



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Medicina Veterinaria

**Determinación de la composición química de la semilla de
aguacate (*Persea americana*) como posible alternativa terapéutica
en Medicina veterinaria**

Trabajo de Integración Curricular, previo a
la obtención del título de Medica Veterinaria

AUTOR:

Jean Carlos Espinosa Macas

DIRECTOR:

Dr. Wilmer Augusto Vacacela Ajila Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Sistema de Información Académico
Administrativo y Financiero - SIAAF

CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **VACACELA AJILA WILMER AUGUSTO**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **Determinación de la composición química de la semilla de aguacate (Persea americana) como posible alternativa terapéutica en Medicina veterinaria**, perteneciente al estudiante **JEAN CARLOS ESPINOSA MACAS**, con cédula de identidad N° **0705751899**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académica como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 5 de Agosto de 2024



WILMER AUGUSTO
VACACELA AJILA

F)

**DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-001995

1/1
Educamos para Transformar

Autoría

Yo, **Jean Carlos Espinosa Macas**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jean Carlos Espinosa Macas', written over a large, stylized blue checkmark.

Cédula de identidad: 0705751899

Fecha: 15/11/2024

Correo electrónico: jean.espinosa@unl.edu.ec

Teléfono: 0939692224

Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo Integración Curricular.

Yo, **Jean Carlos Espinosa Macas**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Determinación de la composición química de la semilla de aguacate (*Persea americana*) como posible alternativa terapéutica en Medicina veterinaria**, como requisito para optar por el título de **Médico Veterinario**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de noviembre del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor: Jean Carlos Espinosa Macas

Cédula: 0705751899

Dirección: Cdla. Julio Ordoñez Espinoza, Loja, Ecuador.

Correo electrónico: jean.espinosa@unl.edu.ec

Teléfono: 0939692224

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Dr. Wilmer Vacacela Ajila, Mg, Sc.

Dedicatoria

Con todo el cariño del mundo, dedico este Trabajo de Integración Curricular a mis padres, por su infinito apoyo y amor incondicional, cuyo esfuerzo y dedicación me han enseñado el valor del trabajo arduo y la perseverancia, gracias a sus sacrificios que han hecho posible cumplir uno de mis más grandes sueños.

A mis hermanos, por siempre estar ahí para animarme en los momentos difíciles, compartiendo conmigo cada alegría y desafío.

De igual manera a mi director de tesis y mis docentes, cuya guía y conocimientos han sido pilares fundamentales en mi formación como profesional.

A mis compañeros y amigos, quienes han compartido conmigo momentos de esfuerzo, de estudio, y también alegría, haciendo de esto una experiencia universitaria inolvidable.

Le dedico este trabajo a todos aquellos que creen en la medicina veterinaria como una carrera vital para el bienestar animal, y que buscan constantemente alternativas para mejorar la salud y calidad de vida de los animales.

Jean Carlos Espinosa Macas

Agradecimiento

En primer lugar, Dios por ser mi principal guía y fortaleza en todo momento. Gracias por mostrarme el camino, brindarme sabiduría y darme la paciencia y valor necesarios, para lograr superar cada dificultad y obstáculo.

A mis padres y hermanos, gracias por su inquebrantable fe en mis capacidades, que me han impulsado a superar los diversos desafíos en este camino académico.

Agradezco a mi director de tesis y docentes, por sus enseñanzas, paciencia e inspiración para buscar la excelencia en cada aspecto de mi carrera.

Mis más sinceros agradecimientos a la Universidad Particular de Loja (UTPL) por proporcionarnos los medios, recursos e instalaciones necesarias para ejecutar esta investigación.

A mis amigos y compañeros, gracias por su camaradería y por hacer de esta experiencia académica un viaje inolvidable.

Finalmente, agradezco el apoyo de parte de todas estas personas, que recordaré con una infinita gratitud.

Con gratitud.

Jean Carlos Espinosa Macas

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación.....	ii
Autoría.....	iii
Carta de autorización.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de Tablas.....	xi
Índice de Figuras	xii
Índice de anexos.....	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción.....	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Aguacate (<i>Persea americana</i>).....	6
4.1.1. Características Generales	6
4.1.2. Taxonomía.....	6
4.1.3. Descripción Botánica	6
4.1.4. Zona y Hábitat de Cultivo	7
4.1.5. Usos Tradicionales	7
4.1.6. Propiedades de la Palta.....	7
4.2. Compuestos Químicos Presentes en la Semilla de <i>Persea americana</i>	8
4.2.1. Taninos:.....	8
4.2.2. Fenoles y Ácidos Fenólicos:	8

4.2.3.	Saponinas:	8
4.3.	Métodos de Extracción de Aceites Esenciales en Plantas	8
4.3.1.	Hidrodestilación (HD).....	8
4.3.1.1.	Hidrodestilación con Trampa de Clevenger.....	9
4.3.1.2.	Hidrodestilación Asistida por la Radiación con Microondas.....	9
4.3.2.	Destilación Con Arrastre de Vapor	9
4.3.3.	Extracción con Disolventes Orgánicos.....	9
4.3.4.	Extracción con Gases en Condiciones Supercríticas.....	10
4.4.	Otros Métodos de Extracción	10
4.4.1.	La Extracción Asistida con Ultrasonidos	10
4.4.2.	Prensado en Frío.....	10
4.4.3.	Prensado en Caliente	10
4.4.4.	Extracción por Soxhlet	10
4.5.	Técnicas para la Separación e Identificación de Componentes	11
4.5.1.	Cromatografía de Gases Acoplado a Espectrometría de Masas.....	11
4.6.	Trabajos Relacionados al Tema de Investigación	11
5.	Metodología.....	13
5.1.	Área de Estudio	13
5.1.1.	Descripción del Lugar	13
5.1.2.	Mapa.....	13
5.2.	Procedimiento.....	14
5.2.1.	Enfoque Metodológico	14
5.2.2.	Diseño de la Investigación	14
5.2.3.	Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo.....	14
5.2.4.	Técnicas.....	14
5.2.4.1.	Recolección del Material Vegetal	14

5.2.4.2.	Extracción del Aceite Esencial.....	14
5.2.4.3.	Determinación del Porcentaje de Rendimiento	15
5.2.4.4.	Preparación de las Muestras para Cromatografía.....	15
5.2.4.5.	Caracterización Química por cromatografía de gases-masas.....	15
5.2.5.	Variables de Estudio.....	16
5.3.	Procesamiento y Análisis de la Información	16
5.4.	Consideraciones Éticas.....	17
6.	Resultados	18
6.1.	Rendimiento del Aceite Esencial	18
6.2.	Composición Química del Aceite Esencial de Semilla de Aguacate (<i>Persea americana</i>).....	18
6.2.1.	Análisis Cualitativo	18
6.2.2.	Análisis Cuantitativo	20
6.2.2.1.	Determinación de la concentración de compuestos químicos.....	20
6.2.2.2.	Identificación de los compuestos mayoritarios de <i>Persea americana</i>	22
7.	Discusión	23
7.1.	Determinación del Rendimiento del Aceite Esencial.....	23
7.2.	Composición Química del Aceite Esencial de <i>Persea americana</i>	23
7.2.1.	Análisis Cualitativo	23
7.2.2.	Análisis Cuantitativo	24
7.2.2.1.	Determinación de la Concentración de Compuestos Químicos	24
a.	Muurolo-4(14),5-diene <trans->.....	24
b.	Cryptomeridiol	24
c.	Cubebene < α ->	25
d.	Caryophyllene <(E)->	25
7.2.2.2.	Identificación de los Compuestos Mayoritarios de <i>Persea americana</i>	26

a.	Muurola-4(14),5-diene <trans->.....	26
b.	Cryptomeridiol	26
c.	Cubebene < α ->	27
d.	Caryophyllene <(E)->	27
8.	Conclusión.....	29
9.	Recomendaciones	30
10.	Bibliografía	31
11.	Anexos	39

Índice de Tablas

Tabla 1. Taxonomía del Aguacate (<i>Persea americana</i>).....	6
Tabla 2 . Variables de estudio	16
Tabla 3. Rendimiento obtenido del aceite esencial por arrastre de vapor	18
Tabla 4. Compuestos identificados del aceite esencial de semilla de <i>Persea americana</i>	18
Tabla 5. Concentración de compuestos químicos	20
Tabla 6. Concentración de compuestos bioactivos identificados.....	22

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de la parroquia Malacatos señalando la ubicación de la finca.....	13
---	----

Índice de anexos

Anexo 1. Visita al área de muestreo.....	39
Anexo 2. Recolección de los aguacates.	39
Anexo 3. Extracción y secado de la semilla.....	40
Anexo 4. Molido de la semilla e identificación de las muestras.....	40
Anexo 5. Preparación de la muestra.....	41
Anexo 6. Pesaje del matraz de biomasa vacío.	41
Anexo 7. Colocación de la muestra en el matraz de biomasa.....	41
Anexo 8. Pesaje del matraz de biomasa lleno.	42
Anexo 9. Destilación del material vegetal por arrastre de vapor.	42
Anexo 10. Pesaje del aceite esencial extraído.....	43
Anexo 11. Limpieza del material utilizado.....	43
Anexo 12. Preparación de la muestra.....	44
Anexo 13. Calibración y ajuste de los equipos.	44
Anexo 14. Inyección de las muestras en el cromatógrafo.....	44
Anexo 15. Identificación y cuantificación de los componentes químicos.	45
Anexo 16. Certificado de traducción de resumen	46

1. Título

Determinación de la composición química de la semilla de aguacate (*Persea americana*) como posible alternativa terapéutica en Medicina veterinaria.

2. Resumen

La semilla de aguacate de nombre científico "*Persea americana*", presenta una significativa falta de estudios detallados en su composición química y propiedades, siendo poco exploradas, limitándose como una potencial fuente de compuestos con aplicaciones en medicina veterinaria, ya que su uso tradicional ha sido documentado en la región. El estudio tuvo como objetivo realizar una caracterización química de la semilla de aguacate (*Persea americana*) para determinar su potencial uso en medicina veterinaria, se aplicó un diseño observacional de tipo descriptivo, de corte transversal, utilizando 45 muestras de semillas de aguacate, de 20 - 21 gramos promedio cada una, recolectadas de la misma área de estudio al azar. Estas semillas se homogeneizaron para conformar una muestra de 300 gramos por cada 15 semillas de aguacate, para luego destilar cada una de las muestras. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, se llevaron a cabo métodos cromatográficos y espectrométricos para cuantificar los compuestos presentes. Los resultados muestran un rendimiento promedio de aceite esencial de 0,04 % con una desviación estándar de 0,003 que sugiere diferencias mínimas entre las tres muestras, esto implica que los resultados son consistentes y homogéneos. Por otro lado, la composición química del aceite esencial de la semilla de aguacate se logró identificar 70 compuestos químicos, entre los más relevantes se encuentran Muurolo-4(14),5-diene <trans->, Cryptomeridiol, Cubebene < α ->, Caryophyllene <(E)->, entre otros. Se concluye por la actividad biológica de los compuestos representativos, aceite esencial de semilla de *Persea americana* podría usarse en medicina veterinaria como antibacteriano, antiinflamatorio, antiespasmódico, neuroprotector, antitumoral, anticancerígeno.

