Esselin, H., Bugeia, L., Boisard, S., Guilet, D., Richomme, P., Le Ray, A.-M., & Ripoll, C. (2023). Influence of Maceration Solvent on Chemical Composition of Gemmotherapy Macerates—A Case Study on *Olea europaea* Young Shoots. *Nutraceuticals*, 3(4). <https://doi.org/10.3390/nutraceuticals3040041>
- Carneiro, S. B., Kreutz, T., Limberger, R. P., Teixeira, H. F., da Veiga Júnior, V. F., & Koester, L. S. (2022). Piper aduncum Essential Oil Rich in Dillapiole: Development of Hydrogel-Thickened Nanoemulsion and Nanostructured Lipid Carrier Intended for Skin Delivery. *Pharmaceutics*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics14112525>
- Chaves, N., Santiago, A., & Alías, J. C. (2020). Quantification of the antioxidant activity of plant extracts: Analysis of sensitivity and hierarchization based on the method used. *Antioxidants*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/antiox9010076>
- Checkouri, E., Reignier, F., Silva, C. R. Da, & Meilhac, O. (2020). Evaluation of polyphenol content and antioxidant capacity of aqueous extracts from eight medicinal plants from reunion island: Protection against oxidative stress in red blood cells and preadipocytes. *Antioxidants*, 9(10). <https://doi.org/10.3390/antiox9100959>
- Choi, H., & Lee, K. (2022). Crosslinking Mechanisms of Phenol, Catechol, and Gallol for Synthetic Polyphenols: A Comparative Review. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 22). <https://doi.org/10.3390/app122211626>
- Cuadros, C. F., Herrera, O., Batiha, G., Almohmadi, N., Aljarba, N. H., Apesteguia, J. A., Loyola, E., Tataje, F. E., Kong-Chirinos, J. F., Almeida-Galindo, J. S., Chávez, H., & Pari-Olarte, J. B. (2023). Volatile Components, Antioxidant and Phytotoxic Activity of the Essential Oil of *Piper acutifolium* Ruiz & Pav. from Peru. *Molecules*, 28(8). <https://doi.org/10.3390/molecules28083348>
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. In *Molecules* (Vol. 15, Issue 10). <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>
- De Boni, & Brandini, L. (2023). COMPARATIVE STUDY OF ALCOHOLIC EXTRACTION OF COMPOUNDS FROM ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA: MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION VS. MACERATION EXTRACTION. *SOUTHERN JOURNAL OF SCIENCES*, 31(35). https://doi.org/10.48141/sjs.07_deboni_pgs_68_74.pdf

- De Oliveira, L. D. L., De Carvalho, M. V., & Melo, L. (2014). Health promoting and sensory properties of phenolic compounds in food. *Revista Ceres*, 61. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201461000002>
- Della, M., Sandoval, E., Luo, D., Pacheco, D., & Jonker, A. (2022). Effect of feeding fresh forage plantain (*Plantago lanceolata*) or ryegrass-based pasture on methane emissions, total-tract digestibility, and rumen fermentation of nonlactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105(8). <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21757>
- Dey, S., & Raychaudhuri, S. Sen. (2023). Selenium biofortification improves bioactive composition and antioxidant status in *Plantago ovata* Forsk., a medicinal plant. *Genes and Environment*, 45(1). <https://doi.org/10.1186/s41021-023-00293-2>
- Dias, M. C., Pinto, D. C. G. A., & Silva, A. M. S. (2021). Plant flavonoids: Chemical characteristics and biological activity. In *Molecules* (Vol. 26, Issue 17). <https://doi.org/10.3390/molecules26175377>
- Dong, Y., Hou, Q., Sun, M., Sun, J., & Zhang, B. (2020). Targeted isolation of antioxidant constituents from *Plantago asiatica* L. And in vitro activity assay. *Molecules*, 25(8). <https://doi.org/10.3390/molecules25081825>
- Drăghici-Popa, A. M., Boscornea, A. C., Brezoiu, A. M., Tomas, Ștefan T., Pârvulescu, O. C., & Stan, R. (2023). Effects of Extraction Process Factors on the Composition and Antioxidant Activity of Blackthorn (*Prunus spinosa* L.) Fruit Extracts. *Antioxidants*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/antiox12101897>
- Duarte, A. S., Jiménez, J. A., Pineda, J., González, C. A., García, M., Periférico, C., Fincas, S., Agustín, S., De, A., & Research Article, I. /. (2020). EXTRACCIÓN DE SUSTANCIAS BIOACTIVAS DE *Pleurotus ostreatus* (PLEUROTACEAE) POR MACERACIÓN DINÁMICA Extraction of bioactive substances from *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) by dynamic maceration ACTA BIOLÓGICA COLOMBIANA. *Acta Biol. Colomb*, 25(1).
- Erize, J. A., García, V., Sánchez, I., Felix, F., Martínez, M., & Aguilar, L. (2021). Manifestaciones dermatológicas en los profesionales de la salud asociadas al uso de equipo de protección personal para la atención de los pacientes con infección por COVID-19 en los hospitales del área metropolitana de la ciudad de México. *Piel*, 36(8). <https://doi.org/10.1016/j.piel.2020.10.004>
- Fierascu, R. C., Fierascu, I., Ortan, A., & Paunescu, A. (2021). *Plantago media* L.—explored and potential applications of an underutilized plant. In *Plants* (Vol. 10, Issue 2). <https://doi.org/10.3390/plants10020265>

- Filippini, G., Dosso, J., & Prato, M. (2023). Phenols as Novel Photocatalytic Platforms for Organic Synthesis. *Helvetica Chimica Acta*, 106(7). <https://doi.org/10.1002/hlca.202300059>
- Francik, S., Francik, R., Sadowska, U., Bystrowska, B., Zawislak, A., Knapczyk, A., & Nzeyimana, A. (2020). Identification of phenolic compounds and determination of antioxidant activity in extracts and infusions of salvia leaves. *Materials*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/ma13245811>
- Gulcin, İ., & Alwasel, S. H. (2023). DPPH Radical Scavenging Assay. In *Processes* (Vol. 11, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/pr11082248>
- Hasni, S., Rigane, G., Ghazghazi, H., Riguene, H., Bouallegue, A., Khedher, O., Oueslati, M. A., & Ben Salem, R. (2021). Optimum Conditions and LC-ESI-MS Analysis of Phenolic Rich Extract from *Eucalyptus marginata* L. Under Maceration and Ultrasound-Assisted Extraction Methods Using Response Surface Methodology. *Journal of Food Quality*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5591022>
- Hernández, L. V., Salazar, J. R., Pabón, L. C., & Hernández, P. (2022a). Antioxidant activity and quantification of phenols and flavonoids of Colombian plants used in urinary tract infections. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgación Científica*, 25(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.1690>
- Hernández, L. V., Salazar, J. R., Pabón, L. C., & Hernández, P. (2022b). Antioxidant activity and quantification of phenols and flavonoids of Colombian plants used in urinary tract infections. *Revista U.D.C.A Actualidad and Divulgación Científica*, 25(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.1690>
- Hikal, W. M., Said, H., & Tkachenko, KIRILL. (2022). BIOACTIVE CONSTITUENTS OF Buddleja SPP., AND THEIR THERAPEUTIC POTENTIALS. *Journal of Biochemistry International*. <https://doi.org/10.56557/job/2022/v9i17388>
- Idris, F. N., & Nadzir, M. M. (2021). Comparative studies on different extraction methods of centella asiatica and extracts bioactive compounds effects on antimicrobial activities. In *Antibiotics* (Vol. 10, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/antibiotics10040457>
- Imamović, B., Ivazović, I., Alispahić, A., Bečić, E., Dedić, M., & Dacić, A. (2021). Assessment of the suitability of methods for testing the antioxidant activity of anti-aging creams. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/app11041358>
- Ingaroca, S., Castro, A., & Ramos, N. (2018). COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ENSAYOS DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y DEL EFECTO FUNGISTÁTICO SOBRE Candida

