



Universidad Nacional Autónoma de Chota
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Unidad de Investigación
RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH
“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada **“Extracción y caracterización fitoquímica del aceite esencial de hojas de Guanábana (*Annona spp*)”**; desarrollado por **Reyes Molocho Vásquez**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, **asesorado por el M.Sc. Joseph Obed Ricaldi Sarapura**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 18%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 10 de marzo de 2025.

Atentamente

M.Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi
Director de la Unidad de Investigación
de la Facultad de Ciencias Agrarias



RIMCH/DUIFCA
Interesado
AFCA
Archivo
Chota 2025

CO-01-2024-UIFCA-UNACH

Correo: investigacionfca@unach.edu.pe

Reyes Molocho Vásquez

IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDA-UIFCA

-  INFORME DE TESIS 2025
-  PROYECTOS Y TESIS 2025
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::1:3178870337

Fecha de entrega
10 mar 2025, 9:04 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
10 mar 2025, 11:50 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
IFT_Molocho_07-03-25_-_T.docx

Tamaño de archivo
2.1 MB

46 Páginas

7,231 Palabras

42,624 Caracteres

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...


Filtrado desde el informe

▸ Bibliografía

Fuentes principales

5%  Fuentes de Internet

2%  Publicaciones

14%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 14% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Autonoma de Chota	14%
2	Internet	repositorio.unheval.edu.pe	<1%
3	Internet	www.repositorio.usac.edu.gt	<1%
4	Internet	repositorio.unach.edu.pe	<1%
5	Internet	repositorio.espam.edu.ec	<1%
6	Internet	dspace.esPOCH.edu.ec	<1%
7	Trabajos del estudiante	uncedu	<1%
8	Internet	www.slideshare.net	<1%
9	Internet	repositorio.uct.edu.pe	<1%
10	Publicación	Alexandro da Silva Alves, Angélica da Cunha Dos Santos. "Avaliação da técnica d...	<1%
11	Internet	pdfs.semanticscholar.org	<1%

12	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%
13	Internet	www.revistas.usach.cl	<1%
14	Publicación	Luis F. Miranda, Esperanza A. Medina, Yaimi L. Cordova, Jhoann M. Velasquez. "Pr...	<1%
15	Publicación	P. Mondragón-Cortez, J.A. Ulloa, P. Rosas-Ulloa, R. Rodríguez-Rodríguez, J.A. Resen...	<1%
16	Publicación	Scarlette Lizeth Recio-Cázares, Paulina Isabel Comett-Figueroa, Ricardo Navarro-...	<1%
17	Internet	hdl.handle.net	<1%
18	Internet	knowledge.unccd.int	<1%
19	Internet	qdoc.tips	<1%
20	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
21	Publicación	Bruna Maria Gerônimo, Giane Gonçalves Lenzi. "Maturity Models for Testing and ...	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE
HOJAS DE GUANÁBANA (*Annona spp*)**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

AUTOR:

Br. REYES MOLOCHO VÁSQUEZ

ASESOR:

M.Sc. JOSEPH OBED RICARDI SARAPURA.

Una firma manuscrita en tinta azul que parece ser la del asesor, Joseph Obed Ricardi Sarapura.

CHOTA – PERÚ

2025



Anexo 01:

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

REG. N° 019-2025-FCA

Siendo las 20:00 horas, del día 06 de marzo del 2025, los miembros del Jurado de Tesis titulada: “*Extracción y Caracterización fitoquímica del Aceite Esencial de Hojas de Guanábana (annona spp)*”, integrado por:

1. Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres-**Presidente**
2. Mg. Martin Díaz Torres-**Secretario**
3. MBA. José Felipe Garrido Julca-**Vocal**

Sustentada de manera virtual a través de la plataforma Google Meet por el bachiller Reyes Molocho Vásquez, con la finalidad de obtener el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, se acuerda Aprobar, la tesis, calificándola con la nota de TRECE (13); se eleva la presente acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional

Colpa Huacarís, 06 de marzo del 2025

Dr. Ricardo Abel Del Castillo Torres
Presidente

Mg. Martin Díaz Torres
Secretario

MBA. José Felipe Garrido Julca
Vocal

DEDICATORIA

A mis progenitores, por darme la vida, por el arduo esfuerzo que dedicaron en forjarme y a los jóvenes que no se ponen límites para realizar todo lo bueno que su corazón anhele, y que por causalidad de interés lean este informe.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota por cobijarme en sus aulas, al personal docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias por la destacada labor de formar profesionales líderes que inculcaron en mi ese espíritu de superación constante frente a las limitaciones.