Palabras clave: *Persea americana*, aceite esencial, cromatografía

Abstract

The avocado seed, scientifically named "*Persea americana*," presents a significant lack of detailed studies on its chemical composition and properties, being little explored, and being limited as a potential source of compounds with applications in veterinary medicine, since its traditional use has been documented in the region. The study aimed to perform a chemical characterization of avocado (*Persea americana*) seeds to determine their potential use in veterinary medicine. A descriptive, cross-sectional, observational design was applied, using 45 samples of avocado seeds, with an average of 20-21 grams each, collected randomly from the same study area. These seeds were homogenized to form a sample of 300 grams per 15 avocado seeds, and then each sample was distilled. The sampling was non-probabilistic by convenience, chromatographic and spectrometric methods were carried out to quantify the compounds present. The results show an average essential oil yield of 0.04 % with a standard deviation of 0.003 suggesting minimal differences among the three samples, which implies that the results are consistent and homogeneous. On the other hand, the chemical composition of avocado seed essential oil was able to identify 70 chemical compounds, among the most relevant are Muurola-4(14),5-diene <trans->, Cryptomeridiol, Cubebene < α ->, Caryophyllene <(E)->, among others. It is concluded by the biological activity of the representative compounds, that *Persea americana* seed essential oil could be used in veterinary medicine as an antibacterial, anti-inflammatory, antispasmodic, neuroprotective, antitumor, anti-cancer.

Keywords: *Persea americana*, essential oil, chromatography.

3. Introducción

El aguacate (*Persea americana*) es un árbol frutal originario de América, que alcanza alturas de 5 a 20 metros (Moran & Vargas, 2016), la semilla de sus frutos se considera una fuente valiosa en componentes bioactivos, ya que presentan minerales, vitaminas, aminoácidos esenciales como metionina, lisina y triptófano, y diversos fitoquímicos (de Dios Avila et al., 2023). La determinación de la composición química de la semilla de aguacate (*Persea americana*) como posible alternativa terapéutica en Medicina veterinaria es un tema de estudio en continua evolución, en la actualidad se analiza cuidadosamente la composición química de las semillas de aguacate para identificar posibles compuestos bioactivos con un potencial terapéutico para los animales (Zaldivar-Ortega et al., 2023).

La importancia del presente estudio radica en la necesidad de encontrar alternativas naturales y efectivas, abriendo una brecha para la búsqueda de tratamientos más seguros y sostenibles para las diversas enfermedades emergentes; ya que se puede encontrar información etnofarmacología sobre el uso de esta semilla para el tratamiento de enfermedades como hipercolesterolemia, hipertensión, afecciones inflamatorias, diabetes y osteoartritis, también se ha encontrado actividad insecticida, fungicida y antimicrobiana (Barrera & Arrubla, 2017)

El aguacate ha cobrado fuerza en la demanda en los distintos mercados internacionales, en el año 2020 el consumo per cápita de esta fruta es de 0,85 Kg por persona a nivel mundial y de 1 Kg anual en el Ecuador (Álvarez et al., 2021), donde en nuestra región no se le ha brindado la importancia necesaria a la semilla y por ende, las investigaciones acerca de la distribución del contenido químico en la semilla de *Persea americana* son escasas; por tanto, aún encontramos conocimiento limitado de las propiedades que puede tener los compuestos extraídos de la semilla de aguacate, por lo que es imprescindible cuantificar los principales componentes de esta, para su identificación y cuantificación con la finalidad de mejorar el conocimiento y comprensión del fruto, su utilidad y propiciar nuevas investigaciones de aplicación (López, 2019).

La presente investigación trae consigo beneficios como permitir a futuro la identificación de nuevos tratamientos terapéuticos para enfermedades comunes en animales, promover la salud y bienestar animal, y la aportación al desarrollo sostenible de prácticas veterinarias. Además, la investigación potenciaría a la industria farmacéutica en la formulación de nuevos medicamentos a base de esta semilla, para tratar infecciones resistentes a múltiples fármacos, en el sector agrícola se agregaría valor a la semilla y se reducirá desperdicios, y en

salud pública surgirán alternativas para combatir patógenos con resistencia a antibióticos (Santosa et al., 2019)

En el estudio de Adaramola et al. (2023), extrajeron aceite de semilla de aguacate y se analizaron sus compuestos bioactivos mediante Cromatografía de Gases y Espectrometría de Masas (GC-MS) donde identificaron 29 compuestos bioactivos, como el 18-Nonadecen-1-ol como el más predominante, que contiene compuestos con actividades biológicas potenciales, como antifúngicas, antioxidantes y antimicrobianas. De igual forma, Barrera López & Arrubla Vélez (2017) utilizaron la extracción Soxhlet y saponificación asistida por microondas para obtener aceite de las semillas y emplearon Cromatografía de gases (CG) Y Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia (CLAE) para identificar y cuantificar fitoesteroles donde los más abundantes fueron ergosterol y estigmasterol, e indican un uso potencial en formulaciones farmacéuticas y productos nutraceuticos y cosmeceuticos.

Otro estudio desarrollado bajo la misma línea es el de Asiwe et al. (2021) quienes a través de la cromatografía de gases y detector de ionización en llama (GC-FID) determinó que el extracto de la semilla de *Persea americana*, contiene fitoquímicos como la Antocianina, Quinina, Epicatequina, Tanino y Proantocianina, con potenciales propiedades antitumorales, protección del sistema nervioso y mejora de función cognitiva, estos autores también revelaron que el extracto es generalmente seguro para consumo animal hasta 5000 mg/kg pv.

La semilla de *Persea americana* podría ser una fuente de compuestos con posibles y potenciales usos en medicina veterinaria, ya que se ha reportado su uso tradicionalmente en la región y no se han realizado suficientes estudios en el área. El objetivo de la investigación es realizar una caracterización química de la semilla de aguacate (*Persea americana*) para determinar su potencial uso en medicina veterinaria, además, determinar el rendimiento del aceite esencial de la semilla de aguacate (*Persea americana*) mediante arrastre de vapor, posteriormente, identificar los componentes químicos del aceite esencial de la semilla de aguacate (*Persea americana*) por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) y al detector de ionización en llama (CG-FID).

4. Marco Teórico

4.1. Aguacate (*Persea americana*)

4.1.1. Características Generales

La *Persea americana*, conocida popularmente como aguacate, es miembro de la familia Lauraceae y única fruta comestible, que comprende 52 géneros y alrededor de 3500 especies. Esta familia se considera una de las más antiguas entre las dicotiledóneas. El aguacate es una baya de una sola semilla que presenta una gran variabilidad en cuanto a tamaño, forma y características de su piel, pulpa y semilla. Este fruto contiene altos niveles en proteína y bajos porcentajes de azúcares en comparación a otras frutas frescas, también es rico en ácidos orgánicos, sales minerales y vitaminas (Chil-Núñez et al., 2019).

4.1.2. Taxonomía

Tabla 1. Taxonomía del Aguacate (*Persea americana*)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Magnoliidae
Orden	Lurales
Familia	Lauraceae
Género	<i>Persea</i>
Especie	<i>Persea americana</i>
Nombre común	“Palta Fuerte”, “Aguacate”

Fuente. (Bernal & Díaz, 2020)

4.1.3. Descripción Botánica

La *Persea americana* es un árbol de tamaño medio-alto que puede llegar a alturas de diez metros o más. Estos árboles tienen un crecimiento rápido, presentan un tronco recto con corteza lisa y ramas erguidas que forman ángulos de 60° con respecto al eje principal. El follaje es perenne, con hojas dispuestas de forma alterna y de consistencia coriácea. La morfología de las hojas varía según el genotipo: en la variedad mexicana, son glabras, pequeñas y tienen un aroma a anís; mientras que, en otras variedades como la guatemalteca y la antillana, son más grandes, pubescentes y carecen del aroma a anís. Las raíces son ramificadas y poco profundas (Jiménez, 2022).

4.1.4. Zona y Hábitat de Cultivo

Esta planta se cultiva desde los 0 hasta 2500 m s.n.m., pero es recomendable realizar su plantación entre los 800 y 2500 m s.n.m., con la finalidad de evitar las enfermedades que afectan principalmente a las raíces (Chunga, 2015); a su vez la palta requiere de una temperatura promedio entre 16 y 20 °C y suelos francos o franco arenosos, un buen drenaje y pH de 5.5 a 7.5, estos son factores importantes que influyen en el desarrollo de esta (Sotomayor et al., 2019). En Ecuador, las principales provincias productoras de palta son Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Azuay y Loja (Viera et al., 2016).

4.1.5. Usos Tradicionales

Rengifo (2014) menciona que la cáscara de la semilla del aguacate se consume en una infusión acuosa durante tres días para eliminar parásitos nematodos. El mismo autor sugieren que esta semilla se utiliza como un tónico capilar para tratar la caída del cabello y también es efectiva en casos de enterocolitis diarreicas. Además, afirma que varios estudios han evidenciado que el extracto de la semilla posee propiedades antimicrobianas principalmente combatiendo micobacterias, hongos y bacterias Gram tanto positivas y negativas.

4.1.6. Propiedades de la Palta

Maravi & Palomino (2019) afirma que la fruta contiene la mayoría de las sustancias recomendadas para una dieta saludable que contribuyen a mejorar la calidad de vida.

- Contiene 12 de las 13 vitaminas existentes.
- Es rica en vitamina E, lo que favorece el proceso de cicatrización.
- Contiene todas las vitaminas del complejo B, como la B2 o riboflavina, que contribuye a la regeneración de tejidos.
- En cuanto a minerales, se sabe que el aguacate posee potasio, magnesio, hierro, zinc y calcio, los cuales también ayudan en la cicatrización de heridas.
- Tiene propiedades hipolipemiantes y antianémicas.
- Tradicionalmente, se ha utilizado el cocimiento de las semillas como método abortivo y anticonceptivo.

4.2. Compuestos Químicos Presentes en la Semilla de *Persea americana*

4.2.1. Taninos:

Sustancias químicas producidas por las plantas, como los ésteres del ácido gálico o sus variantes vinculados a varios tipos de polioles, catequinas, núcleos triterpenoides, además de oligómeros o polímeros de proantocianidinas, que pueden tener diversos patrones de unión entre flavonoides o diferentes formas de sustitución (Olivas-Aguirre et al., 2015).

Gomes de Melo et al. (2010) plantean que los taninos, al poseer propiedades antioxidantes, puedan estar desempeñando un papel importante en la lucha contra el cáncer y otros procesos que pueden desencadenar enfermedades como la aterosclerosis, el Alzheimer, el Parkinson, la diabetes y las enfermedades cardíacas.

4.2.2. Fenoles y Ácidos Fenólicos:

Son metabolitos secundarios presentes en las plantas y su presencia en los animales se debe a la ingesta de estas. Además, disponen de una gran potencialidad de uso tanto en la industria farmacéutica y de alimentos, dado que estos contienen moléculas bioactivas con diversas propiedades como antidiabéticos, antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígenos, vasodilatadores, analgésicos, antihipertensivos, antidepresivos, anticoagulantes, antitrombótico, antienvjecimiento, antimicrobianos, antialérgicos y la capacidad de combatir la enfermedad de osteoporosis (Abarca-Vargas & Petricevich, 2018).