- albicans DEL ACEITE ESENCIAL DE Piper aduncum L. "MATICO." *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 85(2). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v85i2.83>
- Jurčević, I., Pavličević, L., & Šamec, D. (2024). Influence of Air Drying, Freeze Drying and Oven Drying on the Biflavone Content in Yellow Ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) Leaves. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/app14062330>
- Kanak, S., Krzemińska, B., Celiński, R., Bakalczuk, M., & Dos Santos Szewczyk, K. (2022). Phenolic Composition and Antioxidant Activity of *Alchemilla* Species. In *Plants* (Vol. 11, Issue 20). <https://doi.org/10.3390/plants11202709>
- Keshavarzi, A., Montaseri, H., Akrami, R., Moradi Sarvestani, H., Khosravi, F., Foolad, S., Zardosht, M., Zareie, S., Saharkhiz, M. J., & Shahriarirad, R. (2022). Therapeutic Efficacy of Great Plantain (*Plantago major* L.) in the Treatment of Second-Degree Burn Wounds: A Case-Control Study. *International Journal of Clinical Practice*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4923277>
- Laanet, P. R., Bragina, O., Jõul, P., & Vaher, M. (2024). *Plantago major* and *Plantago lanceolata* Exhibit Antioxidant and *Borrelia burgdorferi* Inhibiting Activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(13). <https://doi.org/10.3390/ijms25137112>
- Lee, J. E., Jayakody, J. T. M., Kim, J. Il, Jeong, J. W., Choi, K. M., Kim, T. S., Seo, C., Azimi, I., Hyun, J. M., & Ryu, B. M. (2024). The Influence of Solvent Choice on the Extraction of Bioactive Compounds from Asteraceae: A Comparative Review. In *Foods* (Vol. 13, Issue 19). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods13193151>
- Letelier, M. E., Molina-Berríos, A., Cortés-Troncoso, J., Jara-Sandoval, J., Holst, M., Palma, K., Montoya, M., Miranda, D., & González-Lira, V. (2008). DPPH and oxygen free radicals as pro-oxidant of biomolecules. *Toxicology in Vitro*, 22(2). <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2007.08.002>
- Liu, W., Feng, Y., Yu, S., Fan, Z., Li, X., Li, J., & Yin, H. (2021). The flavonoid biosynthesis network in plants. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 22, Issue 23). <https://doi.org/10.3390/ijms222312824>
- Madaan, R., Bansal, G., Kumar, S., & Sharma, A. (2011). Estimation of total phenols and flavonoids in extracts of *Actaea spicata* roots and antioxidant activity studies. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 73(6). <https://doi.org/10.4103/0250-474X.100242>
- Mapoung, S., Semmarath, W., Arjsri, P., Umsumarng, S., Srisawad, K., Thippraphan, P., Yodkeeree, S., & Limtrakul, P. (2021). Determination of phenolic content, antioxidant

- activity, and tyrosinase inhibitory effects of functional cosmetic creams available on the Thailand market. *Plants*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/plants10071383>
- Masumbu, F. F. F., Kamanula, J. F., Mwakikunga, A., Mwamatope, B., & Tembo, D. (2023). Antioxidant Activity of Selected Medicinal Plants Used by Traditional Herbal Practitioners to Treat Cancer in Malawi. *J*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/j6040039>
- Medda, S., Fadda, A., Dessena, L., & Mulas, M. (2021). Quantification of total phenols, tannins, anthocyanins content in *Myrtus communis* L. And antioxidant activity evaluation in function of plant development stages and altitude of origin site. *Agronomy*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/agronomy11061059>
- Mendoza, N., Chávez, G., & Araya, O. (2022). Tratamiento con membrana de la cáscara de huevo para curación de heridas superficiales en ratones Membrana de cáscara de huevo para curación de heridas. *Biomedica*, 42(2). <https://doi.org/10.7705/biomedica.6192>
- Michalak, M. (2023). Plant Extracts as Skin Care and Therapeutic Agents. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Issue 20). <https://doi.org/10.3390/ijms242015444>
- Minh, P., Hoang, N., & Nguyen, S. (2021). Plantago major L. Extracts Reduce Blood Glucose in Streptozotocin-Induced Diabetic Mice. *Journal of Chemistry*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/6688731>
- Molnar, M., Jakovljević Kovač, M., & Pavić, V. (2024). A Comprehensive Analysis of Diversity, Structure, Biosynthesis and Extraction of Biologically Active Tannins from Various Plant-Based Materials Using Deep Eutectic Solvents. In *Molecules* (Vol. 29, Issue 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/molecules29112615>
- Morais, V. P., Cabral, F. V., Fernandes, C. C., & Miranda, M. L. D. (2023). Brief Review on Piper aduncum L., its Bioactive Metabolites and its Potential to Develop Bioproducts. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 66. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220314>
- Nguyen, T. Q. C., Binh, T. D., Pham, T. L. A., Nguyen, Y. D. H., Trang, D. T. X., Nguyen, T. T., Kanaori, K., & Kamei, K. (2020). Anti-inflammatory effects of lasia spinosa leaf extract in lipopolysaccharide-induced raw 264.7 macrophages. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(10). <https://doi.org/10.3390/ijms21103439>
- Nilamsari, E. I., Nugroho, L. H., & Sukirno, S. (2023). Bioactive Compound Profile of Muntingia Calabura Leaf Extract with Different Polarity Solvent. *Syntax Literate ; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 8(10). <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v8i10.13819>