4.2.3. Saponinas:

Las saponinas son compuestos glicosídicos que contienen un esqueleto triterpénico o esteroideal. Se han realizado pocos estudios sobre estas sustancias químicas como agentes cicatrizantes (Quillay et al., 2018). Las saponinas están asociadas con numerosas actividades biológicas, como efectos antiinflamatorios, anticancerígenos, antibacterianos, antifúngicos y antivirales. Además, son valiosos como adyuvantes, y se han introducido comercialmente las primeras vacunas basadas en saponinas (Troisi et al., 2014)

4.3. Métodos de Extracción de Aceites Esenciales en Plantas

De los métodos más utilizados para la extracción de aceite constan los siguientes:

4.3.1. Hidrodestilación (HD)

Este método abarca mezclar agua y material vegetal para someterlos a ebullición, de esta forma se produce vapor, luego éste es condensado y recolectado en una fase fría dando

como producto la separación del aceite esencial y el agua por acción de polaridad de ambas sustancias. Los aceites esenciales obtenidos muestran notas más intensas y un tono más profundo en comparación con los obtenidos mediante otros métodos (Villamizar-Véliz & Aular, 2022).

4.3.1.1. Hidrodestilación con Trampa de Clevenger.

Para extraer el aceite esencial utilizando el dispositivo de tipo Clevenger en la hidrodestilación, se utiliza un sistema cerrado donde el aceite esencial es vertido en un matraz de destilación donde se repite este proceso con la finalidad de obtener una extracción completa; se puede utilizar distintas estructuras de la planta como son los tallos, flores y hojas ya sean muestras secas o frescas (Villamizar-Véliz & Aular, 2022).

4.3.1.2. Hidrodestilación Asistida por la Radiación con Microondas

El uso de la hidrodestilación asistida por microondas para la extracción de aceites esenciales e hidrolatos hace uso de agua como principal intermediario para la extracción y se evita la degradación térmica por causa del vapor de agua, conservando la estructura de los compuestos volátiles, eliminando el uso de solventes tóxicos y permitiendo el compostaje de la biomasa residual o su conversión en una fuente de energía (Darío & Barajas, 2015).

4.3.2. Destilación Con Arrastre de Vapor

Es uno de los métodos más utilizados para la extracción de aceites esenciales, consiste en el uso de vapor de agua para de esta forma evaporar todas las sustancias volátiles de la muestra vegetal. El vapor atraviesa la materia prima, llevando consigo los aceites esenciales, y luego se enfría y condensa, resultando en un líquido con dos fases, acuosa y orgánica, que constituye el aceite esencial (Bedón & Leon, 2022).

4.3.3. Extracción con Disolventes Orgánicos

Se caracteriza por el uso de solventes orgánicos para disolver los aceites volátiles, ya que atraviesa la muestra vegetal, además hace uso de diferentes puntos de ebullición y necesita bajas temperaturas con el propósito de evitar reacciones no deseadas o destrucción de componentes termosensibles, lo que podría alterar la calidad y eficiencia del aceite. El procedimiento más común es el Soxhlet, donde se extraen otras sustancias como ácidos grasos, ceras y pigmentos (Amaya & Sandoval, 2020).

4.3.4. Extracción con Gases en Condiciones Supercríticas

Un fluido supercrítico es un estado en el que la materia se encuentra bajo condiciones de presión y temperatura por encima de su punto crítico, en este punto, el compuesto se comporta como un gas, pero posee la densidad de un líquido y, por tanto, exhibe poder disolvente. El fluido supercrítico más comúnmente utilizado es el dióxido de carbono de alta pureza ya que no es inflamable ni tóxico (Vargas, 2018).

4.4. Otros Métodos de Extracción

4.4.1. La Extracción Asistida con Ultrasonidos

Es una técnica sencilla, limpia, rápida y amigable con el medio ambiente. Las ondas ultrasónicas liberan los componentes activos rompiendo la pared celular de la muestra y el aumento de temperatura incrementa la difusión del aceite, mejorando la transferencia de masas utilizando la interconexión sólido-líquido (González, 2021).

4.4.2. Prensado en Frío

Hace uso de una fuerza externa, para causar el rompimiento de las paredes celulares de la muestra, lo que permite la liberación del aceite al reducir al máximo el espacio y la presión aplicada. Dentro de los procesos de este método implica actividades como sedimentación, lavado, centrifugado y filtrado (González, 2021).

4.4.3. Prensado en Caliente

Incrementa el volumen de aceite extraído, dado que el aumento de temperatura minimiza la viscosidad del extracto, aumentando su flujo, mejorando la extracción y rendimiento hasta un 80%. El aceite extraído es vertido y almacenado en tanques para su sedimentación y clarificación (Piloto-Rodríguez et al., 2021).

4.4.4. Extracción por Soxhlet

Involucra el lavado repetitivo de la muestra vegetal con un disolvente como el etanol, que arrastra todos los compuestos más solubles de la muestra. Para reducir las altas temperaturas de ebullición necesarias para recuperar el solvente, se puede recurrir a métodos como la evaporación flash o la separación por membrana (Caldas, 2012).

4.5. Técnicas para la Separación e Identificación de Componentes

4.5.1. Cromatografía de Gases Acoplado a Espectrometría de Masas

La cromatografía de gases (GC) es una de las técnicas de separación de componentes de una mezcla, posee 2 estadios: una fase estacionaria, con un área superficial grande, y una fase móvil (gas inerte). La muestra se evapora y es trasladada por el gas de arrastre por medio de la columna con la fase estacionaria, donde los componentes se separan según su presión de vapor y afinidad por la fase estacionaria, y luego se detecta. La espectrometría de masas (MS) analiza la masa de los átomos y moléculas gaseosas ionizadas, separándolas según su relación Masa/carga (m/z). Un espectrómetro de masas acoplado a cromatógrafo de gases es conocido como detector de masas, que se basa en el análisis de iones que se mueven a través del vacío (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], 2020).

4.6. Trabajos Relacionados al Tema de Investigación

González (2021) caracterizó la semilla de aguacate encontrando en su composición de glucósidos del ácido abscísico, polifenoles, triterpenos, ácidos grasos, ácidos furánicos, antocianinas, alcaloides y proantocianidinas oligoméricas. A su vez se considera una fuente rica en carbohidratos, fibra y proteínas, el autor afirma que su alta concentración en acetogeninas permite su uso como antimicrobiano ya que posee una gran capacidad como inhibidor de bacterias 11ran positivas como *Clostridium sporogenes* u otros productores de esporas.

Barrera & Arrubla (2017) utilizaron la caracterización de la semilla de aguacate, utilizando un cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama (GC-FID), junto con una mezcla de tres estándares de fitoesteroles para comparar los tiempos de retención con la fracción de fitoesteroles. A partir de este proceso, se logró identificar tres fitoesteroles principales: ergosterol, que fue determinado de manera cualitativa por CLAE; 5α -colestano, que fue cuantificado por GC-FID con una concentración de 49.77 mg por Kg de aceite; y estigmasterol, con una concentración de 19.17 mg por Kg de aceite.

Moran & Vargas (2016) a través de un estudio fitoquímico en determinaciones cualitativas efectuadas demostró la presencia de altas cantidades de alcaloides y saponinas, además de flavonoides y taninos, corroborados a través de la prueba cromatográfica, aunque su presencia se encuentra en cantidades menores y a través del Test de Dragendorff aplicado al extracto Etanólico para determinar la presencia de Alcaloides.

El estudio fitoquímico realizado por Quispe & Suazo (2014) a través de la caracterización cualitativa de las semillas de aguacate determinaron que las saponinas y alcaloides estaban presentes en mayor cantidad en una fracción específica. Asimismo, se observó la presencia de flavonoides y taninos, la prueba cromatográfica validó estos resultados, confirmando su existencia, aunque en cantidades más limitadas. Además, se identificaron otros componentes como carbohidratos, compuestos fenólicos, triterpenoides, esteroides, naftoquinonas, antranas, alcaloides, antocianinas y carbonilos.

Camargo et al. (2023) encontraron, al caracterizar la semilla de aguacate, que la cantidad de extractos varía en función de la cantidad de flavonoides, esteroides, terpenoides, saponinas y taninos, determinado mediante el método Soxhlet. Según el estudio de caracterización del procesamiento de *Persea americana* para la cáscara y la semilla, los resultados oscilaron entre 15,33% y 23,11%. Además, se identificaron compuestos en la semilla, tales como perseitol, ácido quínico, ácido clorogénico, derivados de quercetina, ácido cítrico de rutina, glucósido de tirosol, penstemida y glucósido de ácido vanílico.

5. Metodología

5.1. Área de Estudio

5.1.1. Descripción del Lugar

La investigación se realizó en la finca del Sr. Carlos Jiménez en el Barrio San Miguel de la parroquia Malacatos de la Provincia y cantón Loja, ubicada al sur de la región interandina de Ecuador perteneciente a la Región 7, geográficamente se encuentra a Latitud: 9526392 a 9545411 Norte, longitud: 684123 a 710008 Este. Limita al Sur por la parroquia Vilcabamba, al Norte por la parroquia San Sebastián (Loja) y El Tambo (Catamayo), al Oeste por la Parroquia Purunuma (Gonzanamá), y al Este por Palanda cantón perteneciente a la provincia de Zamora Chinchipe (Bustán, 2014).

La temperatura de la parroquia Malacatos oscila entre los 19,9 °C dado que se encuentra a una altura de 1479 m s. n. m y con clima subtropical-seco, se encuentra ubicada a 33 Km de la cabecera cantonal Ciudad de Loja (León & Reyes, 2020) (León, 2018).

5.1.2. Mapa

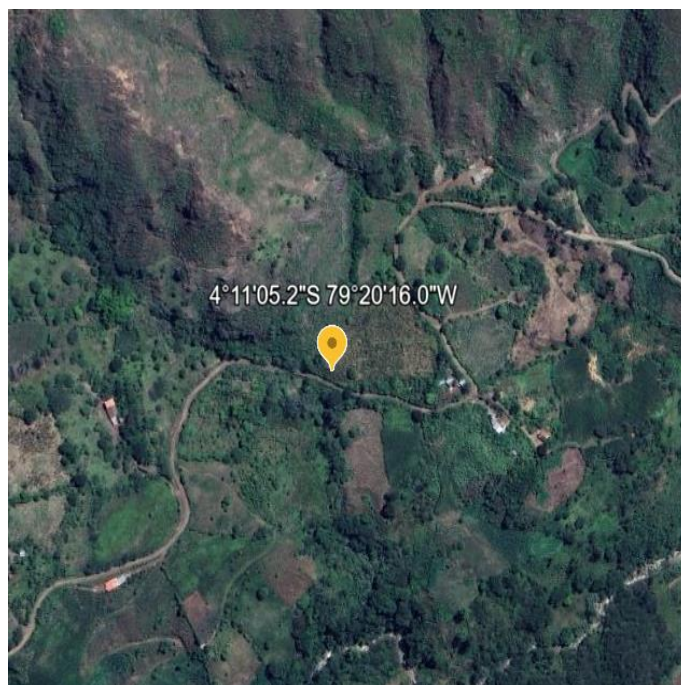


Figura 1. Mapa de la parroquia Malacatos señalando la ubicación de la finca.

Fuente: Google (2024). <https://acortar.link/4tpXje>

5.2. Procedimiento

5.2.1. Enfoque Metodológico

El enfoque metodológico de la presente investigación fue cuantitativo, porque permitió determinar los rendimientos y concentraciones de los compuestos de *Persea americana*. Esto implica el uso de técnicas analíticas como cromatografía y espectrometría de gases acoplado a masas.

5.2.2. Diseño de la Investigación

Se realizó un estudio observacional de tipo descriptivo, de corte transversal. El diseño descriptivo permitió realizar la caracterización de la composición química de las semillas de aguacate *Persea americana*, crucial para evaluar su potencial uso en medicina veterinaria. Es de corte transversal, dado que la toma de muestras se realizó una sola vez en el lugar de estudio, lo que facilitó la recolección directa de datos de las muestras, garantizando precisión en la caracterización de los compuestos presentes.

5.2.3. Tamaño de la Muestra y Tipo de Muestreo

Se recolectaron 45 muestras de semillas de aguacate, de 20 - 21 gramos promedio cada una, las cuales se tomaron de la misma área de estudio al azar. Estas semillas se homogeneizaron para conformar una muestra de 300 gramos por cada 15 semillas de aguacate, material vegetal que sirvió para posterior destilación, esta actividad se realizó por triplicado con la finalidad de disminuir la variabilidad entre las muestras. El tipo de muestreo utilizado es no probabilístico por conveniencia.

5.2.4. Técnicas

5.2.4.1. Recolección del Material Vegetal

Para la recolección del fruto de *Persea americana* fue tomando en consideración la autorización número: MAE-DBN-2016-0655; del Ministerio del Medio Ambiente de Ecuador (MAE), este muestreo se desarrolló en la parroquia Malacatos del cantón y provincia de Loja, ubicada en la zona Sur del Ecuador. Se realizó la colecta del fruto y extracción de las semillas en el momento que la planta se encontraba en estado fenológico de fructificación.

5.2.4.2. Extracción del Aceite Esencial

El aceite esencial se obtuvo por medio del método de destilación por arrastre de vapor haciendo uso del protocolo descrito por (Casado, 2018); este proceso se realizó a partir de la

semilla extraída del fruto de la especie recolectada, haciendo uso de un destilador tipo Clevenger del Departamento de Química y Ciencias Exactas de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL). La mezcla de aceite y agua se recolectó en un florentino, donde se separó por diferencia de densidades, se realizó por triplicado para la especie vegetal objeto de estudio.

5.2.4.3. Determinación del Porcentaje de Rendimiento

Para cada una de las destilaciones, se estipuló el rendimiento porcentual de la extracción del aceite esencial, por medio de la relación aceite vs planta (peso/peso) y se reportó un valor medio de todas las destilaciones realizadas. Para el cálculo del rendimiento se utilizó la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento del aceite esencial (\%)} = \frac{\text{masa del aceite esencial obtenido (g)}}{\text{masa de materia vegetal (g)}} \times 100$$

5.2.4.4. Preparación de las Muestras para Cromatografía

Las muestras fueron preparadas con la ayuda de la guía descrita por Stashenko & Martínez (2011), para ellos se utilizó un vial de cromatografía ámbar de 2 ml de capacidad, en el cual se colocaron 990 μL de diclorometano y 10 μL de aceite esencial de la especie vegetal, obteniéndose una dilución al 1%, así mismo se realizó la inyección de hidrocarburos (C9 a C25), las inyecciones se ejecutaron tanto en la columna DB5-ms como en HP-INOWAX, las mismas que fueron aplicadas para la determinación de los índices de retención lineales, lo que nos permitirá identificar y cuantificar cada uno de los compuestos contenidos en el aceite esencial de la especie vegetal seleccionada como objeto de estudio.

La identificación cualitativa y cuantitativa de los compuestos químicos del aceite esencial se llevó a cabo en base a los índices de Kóvats, este índice nos permitió comparar los tiempos de retención de los compuestos, así mismo se utilizó los espectros de masas, apoyados de la base de datos o librería WILEY 7n.1 (Wiley, 2019).

5.2.4.5. Caracterización Química por cromatografía de gases-masas

Con la finalidad de lograr un análisis cualitativo y cuantitativo del aceite esencial, se realizó la caracterización química con ayuda del protocolo descrito por El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2020) la cual requiere una preparación de las muestras para ser analizadas a través de técnica de Cromatografía de gases acoplado a Espectrometría de masas (CG-EM) y Cromatografía de gases acoplado a un detector

de Ionización de la llama (CG-FID). Las columnas de cromatografía empleadas son DB5-ms y HP-Innowax, de característica apolar y polar, respectivamente.

5.2.5. Variables de Estudio

En la tabla N°2 se describen las variables analizadas en el presente estudio.

Tabla 2 . Variables de estudio

Variable	Definición operacional	Indicadores o medidas	Escala
Rendimiento	El rendimiento del aceite esencial se midió en porcentaje mediante la relación entre la cantidad de material vegetal destilado y la cantidad de aceite obtenido	Porcentaje de aceite obtenido de las muestras destiladas	Razón
Composición química cualitativa	Identificación de los compuestos en base a las muestras destiladas mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas	Compuestos identificados en las muestras destiladas	Nominal
Composición química cuantitativa	Cuantificación de los compuestos identificados en base a las muestras destiladas mediante cromatografía de gases acoplado a un detector de Ionización de la Flama	Concentración en porcentaje de los compuestos identificados en las muestras destiladas	Razón

Fuente: El Autor

5.3. Procesamiento y Análisis de la Información

Los resultados obtenidos en la presente investigación fueron tabulados mediante el uso de estadística descriptiva.

Para determinar el rendimiento del aceite esencial se calculó la media para obtener un valor promedio del rendimiento del aceite esencial y la desviación estándar por la variabilidad que podría presentar el rendimiento. Con respecto a la composición química cualitativa, los compuestos fueron identificados comparando sus índices de retención con los de una serie de n-alcenos y mediante la comparación de sus espectros de masas con los datos almacenados en bibliotecas estandarizadas como WILEY 7n.1 y otras bases de datos de referencia, lo que permitió una identificación precisa de los compuestos químicos. En cuanto a la composición química cuantitativa: Se calculó la media en base a la concentración calculada de los compuestos identificados y la desviación estándar por la variabilidad que podría presentar la

concentración de los compuestos. La determinación de los compuestos mayoritarios se hizo considerando un compuesto como mayoritario si su concentración relativa supera un umbral del 5% de la concentración total (Harris, 2007; Skoog et al., 2018). Los resultados del análisis de variables se presentan mediante tablas y gráficos.

5.4. Consideraciones Éticas

Para la realización de este proyecto de investigación se actuó acorde con las normativas propuestas por el comité de bioética y sugeridas para este tipo de estudios, así mismo la colección del material vegetal se realizó con autorización número: MAE-DBN-2016-0655; del Ministerio del Medio Ambiente de Ecuador (MAE).

6. Resultados

6.1. Rendimiento del Aceite Esencial

El rendimiento del aceite esencial de semilla de *Persea americana* se expone en la tabla 3, donde se expresa el porcentaje de rendimiento de cada muestra y se especifica el valor de la media de las 3 repeticiones de destilación, acompañado de la desviación estándar.

Tabla 3. Rendimiento obtenido del aceite esencial por arrastre de vapor

Muestra	Material vegetal (g)	Aceite esencial (g)	Rendimiento (%)	\bar{x}	σ
Muestra 1	300	0,11	0,04		
Muestra 2	300	0,1	0,03	0,04	0,003
Muestra 3	300	0,12	0,04		

\bar{x} : promedio de todas las destilaciones; σ : desviación estándar.

Fuente: El Autor

La cantidad de aceite esencial extraído varió ligeramente entre las muestras, obteniéndose 0,11 g, 0,10 g y 0,12 g respectivamente. El rendimiento porcentual del aceite esencial fue del 0,04% para las muestras 1 y 3, mientras que la muestra 2 presentó un rendimiento del 0,03%. El promedio general de rendimiento (%), indicado por el promedio de 0,04% con una desviación estándar de 0,003. La desviación estándar sugiere que las diferencias en la cantidad de aceite esencial obtenido son mínimas, esto implica que los resultados de la muestra son consistentes y homogéneos.

6.2. Composición Química del Aceite Esencial de Semilla de Aguacate (*Persea americana*)

6.2.1. Análisis Cualitativo

Tabla 4. Compuestos identificados del aceite esencial de semilla de *Persea americana*

Nº	Compuesto	Nº	Compuesto
1	Muurolo-4(14),5-diene <trans->	36	Thujopsan-2- α -ol
2	Cryptomeridiol	37	Cyclosativene
3	Cubebene < α ->	38	Germacrene D
4	Caryophyllene <(E)->	39	Cadinol < α ->
5	Santalol acetate <(E)- β ->	40	Pseudo phytol <(6Z,10E)->
6	Avocadynofuran	41	Muurolo-5-en-4-one <cis-14-nor->
7	Copaene < α ->	42	Eudesmol < γ ->

8	Humulene < α ->	43	Amorphene < γ ->
9	Cubebene < β ->	44	Eudesmol <7-epi- α ->
10	Zingiberene < α ->	45	Cadina-1,4-diene <trans->
11	Cadinene < δ ->	46	Thujopsenic acid <cis->
12	Guaiene <trans- β ->	47	Atlantol < β ->
13	Oplopanonyl acetate	48	Cymene <o->
14	Amorphene < δ ->	49	Nerolidol <(E)->
15	Bicyclogermacrene	50	Aromadendrene epoxide
16	Zonarene	51	Arbusculone <cis->
17	Muurolene < α ->	52	Cadin-4-en-7-ol
18	Eudesm-11-en-4- α , 6- α -diol	53	Aromadendrene
19	Bergamotene < α -trans->	54	Cadinene < α ->
20	Elemol acetate	55	Cadina-1(6),4-diene<cis->
21	Bulnesene < α ->	56	Limonene
22	Elemene < β ->	57	Piperitol <cis->
23	No identificado	58	Hasmigone <(Z)->
24	Bisabolene <(Z)- α ->	59	Ocimene <(E)- β ->
25	Calamenene <cis->	60	No identificado
26	Copaen-4- α -ol < β ->	61	Benzyl formate
27	Santalol acetate <(Z)-epi- β ->	62	Caryophyllene <9-epi-(E)->
28	Cymene <2,5-dimethoxy- ρ ->	63	Khusimone
29	Cadinene < γ ->	64	No identificado
30	Farnesene <(E,E)- α ->	65	No identificado
31	Pinene < β ->	66	Carene < δ -3->
32	No identificado	67	No identificado
33	Geranyl linalool <(E,E)->	68	Bornyl acetate
34	Farnesyl acetate <(2E,6E)->	69	Dimethyl phenol <2,6->
35	Isoledene	70	Khusinol

Fuente: El Autor

En la tabla 4 se presenta una lista detallada de 70 compuestos químicos que se obtuvieron del aceite esencial extraído de la semilla de aguacate (*Persea americana*) por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM). Se logro identificar el 99,32% de los compuestos químicos.

Para la identificación de los espectros de masas se compararon con los datos estándar de referencia reportados en la literatura (Adams, 2007; Kowalski, 2011; Yayli et al., 2005).

6.2.2. Análisis Cuantitativo

6.2.2.1. Determinación de la concentración de compuestos químicos

A continuación, se presentan todos los compuestos con su respectiva concentración promedio de aceite esencial obtenido por medio del detector de ionización en llama (CG-FID).