- Nina, N., Burgos-Edwards, A., Theoduloz, C., Tripathy, S., Matsabisa, M. G., & Schmeda-Hirschmann, G. (2024a). Chemical Profiling, Enzyme Inhibitory Activity and Antioxidant Capacity of South African Herbal Teas: *Buddleja saligna*, *Lippia javanica*, *L. scaberrima* and *Phyla dulcis*. *Antioxidants*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/antiox13101219>
- Nina, N., Burgos-Edwards, A., Theoduloz, C., Tripathy, S., Matsabisa, M. G., & Schmeda-Hirschmann, G. (2024b). Chemical Profiling, Enzyme Inhibitory Activity and Antioxidant Capacity of South African Herbal Teas: *Buddleja saligna*, *Lippia javanica*, *L. scaberrima* and *Phyla dulcis*. *Antioxidants*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/antiox13101219>
- Nouir, S., Dbeibia, A., Bouhajeb, R., Haddad, H., Khélifa, A., Achour, L., Ghardallou, M., & Zaïri, A. (2023). Phytochemical Analysis and Evaluation of the Antioxidant, Antiproliferative, Antibacterial, and Antibiofilm Effects of *Globularia alypum* (L.) Leaves. *Molecules*, 28(10). <https://doi.org/10.3390/molecules28104019>
- Nunes, C. dos R., Arantes, M. B., de Faria Pereira, S. M., da Cruz, L. L., de Souza Passos, M., de Moraes, L. P., Vieira, I. J. C., & de Oliveira, D. B. (2020). Plants as Sources of Anti-Inflammatory Agents. In *Molecules* (Vol. 25, Issue 16). <https://doi.org/10.3390/molecules25163726>
- Ore, F., Ticsihua, J., Ruiz, A., & Corilla, D. D. (2021). Piper aduncum L. (matico) utilizado como tratamiento para el daño pulmonar y Covid-19. *Revista Vive*, 4(12). <https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i12.111>
- Paco, K., Ponce-Soto, L. A., Lopez-Ilasaca, M., & Aguilar, J. L. (2016). Determination of the healing effect of Piper aduncum (spiked pepper or matico) on human fibroblasts. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 33(3). <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2016.333.2329>
- Paredes, D. M., Robles, R. A., Soto, M. R., Perales, R. A., Morales, S. M., Beteta, X., & Aldava, U. (2024). Modulation of Gut Microbiota, and Morphometry, Blood Profiles and performance of Broiler Chickens Supplemented with Piper aduncum, Morinda citrifolia, and Artocarpus altilis leaves Ethanolic Extracts. *Frontiers in Veterinary Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1286152>
- Paucar, K., Tufinio, K., Ames, H., Vergara, A., & Fukusaki, A. (2021). DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS DE HOJAS DE *Buddleja inkana*, *Oreocallis grandiflora* y *Chuquiraga spinosa*. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 87(2). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v87i2.343>

- Piamo, A., García, M., Romero, D., & Ferrer, D. (2022). Curación de úlcera venosa crónica de la pierna con aloinjerto de membrana amniocoriónica humana fresca. *Biomédica*, 42(Sp. 1). <https://doi.org/10.7705/biomedica.6319>
- Rivas, B. N., Leal, I. A., Loaiza, L. F., Morillo, Y. E., & Colina, J. C. (2017). Phenolic Compounds and antioxidant activity in extracts of four Oregano species. *Revista Técnica de La Facultad de Ingeniería Universidad Del Zulia*, 40(3).
- Rivero, A. (2021). Uso tradicional de especies de plantas en trece provincias de Ecuador. In *Collectanea Botanica* (Vol. 40). <https://doi.org/10.3989/COLLECTBOT.2021.V40.002>
- Rosero, S., Del Pozo, F., Simbaña, W., Álvarez, M., Quinteros, M. F., Carrillo, W., & Morales, D. (2022). Polyphenols and Flavonoids Composition, Anti-Inflammatory and Antioxidant Properties of Andean Baccharis Macrantha Extracts. *Plants*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/plants11121555>
- Sadeer, N. B., Montesano, D., Albrizio, S., Zengin, G., & Mahomoodally, M. F. (2020). The versatility of antioxidant assays in food science and safety—chemistry, applications, strengths, and limitations. In *Antioxidants* (Vol. 9, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/antiox9080709>
- Salem, Szwajkowska, Przybylska, Szablewski, Cegielska, Świerk, & Stuper. (2023). New Insights into Bioactive Compounds of Wild-Growing Medicinal Plants. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/app132413196>
- Salem, Y., Rajha, H. N., Franjeh, D., Hoss, I., Manca, M. L., Manconi, M., Castangia, I., Perra, M., Maroun, R. G., & Louka, N. (2022). Stability and Antioxidant Activity of Hydro-Glyceric Extracts Obtained from Different Grape Seed Varieties Incorporated in Cosmetic Creams. *Antioxidants*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/antiox11071348>
- Shang, J., Zhao, Q., Yan, P., Sun, M., Sun, H., Liang, H., Zhang, D., Qian, Z., & Cui, L. (2023). Environmental factors influencing potential distribution of Schisandra sphenanthera and its accumulation of medicinal components. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1302417>
- Shipunov, A., Fernández-Alonso, J. L., Hassemer, G., Alp, S., Lee, H. J., & Pay, K. (2021). Molecular and morphological data improve the classification of plantagineae (Lamiales). *Plants*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/plants10112299>
- Solar, A., Medic, A., Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Botta, R., Rovira, M., Sarraquigne, J. P., Silva, A. P., Veberic, R., Stampar, F., Hudina, M., & Bacchetta, L. (2022). The Effects

- of the Cultivar and Environment on the Phenolic Contents of Hazelnut Kernels. *Plants*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/plants11223051>
- Spiegel, M., Kapusta, K., Kołodziejczyk, W., Saloni, J., Zbikowska, B., Hill, G. A., & Sroka, Z. (2020). Antioxidant Activity of Selected Phenolic Acids–Ferric Reducing Antioxidant Power Assay and QSAR Analysis of the Structural Features. *Molecules*, 25(13). <https://doi.org/10.3390/molecules25133088>
- Suryadevara, V., Doppalapudi, S., Sasidhar Reddivallam, L., Anne, R., & Mudda, M. (2018). Formulation and evaluation of anti-inflammatory cream by using Moringa oleifera seed oil. *Pharmacognosy Research*, 10(2). https://doi.org/10.4103/pr.pr_101_17
- Taher, M., Amri, M. S., Susanti, D., Abdul Kudos, M. B., Md Nor, N. F. A., & Syukri, Y. (2020). Medicinal uses, phytochemistry, and pharmacological properties of piper aduncum L. *Sains Malaysiana*, 49(8). <https://doi.org/10.17576/jsm-2020-4908-07>
- Taipe, F., Huaraca, R., Merino, I., Flores, N. F., Agreda, H. W., & Quispe, S. (2023). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de aceites esenciales en hojas de plantas medicinales. *Revista Alfa*, 7(21), 547–559. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i21.235>
- Tan, P. L., Rajagopal, M., Chinnappan, S., Selvaraja, M., Leong, M. Y., Tan, L. F., & Yap, V. L. (2022). Formulation and Physicochemical Evaluation of Green Cosmeceutical Herbal Face Cream Containing Standardized Mangosteen Peel Extract. *Cosmetics*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/cosmetics9030046>
- Tarasevičienė, Ž., Vitkauskaitė, M., Paulauskienė, A., & Černiauskienė, J. (2023). Wild Stinging Nettle (*Urtica dioica* L.) Leaves and Roots Chemical Composition and Phenols Extraction. *Plants*, 12(2). <https://doi.org/10.3390/plants12020309>
- Thakur, R., Jain, N., Pathak, R., & Sandhu, S. S. (2011). Practices in wound healing studies of plants. In *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine* (Vol. 2011). <https://doi.org/10.1155/2011/438056>
- Torres, J., Gómez, S., Pérez, J., Alarcón, J., & Pastene, E. (2021). Polyphenolic compounds extracted and purified from buddleja globosa hope (Buddlejaceae) leaves using natural deep eutectic solvents and centrifugal partition chromatography. *Molecules*, 26(8). <https://doi.org/10.3390/molecules26082192>
- Tsioutsiou, E. E., Amountzias, V., Vontzalidou, A., Dina, E., Stevanović, Z. D., Cheilari, A., & Aliannis, N. (2022). Medicinal Plants Used Traditionally for Skin Related Problems in the South Balkan and East Mediterranean Region—A Review. In *Frontiers in Pharmacology* (Vol. 13). <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.936047>