Tabla 5. Concentración de compuestos químicos

Compuesto	IR cal.	IR ref.	\bar{x}	σ
Muurolo-4(14),5-diene <trans->	1490	1493	53,71	0,19
Cryptomeridiol	1805	1813	8,90	0,03
Cubebene < α ->	1350	1348	5,21	0,03
Caryophyllene <(E)->	1425	1417	5,17	0,03
Santalol acetate <(E)- β ->	1882	1867	4,40	0,02
Avocadynofuran	1839	1826	3,58	0,01
Copaene < α ->	1380	1374	2,87	0,02
Humulene < α ->	1463	1452	1,54	0,01
Cubebene < β ->	1392	1387	1,39	0,01
Zingiberene < α ->	1496	1493	0,84	0,01
Cadinene < δ ->	1526	1522	0,78	0,01
Guaiene <trans- β ->	1507	1502	0,73	0,01
Oplopanonyl acetate	1887	1887	0,72	0,02
Amorphene < δ ->	1526	1511	0,69	0,01
Bicyclogermacrene	1504	1500	0,69	0,01
Zonarene	1527	1528	0,67	0,01
Muurolene < α ->	1507	1500	0,67	0,01
Eudesm-11-en-4- α , 6- α -diol	1810	1808	0,65	0,01
Bergamotene < α -trans->	1437	1432	0,52	0,01
Elemol acetate	1673	1680	0,42	0,01
Bulnesene < α ->	1516	1509	0,37	0,01
Elemene < β ->	1394	1389	0,35	0,01
N.I	1923	-	0,35	0,02
Bisabolene <(Z)- α ->	1505	1506	0,30	0,01
Calamenene <cis->	1533	1528	0,24	0,01
Copaen-4- α -ol < β ->	1596	1590	0,20	0,01
Santalol acetate <(Z)-epi- β ->	1800	1805	0,20	0,01
Cymene <2,5-dimethoxy- ρ ->	1420	1424	0,19	0,02
Cadinene < γ ->	1522	1513	0,18	0,01

Farnesene <(E,E)- α ->	1510	1505	0,18	0,01
Pinene < β ->	981	974	0,16	0,01
N.I	1403	-	0,16	0,01
Geranyl linalool <(E,E)->	2029	2026	0,16	0,01
Farnesyl acetate <(2E,6E)->	1849	1845	0,15	0,01
Isoledene	1374	1374	0,14	0,01
Thujopsan-2- α -ol	1582	1586	0,14	0,01
Cyclosativene	1358	1369	0,13	0,01
Germacrene D	1483	1480	0,12	0,01
Cadinol < α ->	1661	1652	0,12	0,01
Pseudo phytol <(6Z,10E)->	2033	2030	0,12	0,01
Muurool-5-en-4-one <cis-14-nor->	1692	1688	0,12	0,01
Eudesmol < γ ->	1626	1630	0,11	0,01
Amorphene < γ ->	1500	1495	0,10	0,01
Eudesmol <7-epi- α ->	1658	1662	0,10	0,01
Cadina-1,4-diene <trans->	1542	1533	0,09	0,01
Thujopsenic acid <cis->	1860	1863	0,09	0,01
Atlantol < β ->	1607	1608	0,09	0,01
Cymene <o->	1031	1022	0,09	0,01
Nerolidol <(E)->	1571	1561	0,08	0,01
Aromadendrene epoxide	1634	1639	0,07	0,01
Arbusculone <cis->	1038	1046	0,07	0,01
Cadin-4-en-7-ol	1643	1635	0,06	0,01
Aromadendrene	1441	1439	0,06	0,01
Cadinene < α ->	1546	1537	0,05	0,01
Cadina-1(6),4-diene<cis->	1469	1461	0,05	0,01
Limonene	1034	1024	0,05	0,01
Piperitol <cis->	1194	1195	0,05	0,01
Hasmigone <(Z)->	1327	1327	0,05	0,01
Ocimene <(E)- β ->	1052	1044	0,05	0,01
N.I	1016	-	0,05	0,01
Benzyl formate	1071	1071	0,05	0,01
Caryophyllene <9-epi-(E)->	1467	1464	0,05	0,01
Khusimone	1611	1604	0,05	0,01
N.I	1637	-	0,05	0,01
N.I	1206	-	0,04	0,01
Carene < δ -3->	1012	1008	0,04	0,01

N.I	1416	-	0,04	0,01
Bornyl acetate	1294	1284	0,04	0,01
Dimethyl phenol <2,6->	1115	1106	0,04	0,01
Khusinol	1678	1679	0,02	0,02

σ : Desviación estándar, \bar{x} : Media aritmética, IR Cal: Índice de refracción calculado, IR Ref: Índice de refracción de referencias consultadas, N.I: No identificado.

Fuente: El Autor

Los compuestos de la tabla 5 se encuentran ordenados en relación con el porcentaje promedio de concentración, de mayor a menor, obtenido a través del análisis de áreas relativas. Se expresa la manera de identificación de compuestos donde la diferencia entre los índices de refracción calculado y de referencia indican la precisión de la identificación del compuesto. De igual manera la desviación estándar muestra una baja dispersión o variabilidad entre repeticiones de la cromatografía de gases acoplada al detector de ionización en llama (GC-FID)

6.2.2.2. Identificación de los compuestos mayoritarios de *Persea americana*

Tabla 6. Concentración de compuestos bioactivos identificados

Compuesto	\bar{x} (%)	σ
Muurola-4(14),5-diene <trans->	53,71	0,19
Cryptomeridiol	8,90	0,03
Cubebene < α ->	5,21	0,03
Caryophyllene <(E)->	5,17	0,03

\bar{x} : Media aritmética σ : Desviación estándar.

Fuente: El Autor

La Tabla 6 presenta las concentraciones promedio de los principales compuestos Bioactivos identificados en el aceite esencial de semilla de *Persea americana* que son: Muurola-4(14),5-diene <trans-> (53,71%), Cryptomeridiol (8,90%), Cubebene < α -> (5,21%), Caryophyllene <(E)-> (5,17%), considerados como mayoritarios e importantes por su alta concentración superior al 5% (Harris, 2007; Skoog et al., 2018), lo que resalta su relevancia en la composición del aceite. Además, se incluye la desviación estándar correspondiente la cual refleja una consistencia significativa en los resultados.

7. Discusión

7.1. Determinación del Rendimiento del Aceite Esencial

En el análisis del rendimiento de aceite esencial obtenido mediante extracción por arrastre de vapor a partir de semillas de aguacate, se observa una variabilidad significativa en los resultados reportados por diferentes estudios. En la presente investigación, se logró un rendimiento de apenas 0,04%, un valor considerablemente menor en comparación con los hallazgos de otras investigaciones. Por ejemplo, Gamboa (2023) reporta un rendimiento de entre 0,24% y 0,34%, mientras que Martínez (2022) alcanzó un 5,21% utilizando el mismo método. Además, Onukwube et al. (2024) documenta un rendimiento de 17,4% en la extracción de aceite a partir de semillas de aguacate. Estas variaciones podrían estar relacionadas con factores como la madurez y el tipo de semilla, las condiciones específicas de extracción, o las diferencias en los protocolos experimentales utilizados en cada estudio. La variabilidad sugiere la necesidad de una estandarización en los métodos de extracción y en el tratamiento de las muestras para lograr resultados más consistentes y comparables.

7.2. Composición Química del Aceite Esencial de *Persea americana*.

7.2.1. Análisis Cualitativo

En nuestra investigación se determinó una composición química del aceite de la semilla de aguacate de un total de 64 compuestos. Entre los más importantes se encuentran Muurola-4(14),5-diene <trans->, Cryptomeridiol, Cubebene < α ->, Caryophyllene <(E)->, a comparación de los compuestos presentados por Adaramola et al., (2023) en su investigación a través de espectrometría de masas por cromatografía de gases, establecieron la presencia de 29 compuestos de los cuales los principales son 18-Nonadecen-1-ol, 3-Ethyl-3-pentanol y 10-Undecyn-1-ol.

(Figuroa et al., 2018) en su trabajo de investigación obtuvo 83 compuestos identificados a través del método utilizando extracción acelerada con solventes (ASE) y cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas de alta definición y precisión (Q-TOF) reportando los compuestos como Perseitol, Quinic acid, Malic acid, entre otros. Esto sugiere que la técnica analítica debe basarse en los objetos de estudio y el tipo de compuesto de interés, esto indica que el aceite de semilla de aguacate posee una amplia gama de compuestos bioactivos cuya caracterización completa requiere de métodos complementarios.

7.2.2. Análisis Cuantitativo

7.2.2.1. Determinación de la Concentración de Compuestos Químicos

a. Muurola-4(14),5-diene <trans->

En diversos estudios se ha resaltado la presencia del compuesto Muurola-4(14),5-diene <trans-> en aceites esenciales empleando cromatografía de gases acoplada al detector de ionización en llama (GC-FID). Tourabi et al. (2023) en su investigación, encontraron que el compuesto Muurola-4(14),5-diene <trans-> representa el 1,87%, mientras que, Moraes et al. (2023) encontró que este compuesto representa el 7,14% del aceite esencial de su investigación utilizan el mismo método.

En la presente investigación se destaca que este compuesto alcanza una concentración aún mucho mayor del 53,7% indicando su relevancia como componente principal. Este hallazgo resalta la importancia de la variabilidad de las concentraciones de muurola según la especie y las condiciones de extracción y concuerda con (Prosser et al., 2006) quienes en su investigación determinaron concentraciones significativas del muurola-3,5-dieno (45%) y cis-muurola-4(14),5-dieno (43%) utilizando el mismo método de identificación. Estos estudios en conjunto sugieren que el Muurola-4(14),5-diene <trans-> y sus variantes desempeñan un papel funcional y significativo en los aceites esenciales, dado su elevado contenido en diferentes especies y su identificación consistente mediante técnicas analíticas.

b. Cryptomeridiol

En la presente investigación, se encontró que el aceite esencial contiene una concentración de Cryptomeridiol del 8,90%, utilizando cromatografía de gases acoplada al detector de ionización en llama (GC-FID). Este resultado es considerablemente menor que las concentraciones reportadas en estudios previos de aceite esencial de otras fuentes. Por ejemplo, Silva et al. (2009) identificó una concentración de Cryptomeridiol del 14,2% en el aceite esencial de su investigación, mientras Cardoso et al. (2009) reportó concentraciones de 12% en aceites de otros frutos de la misma familia. Estas diferencias sugieren que, aunque el Cryptomeridiol es un componente relevante en aceites esenciales de distintas fuentes, la variabilidad natural entre especies puede influir en su concentración.

Por otra parte, la investigación de Tanaka et al. (2020) encontró concentraciones de Cryptomeridiol mucho menores, de 0,41% y 0,68% lo que indica que tanto el método de extracción como la parte de la planta utilizada pueden afectar considerablemente la presencia

de este compuesto. En comparación, la concentración de 8,90% encontrada en el presente estudio se alinea más con las concentraciones observadas en aceites esenciales de frutos, en lugar de los valores más bajos típicos en aceites esenciales. Estos resultados resaltan como factores como la especie el método de extracción y la parte de la planta utilizada influyen en el contenido.

c. Cubebene <α->

La presente investigación, se encontró que el Cubebene <α-> constituye el 5,21% del aceite esencial analizado. Este valor es considerablemente más bajo que el reportado por estudios previos; por ejemplo, Chau et al. (2015) documentaron una concentración del 12,9% de Cubebene <α-> en el aceite esencial estudiado, mientras que Hernández (2020) encontró en su estudio de aceites esenciales un contenido de 18,3% de este compuesto. En contraste Cid-Pérez et al. (2021) quienes identificaron al Cubebene <α-> como uno de los componentes mayoritarios en su estudio, con una concentración de solo 0,558%. Para todos estos estudios se utilizó la misma técnica de cromatografía de gases acoplada al detector de ionización en llama (GC-FID). La diferencia en concentraciones sugiere que este compuesto puede variar considerablemente enfatizando la influencia de factores biológicos y de la extracción del Cubebene <α-> en los aceites esenciales.

d. Caryophyllene <(E)->

En el estudio actual se identificó una concentración de 5,17% de Caryophyllene <(E)-> en el aceite esencial, una cantidad notablemente menor en comparación a estudios previos. Por ejemplo, Mera (2020) reportó una concentración del 8,84% en el aceite esencial, utilizando cromatografía de gases acoplada al detector de ionización en llama (GC-FID), de igual manera da Camara et al. (2020) encontró un valor considerablemente alto, de 21,2% en el aceite esencial estudiado. Asimismo, Amani et al. (2007) documentaron una concentración del 10,8% de este compuesto, destacando la variabilidad en la composición de estos aceites esenciales. En contraste Cid-Pérez et al. (2021) identificaron una concentración de tan solo 0,186% de Caryophyllene <(E)->, mostrando como las cantidades de este compuesto pueden variar de manera significativa entre diferentes fuentes, el método de extracción y la parte de la planta utilizada, que afectan la composición final del aceite esencial. El hallazgo de 5,17% en la presente investigación sitúa a este compuesto como un componente relevante y potencial terapéutico.

7.2.2.2. Identificación de los Compuestos Mayoritarios de *Persea americana*

a. *Muurola-4(14),5-diene <trans->*

Según Tourabi et al. (2023) en su investigación lograron identificar al cis-Muurola-4(15),5-diene, destacándose principalmente por su fuerte capacidad antifúngica, en particular mostrando eficacia contra *Candida albicans*, además contribuye como antioxidante protegiendo de daños oxidativos, posee actividad antimicrobiana y propiedades insecticidas especialmente contra el *Callosobruchus maculatus*; lo que concuerda con Moraes et al. (2023) quienes destacan en su estudio que este compuesto actúa como coadyuvante en las propiedades antifúngicas y antimicrobianas, especialmente actuando en diversas sepas de *Candida spp.*

Chaturvedi et al. (2021) identificó al Muurola-4(14),5-diene <trans-> en el aceite esencial estudiado, que en conjunto con otros constituyentes muestran una gran eficacia contra bacterias patógenas, y de igual forma demostrando potentes propiedades antifúngicas. Además, de acuerdo con los datos reportados por PlantaeDB (2024) el compuesto trans-Muurola-4(14),5-dieno presenta la capacidad de inhibición del transportador OATP2B1, lo que podría permitir reducir las dosis de fármacos combinados ya que mejora la absorción de medicamentos, de igual forma contribuye a prevenir la toxicidad en órganos específicos, ya que optimiza la concentración de los fármacos.

b. *Cryptomeridiol*

Este compuesto es frecuentemente encontrado en aceites esenciales de plantas relacionadas a la *Persea americana*, por tanto, en un estudio realizado por Silva et al. (2009), encontraron a este compuesto como mayoritario con una concentración superior a otros, al igual que Cardoso et al. (2009) en su investigación de aceites esenciales lo reporta como uno de los mayoritario alcanzado concentraciones altas.

El cryptomeridiol muestra una variedad de propiedades terapéuticas destacadas. Según Li et al (2022), el cryptomeridiol posee una eficacia antitumoral significativa en el carcinoma hepatocelular (HCC). Además, establece que el cryptomeridiol tiene efectos ansiolíticos, destaca por su actividad antibacteriana, siendo un candidato potencial para nuevos tratamientos antimicrobianos y exhibe propiedades hepatoprotectoras, protegiendo el hígado contra daños y enfermedades hepáticas.

Según Tong et al. (2018) describieron que este compuesto, actúa como antiespasmódico, ayudando a aliviar los espasmos musculares. Además, identificaron que posee

propiedades antioxidantes que pueden combatir el daño celular, y que es antihiperlipidémico ayudando a reducir los niveles de lípidos en la sangre. Adicional señalaron que el Cryptomeridiol tiene actividades antibacterianas útiles para tratar infecciones.

c. Cubebene < α ->

En el estudio, publicado por Cid-Pérez et al. (2021), se examina la composición del aceite esencial de la semilla de *Persea americana* y se resalta al Cubebene < α -> como parte de los compuestos mayoritarios. Ramos et al. (2020) mencionan en su investigación que el Cubebene < α -> posee propiedades inmunomoduladores. Además, Park et al. (2015) destacan que este compuesto protege las células neuronales de la muerte por glutamato es decir posee propiedades neuroprotectoras para enfermedades neurodegenerativas.

Igualmente Jang et al. (2017) mencionan que el Cubebene < α -> posee propiedades antiproliferativas, especialmente de las células musculares lisas vasculares, además posee capacidad antiinflamatoria o regenerativa al regula la expresión de osteopática vascular. En constancia, Park et al., (2013) destaca que este compuesto tiene propiedades neuroprotectoras y antiinflamatorias, también actúa como antioxidante al reducir la generación de especies reactivas de oxígeno. Estos estudios sugieren que el Cubebene < α -> tiene potencial terapéutico en enfermedades degenerativas y vasculares.

d. Caryophyllene <(E)->

Este compuesto es también parte de los compuestos mayoritarios presentados por Cid-Pérez et al. (2021) en su investigación sobre la composición del aceite esencial de la semilla de aguacate. Dickson et al. (2023) expresa en su investigación varias propiedades del Caryophyllene <(E)->, como un potente antiinflamatorio al activar el receptor cannabinoide tipo 2, además demostró actividad antibacteriana contra múltiples especies de bacterias, incluyendo *Escherichia coli*. Posee efectos anestésicos locales, y es considerado seguro toxicológicamente. Francomano et al. (2019) concuerda en que este compuesto posee actividad antiinflamatoria y antibacteriana, añade que también posee propiedades neuroprotectoras, antitumorales y tiene efectos anticonvulsivos, analgésicos, miorelajantes, sedantes y antidepresivos.

Di Sotto et al., (2020) destacan propiedades anticancerígenas y antiproliferativos, sensibilizando las células cancerosas a los tratamientos quimioterapéuticos, tiene acción citoprotector protegiendo las células de tratamiento tóxicos, recalca como los otros autores las

propiedades antiinflamatorias y antimutagénicos. (Kouao et al., 2023) en su estudio destaca las mismas propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antimicrobianas y analgésicas.

8. Conclusión

- El rendimiento del aceite esencial de la semilla de aguacate (*Persea americana*) fue de 0,04 utilizando el método de arrastre de vapor.
- Se lograron identificar 70 compuestos químicos a través de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-EM) y la concentración de estos compuestos fue determinada utilizando el detector de ionización en llama (CG-FID)
- Los compuestos mayoritarios son: Muurolo-4(14),5-diene <trans->, Cryptomeridiol, Cubebene < α -> y Caryophyllene <(E)->.
- Los compuestos mayoritarios identificados por su concentración han demostrado tener potencial terapéutico como antibacterianos, antiinflamatorios, antiespasmódicos, neuroprotectores, antitumorales, anticancerígenos, sugiriendo su posible uso en aplicaciones veterinarias para mejorar la salud animal.

9. Recomendaciones

- Se recomienda optimizar e investigar otros métodos de extracción, tales como la extracción con solventes orgánicos o extracción asistida por ultrasonido. Métodos que podrían mejorar la eficiencia y pureza de los compuestos bioactivos obtenidos, incrementando su aplicación en la medicina veterinaria.
- Es fundamental la realización de estudios clínicos bajo condiciones controladas, de esta forma confirmar la eficiencia y seguridad de los extractos de semilla de aguacate en tratamientos para animales. Estos estudios deben evaluar las interacciones de estos compuestos con otros principios activos asegurando su uso seguro en la práctica veterinaria.

10. Bibliografía

- Abarca-Vargas, R., & Petricevich, V. (2018). Importancia biológica de los compuestos fenólicos. *Inventio*, 14(34), 33–38. <https://doi.org/10.30973/inventio/2018.14.34/4>
- Adaramola, F. B., Ibhafidon, S., Adewole, S. A., & Oluwaseun, A. (2023). Determination of Bioactive Constituents and Mineral Contents of Avocado Pear Seed Oil. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*, 9(1a), 177–184. <https://doi.org/10.4314/dujopas.v9i1a.18>
- Álvarez, J. J., Vite, H., Garzón, V. J., & Carvajal, H. (2021). Análisis de la producción de aguacate en el Ecuador y su exportación a mercados internacionales en el periodo 2008 al 2018. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(1), 164–172. <https://orcid.org/0000-0003-4605-3709>
- Amani, S., Tracanna, M., González, A., Rodríguez, A., Poch, M., & Schuff, C. (2007). 51-composición química y actividad biológica del aceite esencial de salvia sp. (Lamiaceae) de Tucuman, Argentina. *BLACPMA*, 6. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85617508075>
- Amaya, P. A., & Sandoval, J. J. (2020). *Evaluación de la obtención y uso del aceite esencial de eucalipto (Eucalyptus globulus) como fungicida*. <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/8101/1/6172326-2020-2-IQ.pdf>
- Asiwe, E., Igwe, C., Iheanacho, K., Onyeocha, I., & Onwuliri, V. (2021). Bioactive Composition and Acute Oral Toxicity Studies on Persea Americana Seed Ethyl Acetate Fraction. *Asian Journal of Research in Biochemistry*, 8(4), 10–17. <https://doi.org/10.9734/ajrb/2021/v8i430186>
- Barrera López, R. E., & Arrubla Vélez, J. P. (2017). Análisis de fitoesteroles en la semilla de Persea americana miller (Var. Lorena) por cromatografía de gases y cromatografía líquida de alta eficiencia. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 13(1), 35–41. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2013>
- Barrera, R. E., & Arrubla, J. P. (2017). Análisis de fitoesteroles en la semilla de Persea americana miller (Var. Lorena) por cromatografía de gases y cromatografía líquida de alta eficiencia. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 13(1), 35–41. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2013>

- Bedón, K. A., & Leon, N. I. (2022). *Extracción del aceite esencial de matico (Piper aduncum) mediante el método de arrastre de vapor*. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9349/1/PC-002353.pdf>
- Bernal, J., & Díaz, C. (2020). Generalidades del Cultivo. *Tecnología Para El Cultivo Del Aguacate*.
- Bustán, D. A. (2014). *Plan de acción para promoción del atractivo turístico “cerro la mina”, parroquia Malacatos, cantón Loja, provincia de Loja*.
- Caldas, A. P. (2012). *Optimización, escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2468/1/tq1111.pdf>
- Camargo, L. V., Retrepo, D. L., Castro, A. J., & Vargas, A. (2023). *Producción de ácido láctico (D-AL) a partir de la semilla de aguacate tipo Hass, por la cepa lactogénica Escherichia coli* *Ju15*, *21*(1), 21–39. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/2364/2939>
- Cardoso, C. A. L., Lima, A. S. V., Ré-Poppi, N., & Vieira, M. D. C. (2009). Fruit oil of campomanesia xanthocarpa O. Berg and campomanesia adamantium O. Berg. *Journal of Essential Oil Research*, *21*(6), 481–483. <https://doi.org/10.1080/10412905.2009.9700223>
- Casado, I. (2018). *Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor*.
- Chaturvedi, T., Singh, S., Nishad, I., Kumar, A., Tiwari, N., Tandon, S., Saikia, D., & Verma, R. S. (2021). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of senescent leaves of guava (*Psidium guajava* L.). *Natural Product Research*, *35*(8), 1393–1397. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1648462>
- Chau, L., Thang, T., Tu, N., Dai, D., & Ogunwande, I. (2015). Constituents of essential oils from the leaves, stems and roots of *Zingiber gramineum* and *Zingiber rufopilosum*. *Blacpma*, *6*, 449–455. www.blacpma.usach.cl
- Chil-Núñez, I., Molina-Bertrán, S., Ortiz-Zamora, L., Dutok CMS, & Souto RNP1. (2019). Estado del Arte de la especie *Persea americana* Mill (aguacate). *Amazonia Investiga*, *8*, 73–83. <https://orcid.org/0000-0002-8795-1217>
- Chunga, A. M. (2015). *Determinación de la acción antimicótica in vitro de un gel elaborado a partir del aloe vera y Persea americana en la universidad de guayaquil, facultad de ciencias químicas*. *Guayaquil*, 2014.