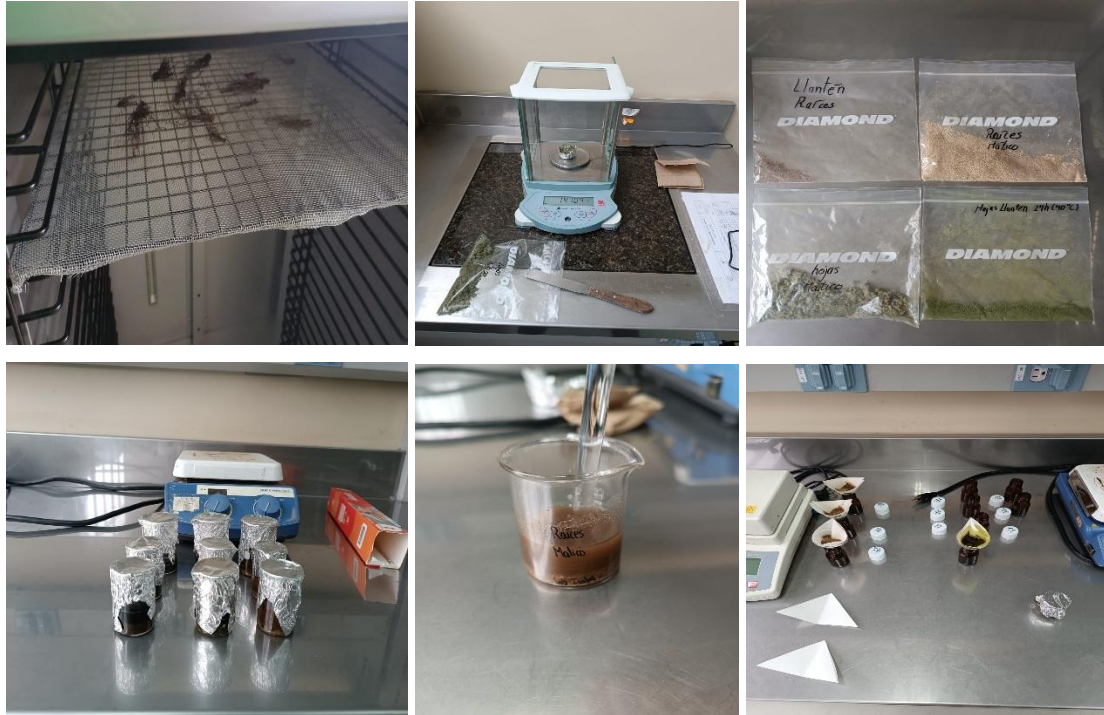
- Usman, I., Hussain, M., Imran, A., Afzaal, M., Saeed, F., Javed, M., Afzal, A., Ashfaq, I., Al Jbawi, E., & A. Saewan, S. (2022). Traditional and innovative approaches for the extraction of bioactive compounds. In *International Journal of Food Properties* (Vol. 25, Issue 1). <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2074030>
- Vargas, & Armijo. (2023). Síntesis verde de nanopartículas de plata usando extractos acuosos de *Buddleja globosa* (matico) con potencial aplicación en curación de heridas. *International Journal of Health Science*, 3(89). <https://doi.org/10.22533/at.ed.1593892323103>
- Vargas, F., Chávez, L., & Kuri, A. (2024). Procedimientos para la obtención de compuestos fenólicos de quelites mexicanos Procedures for Obtaining Phenolic Compounds from Mexican quelites. In *CIENCIA* (Vol. 31). <http://orcid.org/0000-0002-3589-1363><http://orcid.org/0000-0002-5866-4825><http://orcid.org/>
- Verhulst, E. P., Brunton, N. P., & Rai, D. K. (2023). Polyphenols in Agricultural Grassland Crops and Their Health-Promoting Activities—A Review. In *Foods* (Vol. 12, Issue 22). <https://doi.org/10.3390/foods12224122>
- Viera, W., Shinohara, T., Samaniego, I., Sanada, A., Terada, N., Ron, L., Suárez-Tapia, A., & Koshio, K. (2022). Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of *Passiflora* spp. Germplasm Grown in Ecuador. *Plants*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/plants11030328>
- Wei, S., Liu, X., Hasan, K. M. F., Peng, Y., Xie, J., Chen, S., Zeng, Q., & Luo, P. (2022). Extraction and Purification of Flavonoids from *Buddleja officinalis* Maxim and Their Attenuation of H₂O₂-Induced Cell Injury by Modulating Oxidative Stress and Autophagy. *Molecules*, 27(24). <https://doi.org/10.3390/molecules27248985>
- Yan, K., Cheng, X. J., Bian, G. L., Gao, Y. X., & Li, D. Q. (2022). The Influence of Different Extraction Techniques on the Chemical Profile and Biological Properties of *Oroxylum indicum*: Multifunctional Aspects for Potential Pharmaceutical Applications. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8975320>
- Yarleque, M., Dorregaray, F., Yarleque, A., & Gonzales, C. (2023). Actividad antiinflamatoria in vitro de *Plantago major* L. y *Piper aduncum* L. sobre la fosfolipasa A2 del veneno de la serpiente *Lachesis muta muta*. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 40(3). <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2023.403.12191>
- Ying, C., & Wan, D. (2012). Quantitative determination of total and individual flavonoids in stems and leaves of *Buddleja davidii* and *Buddleja albiflora*. *Pharmacognosy Magazine*, 8(32). <https://doi.org/10.4103/0973-1296.103651>

- Youssef, F. S., Ashour, M. L., El-Beshbishy, H. A., Singab, A. N. B., & Wink, M. (2019). Metabolic profiling of buddleia indica leaves using LC/MS and evidence of their antioxidant and hepatoprotective activity using different in vitro and in vivo experimental models. *Antioxidants*, 8(9). <https://doi.org/10.3390/antiox8090412>
- Yu, L., Wu, Y., Liu, D., Sheng, Z., Liu, J., Chen, H., & Feng, W. (2022). The kinetic behavior of antioxidant activity and the stability of aqueous and organopolyphenol extracts from navel orange peel. *Food Science and Technology (Brazil)*, 42. <https://doi.org/10.1590/fst.90621>
- Zaharie, M. G. O., Radu, N., Pirvu, L., Bostan, M., Voicescu, M., Begea, M., Constantin, M., Voaides, C., Babeanu, N., & Roman, V. (2022). Studies Regarding the Pharmaceutical Potential of Derivative Products from Plantain. *Plants*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/plants11141827>
- Zamorano, P., Morales, M., Rivillas, Y., López, J., & Rojano, B. A. (2020). Antioxidant activity and cytotoxic effect of Chilean Buddleja globosa (matico) and Ribes magellanicum (zarzaparrilla) flower extracts. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 19(6), 59–70. <https://doi.org/10.24326/ASPHC.2020.6.5>
- Zhakupbekov, K., Turgumbayeva, A., Issayeva, R., Kipchakbayeva, A., Kadyrbayeva, G., Tleubayeva, M., Akhayeva, T., Tastambek, K., Sainova, G., Serikbayeva, E., Tolenova, K., Makhatova, B., Anarbayeva, R., Shimirova, Z., & Tileuberdi, Y. (2023). Antimicrobial and Other Biomedical Properties of Extracts from Plantago major, Plantaginaceae. In *Pharmaceuticals* (Vol. 16, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/ph16081092>