<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/fbee5302-084d-4617-8c6c-6dbcd84a6c7c/content>

- Cid-Pérez, T., Hernández-Carranza, P., Ochoa-Velasco, C., Ruiz-López, I., Nevárez-Moorillón, G., & Ávila-Sosa, R. (2021). Avocado seeds (*Persea americana* cv. Criollo sp.): Lipophilic compounds profile and biological activities. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(6), 3384–3390. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.02.087>
- da Camara, C., Lima, G., de Moraes, M., da Silva, M., de Melo, J., dos Santos, M., & Fagg, C. (2020). Chemical composition and acaricidal activity of essential oils and selected terpenes from two species of *Psidium* in the Cerrado biome of Brazil against *Tetranychus urticae*. *Blacpma*, 19, 15–28. <https://doi.org/10.37360/blacpma.20.19.1.2>
- Darío, O., & Barajas, A. F. (2015). Hidrodestilación asistida con microondas (MWHHD) para la extracción de hidrolatos de plantas aromáticas. *Revista Politécnica*, 11(21), 51–55.
- de Dios Avila, N., Tirado-Gallegos, J. M., Rios-Velasco, C., Esquivel-Luna, G., Virgen-Estrada, M. O., & Campos-Camero, O. J. (2023). Propiedades composicionales, estructurales y fisicoquímicas de las semillas de aguacate y sus potenciales usos agroindustriales. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 24(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2607
- Di Sotto, A., Mancinelli, R., Gullì, M., Eufemi, M., Mammola, C. L., Mazzanti, G., & Di Giacomo, S. (2020). Chemopreventive potential of caryophyllane sesquiterpenes: An overview of preliminary evidence. In *Cancers* (Vol. 12, Issue 10, pp. 1–49). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/cancers12103034>
- Dickson, K., Scott, C., White, H., Zhou, J., Kelly, M., & Lehmann, C. (2023). Antibacterial and Analgesic Properties of Beta-Caryophyllene in a Murine Urinary Tract Infection Model. *Molecules*, 28(10). <https://doi.org/10.3390/molecules28104144>
- Figueroa, J. G., Borrás-Linares, I., Lozano-Sánchez, J., & Segura-Carretero, A. (2018). Comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in the seed and seed coat of avocado by HPLC-DAD-ESI-QTOF-MS. *Food Research International*, 105, 752–763. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.082>
- Francomano, F., Caruso, A., Barbarossa, A., Fazio, A., Torre, C. La, Ceramella, J., Mallamaci, R., Saturnino, C., Iacopetta, D., & Sinicropi, M. S. (2019). β -caryophyllene: A

- sesquiterpene with countless biological properties. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 9, Issue 24). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/app9245420>
- Gamboa, W. (2023). *Extracción, características físicoquímicas y estabilidad oxidativa del aceite de la semilla de palta (Persea americana mill) de variedad fuerte procedente del distrito de Rocchacc, provincia de Chincheros, Region Apurimac, 2021.*
- Gomes de Melo, J., de Sousa Araújo, T. A., Nobre De Almeida Castro, V. T., de Vasconcelos Cabral, D. L., do Desterro Rodrigues, M., Carneiro Do Nascimento, S., Cavalcanti De Amorim, E. L., & de Albuquerque, U. P. (2010). Antiproliferative activity, antioxidant capacity and tannin content in plants of semi-arid Northeastern Brazil. *Molecules*, 15(12), 8534–8542. <https://doi.org/10.3390/molecules15128534>
- González, L. M. (2021). *Potencialidades del aceite de la semilla de aguacate en la salud y su sostenibilidad ambiental y económica.* <https://repositorio.unicordoba.edu.co/server/api/core/bitstreams/e830bf5d-8a85-4f22-9122-3902e590eee9/content>
- Google. (2024). *Vista aérea de Finca Jiménez (Google Earth).* https://www.google.com/search?q=jimenez&rlz=1C1ONGR_esEC931EC943&oq=jimenez&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqCggAEAAySgQMYgAQyCggAEAAySgQMYgAQyBwgBEAAyGgAQyDQgCEC4YrweYxwEYgAQyBwgDEC4YgAQyBwgEEC4YgAQyBwgFEAAyGgAQyBwgGEC4YgAQyBwgHEAAyGgAQyBwgIEAAyGgAQyBwgJEAAYgATSAQgxMzQzajBqN6gCALACAA&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Hernández, A. (2020). *Desarrollo de Sistemas Microencapsulados de Aceite Esencial de Cubeba (Piper Cubeba L.) en Matrices de Biopolímeros por Spray-Drying: Aplicación Potencial como Sistemas de Liberación Lenta de Atrayentes para el Escarabajo Xyleborus Glabratus.*
- IDEAM. (2020, October 21). *Instructivo de manejo del cromatógrafo de gases acoplado al detector selectivo de masas de triple cuadrupolo Agilent GC 7890B/QqQ 7000D.*
- Jang, M. A., Lee, S. J., Baek, S. E., Park, S. Y., Choi, Y. W., & Kim, C. D. (2017). α -Isocubebene inhibits PDGF-induced vascular smooth muscle cell proliferation by suppressing osteopontin expression. *PLoS ONE*, 12(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170699>

- Jiménez, N. (2022). *Caracterización del aceite de Persea americana Mills “palta” procedente de La Cuesta, Otuzco, obtenido artesanalmente. Trujillo 2022.*
- Kouao, T. A., Ouattara, Z. A., Kambiré, D. A., Kouamé, B. A., Mamyrbékova-Békro, J. A., Tomi, P., Paoli, M., Bighelli, A., Békro, Y. A., & Tomi, F. (2023). Caryophyllene-Rich Essential Oils of Two Species from Southern Côte d’Ivoire: Guibourtia ehie (A. Chev.) J Léonard (Caesalpiniaceae) and Oricia suaveolens (Engl.) Verd. (Rutaceae). *Compounds*, 3(1), 73–82. <https://doi.org/10.3390/compounds3010006>
- León, R. M. (2018). *El turismo rural como estrategia de desarrollo turístico para la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja.* Universidad Estatal Amazónica.
- León, R. M., & Reyes, M. V. (2020). Diagnóstico de la situación turística de la parroquia Malacatos, cantón y provincia de Loja (Ecuador). *Universidad Estatal Amazónica*, 9(1).
- Li, X., Chen, Q., Liu, J., Lai, S., Zhang, M., Zhen, T., Hu, H., Gao, X., Wong, A., & Zeng, J.-Z. (2022). Orphan Nuclear Receptor Nur77 Mediates the Lethal Endoplasmic Reticulum Stress and Therapeutic Efficacy of Cryptomeridiol in Hepatocellular Carcinoma. *Cells*, 11(23). <https://doi.org/10.3390/cells11233870>
- López, I. (2019). *Estimación de la degradabilidad y la producción de gas In vitro de la semilla de aguacate (Persea americana Mill) para la utilización en la elaboración en dietas para caprinos.* Instituto Tecnológico de Huejutla.
- Maravi, I. A., & Palomino, K. C. (2019). *Efecto antibacteriano in vitro del extracto Etanólico de la semilla de Persea americana (palta) en cepas de Staphylococcus aureus ATCC 25923.*
- Martínez, K. E. (2022). *Diseño de un contenedor para almacenamiento en frío a partir del aceite vegetal de semilla de aguacate maduro.* UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.
- Mera, C. (2020). Caracterización química del aceite esencial de orégano como agente bioconservador en alimentos. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 24(105), 54–62. <https://doi.org/10.47460/uct.v24i105.381>
- Moraes, M., Marques, S. H., Santana, M., Neves, J., Barbosa, A. A., do Nascimento, L. D., Oliveira, O., Skelding, G. M., & de Aguiar, E. H. (2023). Exploring the chemical composition, in vitro and in silico study of the anticandidal properties of annonaceae

- species essential oils from the Amazon. *PLOS ONE*, 18(8 August).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289991>
- Moran, L. P., & Vargas, J. (2016). Efecto del extracto etanólico de la semilla *Persea americana* sobre la fertilidad en ratas “*Rattus norvegicus*.” *Revista Internacional de Salud Materno Fetal*, 2–11.
- Olivas-Aguirre, F. J., Wall-Medrano, A., González-Aguilar, G. A., López-Díaz, J. A., Álvarez-Parrilla, E., de La Rosa, L. A., & Ramos-Jimenez, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. In *Nutrición Hospitalaria* (Vol. 31, Issue 1, pp. 55–66). Grupo Aula Medica S.A.
<https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7699>
- Onukwube, N., Amadi, E., Anarado, I., & Ehiemere, A. (2024). Comparative Fatty Acid Profiling and Physicochemical Analysis of *Persea Americana* Mill. Oil Extracted from Two Different Methods. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*, IX(IV), 48–61. <https://doi.org/10.51584/ijrias.2024.90404>
- Park, S. Y., Jung, W. J., Kang, J. S., Kim, C. M., Park, G., & Choi, Y. W. (2015). Neuroprotective effects of α -iso-cubebene against glutamate-induced damage in the HT22 hippocampal neuronal cell line. *International Journal of Molecular Medicine*, 35(2), 525–532. <https://doi.org/10.3892/ijmm.2014.2031>
- Park, S. Y., Park, S. J., Park, N. J., Joo, W. H., Lee, S. J., & Choi, Y. W. (2013). α -Iso-cubebene exerts neuroprotective effects in amyloid beta stimulated microglia activation. *Neuroscience Letters*, 555, 143–148. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2013.09.053>
- Piloto-Rodríguez, R., Suárez-Hernández, J., Díaz Domínguez, Y., & Ortiz-Alvarez, M. (2021). *Biodiésel: producción y uso* (Vol. 2).
<https://www.researchgate.net/publication/356281817>
- PlantaeDB. (2024). *Trans-Muurola-4(14),5-diene*. <https://plantaedb.com/compounds/trans-muurola-4145-diene#int-admet>
- Prosser, I., Adams, R., Beale, M., Hawkins, N., Phillips, A., Pickett, J., & Field, L. (2006). Cloning and functional characterisation of a cis-muuroladiene synthase from black peppermint (*Mentha × piperita*) and direct evidence for a chemotype unable to synthesise farnesene. *Phytochemistry*, 67(15), 1564–1571.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.06.012>