ANEXOS

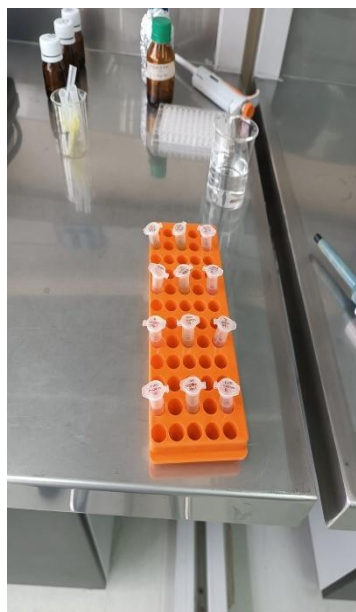
Anexo 1

Obtención del extracto etanólico de hojas y raíces de matico y llantén



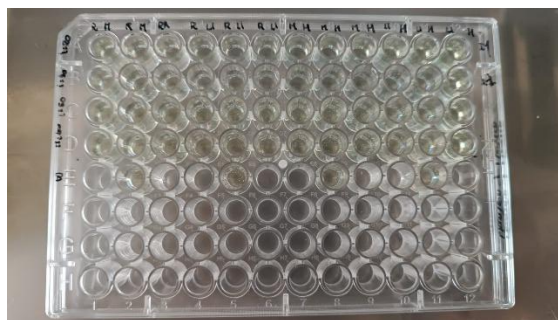
Anexo 2

Análisis de fenoles a diferente concentración por el método de Folin-Ciocalteu.



Anexo 3

Determinación de Fenoles a través de la placa de 96 pocillos.



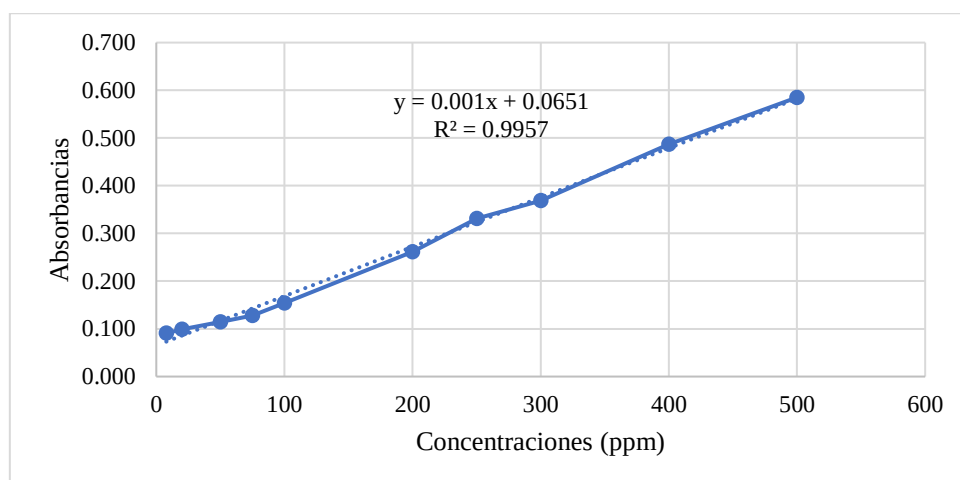
Anexo 4

Determinación de la curva de calibración de ácido gálico con tres réplicas.

GAE mg/L	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Promedio
7.8	0.095	0.09	0.087	0.091±0.004
20	0.102	0.098	0.097	0.099±0.003
50	0.112	0.118	0.114	0.115±0.003
75	0.13	0.124	0.129	0.128±0.003
100	0.153	0.156	0.153	0.154±0.002
200	0.28	0.25	0.255	0.262±0.016
250	0.332	0.331	0.331	0.331±0.001
300	0.371	0.368	0.368	0.369±0.002
400	0.501	0.481	0.478	0.487±0.013
500	0.602	0.583	0.57	0.585±0.016

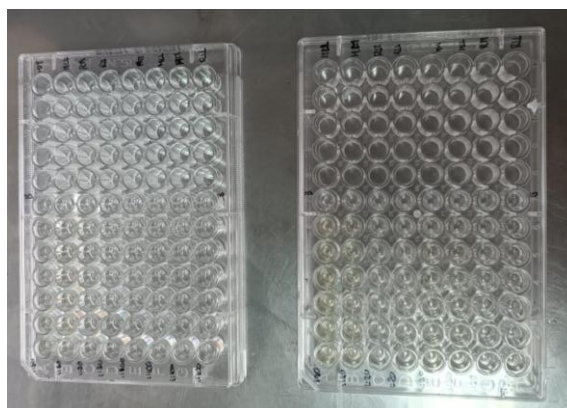
Anexo 5

Curva de calibración ácido gálico



Anexo 6

Determinación de Flavonoides a través de la placa de 96 pocillos



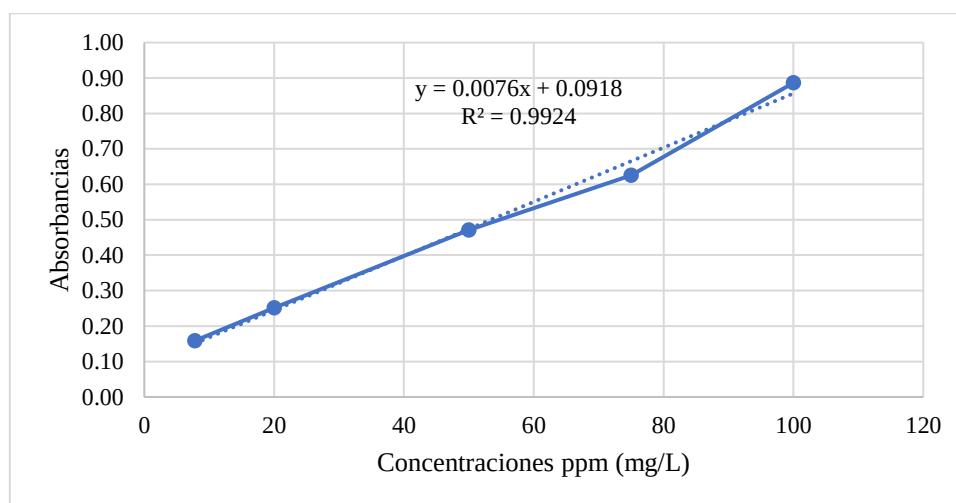
Anexo 7

Determinación de la curva de calibración de quercetina con tres réplicas

GAE mg/L	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Promedio
7.8	0.156	0.151	0.169	0.16±0.0093
20	0.257	0.253	0.243	0.25±0.0072
50	0.473	0.461	0.479	0.47±0.0092
75	0.635	0.62	0.621	0.63±0.0084
100	0.869	0.8693	0.921	0.89±0.0299