- Quillay, M. A., Arana, Y. A., Jaramillo, C. G., Cuenca, S., Rojas, L. L., & Jaramillo, V. (2018). Contenido de saponinas y actividad cicatrizante de *Cecropia peltata* y *Parthenium hysterophorus*. *Revista Cubana de Farmacia*, 51(3). <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/250/147>
- Quispe, J. A., & Suazo, F. (2014). *Efecto anticonceptivo del extracto Etanólico de la semilla de Persea americana (palta) en ratones hembras durante el periodo enero-marzo 2014*.
- Ramos, S., Tarqui, S., Oña, E., Flores, Y., & Almanza, G. (2020). Comparative characterizing analysis of essential oils of five species of the genus *baccharis*, collected in three counties at la paz, Bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 37(1), 1–11.
- Rengifo, P. G. (2014). *Caracterización del aceite de la semilla de palta Persea Americana Mill. Var. Hass fuerte y medición de su actividad antioxidante*.
- Santosa, C., Rosyadi, I., Arifianto, D., & Siti Oktavia, S. I. (2019). Kajian Kliniko-patologik dan Antimikroba Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*). *Jurnal Sain Veteriner*, 37(2), 160. <https://doi.org/10.22146/jsv.40445>
- Silva, J. R. M., Ré-Poppi, N., & Cardoso, C. A. L. (2009). Fruit oil of *campomanesia pubescens* (myrtaceae). *Journal of Essential Oil Research*, 21(4), 315–316. <https://doi.org/10.1080/10412905.2009.9700180>
- Sotomayor, A., Viera, W., Viteri, P., Posso, M., Racines, M., González, A., Jin, K., & Villavicencio, A. (2019). *Manual técnico para la producción de plantas injertadas de aguacate (Persea americana Mill.) de alta calidad*.
- Stashenko, E., & Martínez, J. (2011). Preparación de la muestra: un paso crucial para el análisis por GC-MS. *Scientia Chromatographica*, 3(1), 25–49. <https://doi.org/10.4322/sc.2011.003>
- Tanaka, S., Tomita, R., Saijo, H., Takahashi, K., & Ashitani, T. (2020). Growth-inhibitory activity of components in *Cryptomeria japonica* leaves against *Robinia pseudoacacia*. *Journal of Forest Research*, 25(3), 192–197. <https://doi.org/10.1080/13416979.2020.1747150>
- Tong, Y., Su, P., Guan, H., Hu, T., Chen, J., Zhang, Y., Zhao, Y., Gao, L., Zhang, X., Huang, L., & Gao, W. (2018). Eudesmane-type sesquiterpene diols directly synthesized by a sesquiterpene cyclase in *Tripterygium wilfordii*. *Biochemical Journal*, 475(17), 2713–2725. <https://doi.org/10.1042/BCJ20180353>

- Tourabi, M., Nouioura, G., Touijer, H., Baghouz, A., El Ghouizi, A., Chebaibi, M., Bakour, M., Ousaaid, D., Almaary, K. S., Nafidi, H.-A., Bourhia, M., Farid, K., Lyoussi, B., & Derwich, E. (2023). Antioxidant, Antimicrobial, and Insecticidal Properties of Chemically Characterized Essential Oils Extracted from *Mentha longifolia*: In Vitro and In Silico Analysis. *Plants*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/plants12213783>
- Troisi, J., Di Fiore, R., Pulvento, C., Dándria, R., Vega, A., Miranda, M., Martínez, E., & Lavini, A. (2014). Saponinas. *Estado Del Arte de La Quinoa En El Mundo En 2013*, 317–330.
- Vargas, J. (2018). *Extracción con fluidos supercríticos: aplicaciones de interés farmacéutico*. [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/82249/JOS%C3%89%20REYES%20VARGA S.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/82249/JOS%C3%89%20REYES%20VARGA%20S.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Viera, A., Sotomayor, A., & Viera, W. (2016). Potencial del cultivo de aguacate (*Persea Americana* Mill) en Ecuador como alternativa de comercialización en el mercado local e internacional. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 3, 1–9.
- Villamizar-Véliz, M., & Aular, Y. (2022). Métodos de extracción del aceite esencial de *Lippia alba*. *Revista Ingeniería UC*, 29(1), 3–14. <https://doi.org/10.54139/revinguc.v29i1.90>
- Wiley. (2019). *Wiley Online Library Guía de Usuario*.
- Zaldivar-Ortega, A. K., Barrera-Jiménez, J. A., Cenobio-Galindo, A. de J., Pérez-Soto, E., Franco-Fernández, M. J., & Campos-Montiel, R. G. (2023). Potencial uso de la cáscara y semilla de aguacate como fuente de compuestos bioactivos con actividades funcionales para un desarrollo sustentable. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 9(18), 30–33. <https://doi.org/10.29057/icap.v9i18.9058>

11. Anexos



Anexo 1. Visita al área de muestreo.



Anexo 2. Recolección de los aguacates.



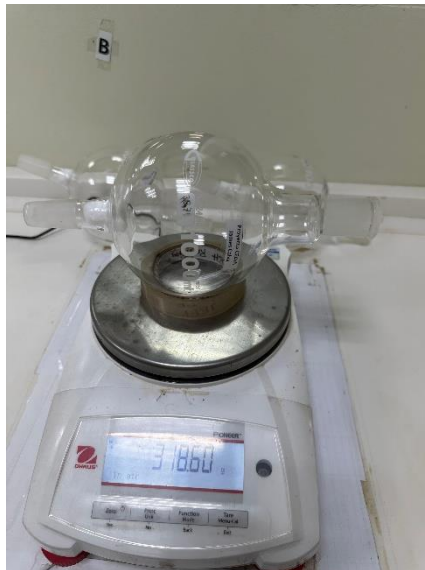
Anexo 3. Extracción y secado de la semilla.



Anexo 4. Molido de la semilla e identificación de las muestras.



Anexo 5. Preparación de la muestra.



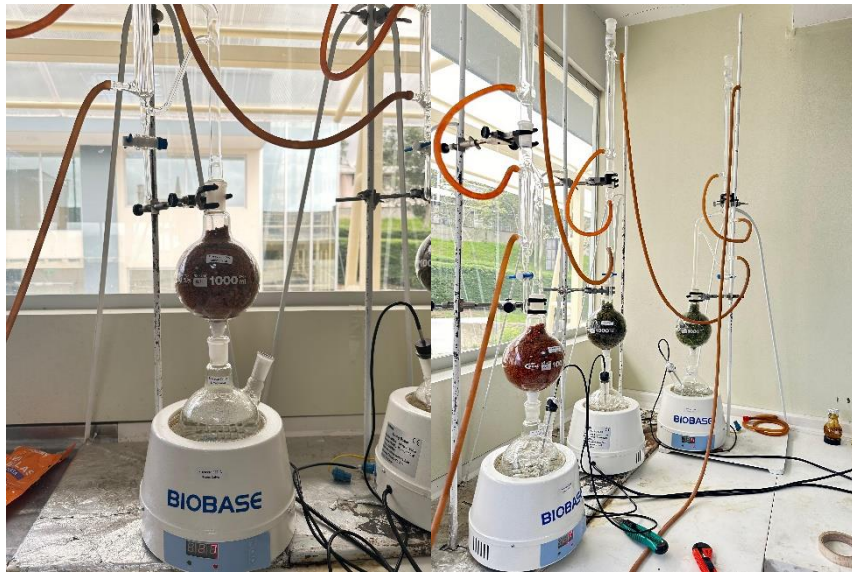
Anexo 6. Pesaje del matraz de biomasa vacío.



Anexo 7. Colocación de la muestra en el matraz de biomasa.



Anexo 8. Pesaje del matraz de biomasa lleno.



Anexo 9. Destilación del material vegetal por arrastre de vapor.



Anexo 10. Pesaje del aceite esencial extraído.



Anexo 11. Limpieza del material utilizado.



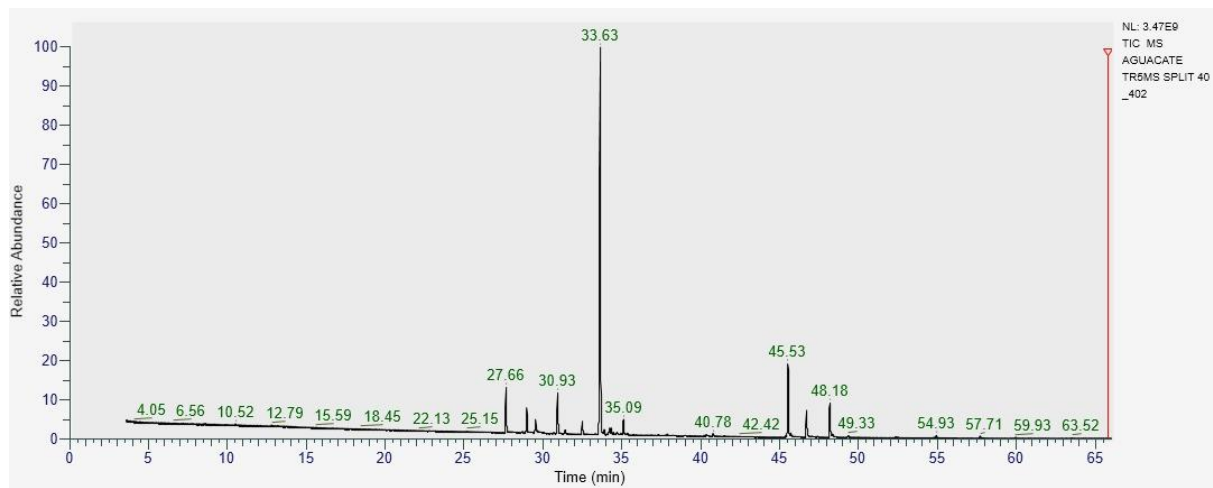
Anexo 12. Preparación de la muestra.



Anexo 13. Calibración y ajuste de los equipos.



Anexo 14. Inyección de las muestras en el cromatógrafo.



Anexo 15. Identificación y cuantificación de los componentes químicos.

CERTIFICACIÓN DE TRADUCCIÓN DE RESUMEN

Loja, 22 de octubre de 2024

Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

DOCENTE DE INGLÉS

A petición verbal de la parte interesada:

CERTIFICA:

Que, desde mi legal saber y entender, como profesional en el área del idioma inglés, he procedido a realizar la traducción del resumen, correspondiente al Trabajo de Integración Curricular, titulado: **Determinación de la composición química de la semilla de aguacate (Persea americana) como posible alternativa terapéutica en Medicina veterinaria**, de la autoría de: **Jean Carlos Espinosa Macas**, portador de la cédula de identidad número **0705751899**

Para efectos de traducción se han considerado los lineamientos que corresponden a un nivel de inglés técnico, como amerita el caso.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer uso del mismo, en lo que a bien tenga.

Atentamente. -



Escaneado digitalmente por:
**VIVIANA DEL CISNE
VALDIVIESO LOYOLA**

Lic. Viviana Valdivieso Loyola Mg. Sc.

1103682991

N° Registro Senescyt 4to nivel **1031-2021-2296049**

N° Registro Senescyt 3er nivel **1008-16-1454771**

Anexo 16. Certificado de traducción de resumen