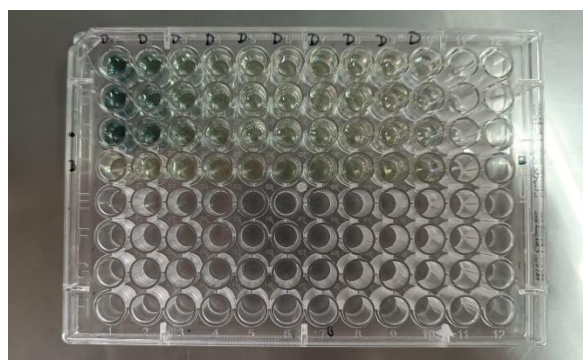
Anexo 8

Curva de calibración quercetina



Anexo 9

Determinación de Taninos a través de la placa de 96 pocillos



Anexo 10

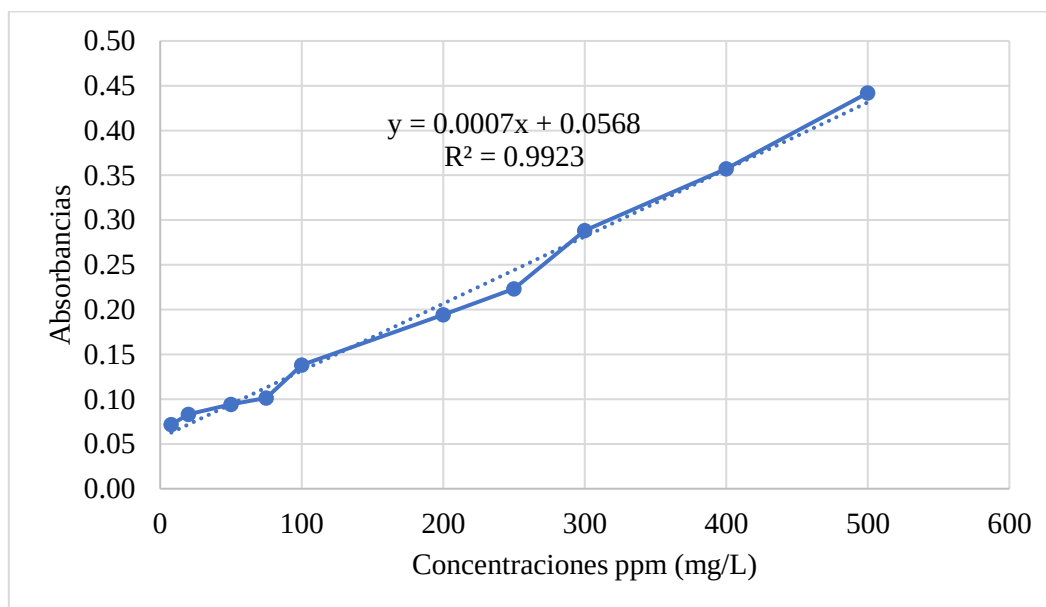
Determinación de la curva de calibración de ácido tánico con tres réplicas

GAE mg/L	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Promedio
7.8	0.069	0.063	0.083	0.07±0.0103
20	0.089	0.081	0.079	0.08±0.0053
50	0.087	0.097	0.099	0.09±0.0064
75	0.106	0.091	0.107	0.10±0.0090
100	0.13	0.139	0.146	0.14±0.0080
200	0.19	0.198	0.195	0.19±0.0040
250	0.219	0.228	0.223	0.22±0.0045
300	0.294	0.284	0.287	0.29±0.0051

400	0.361	0.362	0.349	0.36±0.0072
500	0.449	0.439	0.438	0.44±0.0061

Anexo 11

Curva de calibración ácido tánico



Anexo 12

Cuantificación de compuestos fenólicos por medio de tres réplicas

Tratamiento	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Promedio	FD
Matico hoja	0.206	0.212	0.231	0.216±0.013	20
Llantén hoja	0.164	0.156	0.18	0.167±0.012	20
Matico raíz	0.658	0.66	0.648	0.655±0.006	1
Llantén raíz	0.7865	0.7855	0.7045	0.759±0.047	1

Anexo 13

Cuantificación de flavonoides por medio de tres réplicas

Tratamiento	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Promedio	FD
Matico hoja	0.293	0.291	0.295	0.293±0.147	20
Llantén hoja	0.291	0.303	0.301	0.298±0.149	20
Matico raíz	0.227	0.224	0.226	0.226±0.113	5
Llantén raíz	0.32	0.38	0.378	0.359±0.182	5

Anexo 14

Cuantificación de taninos por medio de tres réplicas

Tratamiento	Abs 1	Abs 2	Abs 3	Promedio	FD
Matico hoja	0.136	0.132	0.138	0.135±0.003	20
Llantén hoja	0.121	0.126	0.122	0.123±0.003	20
Matico raíz	0.294	0.297	0.291	0.294±0.003	1
Llantén raíz	0.667	0.684	0.693	0.681±0.013	1

Anexo 15

Cuantificación de fenoles de la hoja de matico

$$TPC = \frac{Abs - b}{m} * D_{FT} * \frac{V_{extF}}{m_o}$$
$$TPC = \frac{0.206 - 0.0651}{0.001} * 20 * \frac{0.0079}{1.5}$$
$$TPC = 15.47$$

Anexo 16

Cuantificación del porcentaje de eficiencia de extracción

$$\% E.E = \left(\frac{m_{cb}}{MV} \right) * 100$$
$$\% E.E = \left(\frac{0.02389 \text{ g}}{1.5 \text{ g}} \right) * 100$$
$$\% E.E = 1.593$$

Anexo 17

Tabla ANOVA de los compuestos polifenólicos de la hoja del matico a partir de un diseño factorial de 2 factores con 2 niveles.

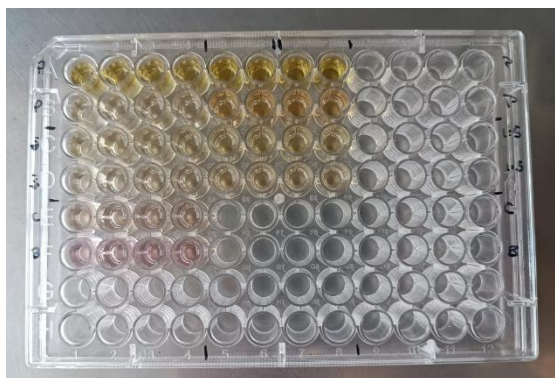
<i>Análisis de Varianza</i>					
Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor P
Modelo	3	337.195	112.398	142.64	0.000
Lineal	2	311.421	155.711	197.60	0.000
Tipos de planta	1	43.094	43.094	54.69	0.000
Partes de planta	1	268	268.327	340.51	0.000
Interacciones de 2 términos	1	25.774	25.774	32.71	0.000
Tipos de planta*parte de las plantas	1	25.774	25.774	32.71	0.000
Error	8	6.304	0.788		
Total	11	343.499			

Nota: GL: Grados de libertad; SC: Suma de cuadrado; MC: Cuadrados medios.

R-cuadrado: 98.16%; **R-cuadrado (ajustado):** 97.48%; **R-cuadrado (predecible):** 95.87%

Anexo 18

Determinación de la capacidad antioxidante de las plantas con mayor contenido fenólico



Anexo 19

Capacidad antioxidante de Trolox

Trolox $\mu\text{mol/L}$	Absorbancia promedio	% inhibición radical DPPH
50	0.394	10.59 ± 0.031
100	0.359	19.86 ± 0.0465
200	0.286	38.89 ± 0.035
300	0.238	51.68 ± 0.038
400	0.184	65.83 ± 0.008
500	0.121	82.29 ± 0.006
Control positivo	0.435	
Control negativo	0.053	

Anexo 20

Cálculo demostrativo del % de inhibición del radical DPPH frente al Trolox a 50 $\mu\text{mol/L}$

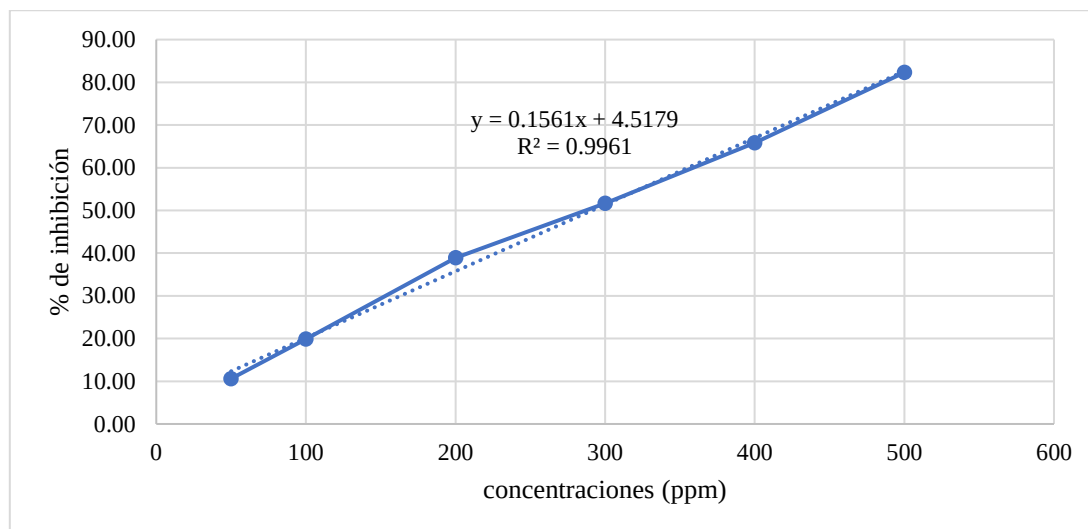
$$\% \text{ de inhibición} = \left[1 - \left(\frac{A_{\text{muestra}} - A_{\text{blanco}}}{A_{\text{control}} - A_{\text{blanco}}} \right) \right] \times 100$$

$$\% \text{ de inhibición} = \left[1 - \left(\frac{0,394 - 0.053}{0.435 - 0.053} \right) \right] \times 100$$

$$\% \text{ de inhibición} = 10,59$$

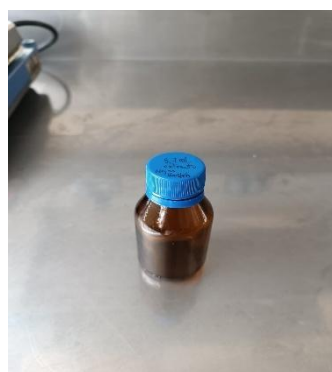
Anexo 21

Curva de calibración de Trolox



Anexo 22

Rotoevaporación del extracto de hojas de matico



Anexo 23

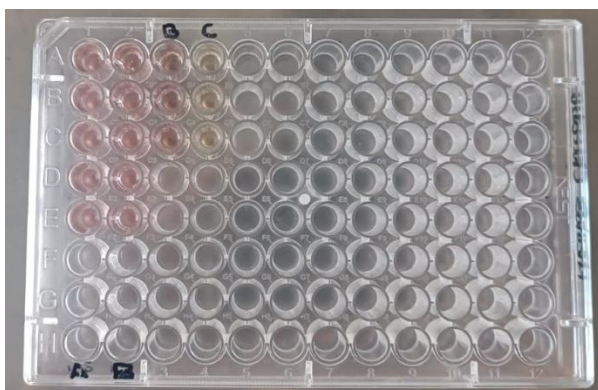
Proceso de elaboración de crema dermocosmética de hojas de matico





Anexo 24

Determinación de la capacidad antioxidante de la crema a base de extracto de hojas de matico



Anexo 25

Autorización de la recolección de especies vegetales sin fines de lucro para la investigación científica del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición ecológica



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLOGICA No. 458

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2024-0458

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2024-07-27	2025-07-27

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Plantae

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C.I/Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLOGICO
1850007228	CHICAIZA COBA SEBASTIAN NICOLAS	Ecuatoriana	SN		Magnoliopsida
1757181209	FERNANDEZ RIVERO DANAE	Cubana	8277-15-44808	Investigación	Magnoliopsida

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLOGICA:

Nombre del Proyecto: Evaluación de la actividad antioxidante de la crema elaborada a base del extracto de hojas y raíces de Plantago major L y Buddleja globosa

7.- SE AUTORIZA LA RECOLECCION CON EL PROPOSITO DE:

Evaluar la actividad antioxidante de las cremas elaboradas a base del extracto de hojas y raíces de (Plantago mayor L) y (Buddleja globosa).
3. Determinar la actividad antioxidante en una crema dermocosmética preparada con el extracto etanólico de la especie con mayor actividad.
2. Determinar la actividad antioxidante de los extractos obtenidos de raíces y hojas de las especies estudiadas.
1. Extraer los compuestos bioactivos de las dos especies de plantas medicinales.

8.- ÁREA GEOGRÁFICA QUE CUBRE LA RECOLECCIÓN DE LAS ESPECIES O ESPECÍMENES:

PROVINCIAS	SNAP	BOSQUE PROTECTOR
TUNGURAHUA	NA	NA

9.- INFORMACIÓN DE LAS ESPECIES A RECOLECTAR

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	TIPO MUESTRA	Nº MUESTRA	Nº LOTE
Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	NA	hojas y raíces	3	
Magnoliopsida	Lamiales	Scrophulariaceae	Buddleja	NA	hojas y raíces	3	

10.- METODOLOGÍA APLICADA EN CAMPO

FASE DE RECOLECCIÓN:	Se recolectarán hojas y raíces tanto de la planta de Matico (Buddleja globosa) como del Llantén (Plantago mayor L) en el cantón Cevallos de la provincia de Tungurahua, específicamente en el sector de Querochaca. Las hojas y raíces serán recolectadas en la zona descrita por el método de muestreo sistemático utilizando barras y tijeras. Posteriormente, se almacenarán las muestras en bolsas ziploc obteniendo un total de 6 muestras (3 muestras de cada planta). Finalmente, se almacenarán las muestras en la Unidad Operativa de la Dirección de Investigación y Desarrollo (UOIDE) de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.
FASE DE PRESERVACIÓN:	Para la preservación de las 6 muestras de hojas y raíces de Llantén (Plantago) y matico (Buddleja), primeramente deben tener una limpieza inicial y eliminar cualquier tipo de contaminante. Después se seca las muestras recolectadas de cada planta a una temperatura de (40-50°C) para un secado más rápido y uniforme en una temperatura de 5 grados centígrados por 72 horas. Una vez realizado este proceso se procede a realizar la molienda mediante un mortero hasta obtener un polvo fino y almacenar en bolsas de plástico sellables etiquetadas respectivamente. Asimismo se debe realizar el mismo proceso de almacenamiento al finalizar los productos dermocosméticos en un tiempo determinado dentro de los interiores del departamento de Investigación.

11. METODOLOGIA APLICADA EN LABORATORIO

MÉTODOS EMPLEADOS	OBJETIVO 1. Se obtendrá autorización del MAATE para recolectar y almacenar hojas y raíces de matico en la UOIDE de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. El material vegetal se
--------------------------	--

EN EL LABORATORIO:	seleccionará, desinfectará, secará, triturará y almacenará en bolsas ziplock. Después, se utilizará el método de maceración para obtener el extracto con etanol, seguido de filtración para obtener el extracto etanólico sin afectar los compuestos bioactivos. Análisis estadístico por Minitab.OBJETIVO 2.La cuantificación de fenoles totales se realizará mediante el método modificado de Folin-Ciocalteu en una placa de 96 pocillos, midiendo la absorbancia a 750 nm y expresando los resultados como mg GAE/gDW.Se prepararán soluciones madre de DPPH (150 M) y Trolox (500 M), se agitarán para homogeneizar, y se protegerán de la luz; la capacidad antioxidante se determinará mediante la inhibición del radical DPPH y se expresará en mol Trolox/g de muestra fresca.OBJETIVO 3.Para elaborar las cremas, se combinarán a 50 °C agua y trietanolamina, se fundirán ácido esteárico y lanolina, y se mezclarán con glicerina y propilenglicol, agregando luego trietanolamina con agua y el extracto, y batiendo hasta enfriar.
-----------------------	--

12.- SE AUTORIZA LA UTILIZACIÓN DE LOS SIGUIENTES MATERIALES Y/O EQUIPOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTA RECOLECCIÓN.

Grupo Biológico a Recolectar	Descripción	Tipo de Equipamiento
Magnoliopsida	EQUIPO SOXHLET, ESPECTROFOTÓMETRO, INCUBADORA, AUTOCLAVE, CÁMARA DE FLUJO LAMINAR, PH-METRO, ROTAVAPORADOR, ESTUFA, BALANZA ANALÍTICA, PLANCHA DE CALENTAMIENTO, VORTEX Y REFRIGERADOR	Equipo en Laboratorio

13.- COLECCIONES NACIONALES DEPOSITARIAS DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Magnoliopsida	Herbario Instituto Nacional de Biodiversidad
---------------	--

14.- RESULTADOS ESPERADOS

Por tanto, el estudio y la validación científica de estas dos especies podrían contribuir a promover el conocimiento de las prácticas tradicionales de la medicina natural en base a la diversidad botánica del Ecuador, ofreciendo una opción para el tratamiento de problemas en la salud y buscar alternativas farmacéuticas naturales que logren generar un impacto positivo a la sociedad. Además se evidenciará que la crema con los componentes bioactivos más altos de cualquiera de las dos especies vegetales posea propiedades terapéuticas o beneficios para la salud, como actividad antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana, o cicatrizante, todo esto con apoyo bibliográfico. Posteriormente, se esperaría que los datos muestren la estabilidad del producto farmacéutico elaborado con todas las normas, asegurando que los compuestos bioactivos mantienen su efectividad, así mismo que la crema incluya la correcta identificación y la efectiva cuantificación de los compuestos bioactivos.

15.- CONTRIBUCIÓN DEL ESTUDIO PARA LA TOMA DE DECISIONES A LA ESTRATEGIA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD 2011-2020.

METAS	DESCRIPCIÓN
Resultado04.19El Ecuador, bajo la coordinación del Instituto de Investigaciones de la Biodiversidad, impulsa la	el siguiente proyecto contribuirá al país con un amplio potencial en la innovación, investigación, micropropagación y conservación de esta

Investigación científica aplicada y la gestión del conocimiento sobre el patrimonio natural y desarrolla procesos tecnológicos innovadores que sustentan el cambio de la matriz productiva

especie considerada como superfruto por sus propiedades bioactivas que presentan. Ya que, esta planta únicamente se encuentra en los andes, lo que, lo convierte en una especie es posible extinción.

DE ACUERDO A LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES

1. Solicitud de: **CHICAIZA COBA SEBASTIAN NICOLAS**
2. Institución Nacional Científica : **UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO U.T.A.**
3. Fecha de entrega del informe final o preliminar: **2025/07/12**
4. Valoración técnica del proyecto: **BAYAS SALTOS LADY DENNISE**
5. Esta Autorización **NO HABILITA LA MOVILIZACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS.**
6. Esta Autorización **NO HABILITA EXPORTACIÓN DE FLORA, FAUNA, MICROORGANISMOS Y HONGOS**, sin la correspondiente autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.
7. Los especímenes o muestras recolectadas no podrán ser utilizadas en actividades de **BIOPROSPECCIÓN, NI ACCESO AL RECURSO GENÉTICO.**
8. Los resultados que se desprendan de la investigación, no podrán ser utilizados para estudios posteriores de Acceso a Recurso Genéticos sin la previa autorización del Ministerio del Ambiente y Agua.

OBLIGACIONES DEL/ LOS INVESTIGADOR/ES.

9. Ingresar al sistema electrónico de recolecta de especímenes de especies la diversidad biológica del ministerio del ambiente y agua, el o los informes parciales o finales en formato PDF, en el formato establecido.

Con los siguientes anexos:

- Escaneado de el o los certificados originales del depósito o recibo de las muestras, emitidas por las Colecciones Científicas Ecuatorianas como Internacionales depositarias de material biológico.
- Escaneado de las publicaciones realizadas o elaboradas en base al material biológico recolectado.
- Escaneado de material fotográfico que considere el investigador pueda ser utilizados para

difusión. (se mantendrá los derechos de autor).

10. Citar en las publicaciones científicas, Tesis o informes técnicos el número de Autorización de Recolección otorgada por el Ministerio del Ambiente y Agua, con el que se recolectó el material biológico.

11. Depositar los holotipos en una institución científica depositaria de material biológico.

12. Los holotipos solo podrán salir del país en calidad de préstamo por un periodo no más de un año.

13. Las muestras biológicas a ser depositadas deberán ingresar a las colecciones respectivas siguiendo los protocolos emitidos por el Curador/a custodio de los especímenes.

14. Las muestras deberán ser preservadas, curadas y depositadas de lo contrario, se deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.

Del incumplimiento de las obligaciones dispuestas en los numerales, 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se responsabiliza a **CHICAIZA COBA SEBASTIAN NICOLAS**.

DIRECTOR DE BIODIVERSIDAD
VILLAVICENCIO GAIBOR RICARDO JAVIER
2024-09-19