A la Vicepresidencia de Investigación de la Comisión Organizadora de la UNACH por permitirme desarrollar un proyecto de investigación relacionado a compuestos bioactivos financiado con un monto de 10 mil nuevos soles con recursos del CANON, permitiéndome su ejecución en la condición de estudiante de Pregrado en el cuarto semestre. Este anhelo continuo de superación y de continuidad en el ámbito de la línea de investigación que la UNACH me permitió fortalecer me motivo la consecuente investigación en modalidad de tesis, la misma que he logrado materializar.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Planteamiento del Problema	9
1.2. Formulación de problema	10
1.3. Justificación	10
1.4. Objetivos.....	11
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	11
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	11
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO	12
2.1. Antecedentes.....	12
2.2. Bases Teóricas científicas.....	16
2.2.1. <i>Especie Annonaceae</i>	16
2.2.2. <i>Aceite esencial</i>	16
2.2.3. <i>Clasificación de los aceites esenciales</i>	16
2.2.4. <i>Extracción del Aceite Esencial</i>	17
2.2.5. <i>Análisis de Compuestos Fitoquímicos por CG-EM</i>	18
2.3. Marco conceptual.....	19
2.3.1. <i>Guanábana (Annona)</i>	19
2.3.2. <i>Taxonomía Vegetal</i>	20
2.3.3. <i>Extracción por Hidrodestilación</i>	20
2.3.4. <i>Análisis CG-EM</i>	21
2.4. Operacionalización de Variables	22
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	23
3.1. Tipo y nivel de investigación	23

3.1.1. Tipo de investigación.....	23
3.1.2. Nivel de investigación	23
3.2. Diseño de investigación	23
3.2.1. Extracción de aceite esencial	23
3.2.2. Caracterización físico química del aceite esencial	25
3.2.3. Identificación de compuestos fitoquímicos.....	25
3.3. Métodos de la investigación.....	25
3.4. Población, muestra y muestreo	26
3.4.1. Población	26
3.4.2. Muestra	26
3.4.3. Muestreo.....	27
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.5.1. Técnicas de recolección de datos	29
3.5.2. Instrumentos de recolección de datos	29
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	30
3.7. Aspectos éticos.....	30
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. Caracterización del aceite esencial	31
4.2. Determinación de compuestos bioactivos del aceite esencial de A. montana.	32
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	37
5.1. Conclusiones	37
5.2. Recomendaciones.....	37
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	39
CAPÍTULO VII. ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i>	23
Tabla 2 <i>Clasificación taxonómica de la especie A. montana</i>	27
Tabla 3 <i>Características físico-químicas del aceite esencial de A montana</i>	31
Tabla 4 <i>Compuestos químicos del aceite esencial de hojas de A. montana</i>	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Flujograma de extracción de aceite esencial de hojas de A. montana</i>	25
Figura 2 <i>Hoja de A. montana</i>	28
Figura 3 <i>Ubicación de georreferencia según carta nacional</i>	29
Figura 4 <i>Georreferencia de ubicación GPS de puntos de recolección de muestras</i>	30

RESUMEN

El Perú tiene biodiversidad florística con potencial etnomedicinal que requiere valorización científica. La guanábana especie de *Annona* es utilizada empíricamente mediante infusión de sus hojas para enfermedades cancerígenas. El desconocimiento de los compuestos fitoquímicos es el problema identificado. **Objetivo:** Extraer y caracterizar la composición de moléculas químicas en el aceite esencial de guanábana (*Annona spp*). **Metodología:** Muestra: hojas procedentes de árboles con aproximadamente 4 m de altura, 15 cm de diámetro de tronco. Ubicación de recolecta: 6°17'S 78°28'W en San José, distrito Chimban, Provincia Chota, Región Cajamarca. 1480 m aprox en 3 puntos georreferenciado de recolecta. Tratamiento: deshidratación parcial 40% humedad. Extracción: Hidrodestilación por 90 minutos, Caracterización fitoquímica: Cromatografía de Gas acoplado a espectrometría de masa. **Resultados:** Rendimiento extractivo: 0,22–0,30% v/p, índice de refracción: 1,635–1,715, densidad: 0,954–0,964 g/ml, y composición fitoquímica: cariofileno 34,79%, humuleno 3,98% y biciclogermacreno 23,47%. **Conclusiones:** Existe presencia de variabilidad de composición fitoquímica entre arboles de la misma especie. La presencia de cariofileno y humuleno validarían su acción antiinflamatoria y la presencia de biciclogermagreno la acción de inhibición cancerígena. No se tienen registros documentales del aceite esencial sobre la especie *Annona montana* siendo de interés agroindustrial el desarrollo de productos innovadores aplicando las hojas de esta especie en algunos productos y representando interés el aporte posterior investigaciones sobre la acción anticancerígena del aceite esencial de *A. montana* en líneas celulares con incidencia neoplásica de la región de Cajamarca.

Palabras clave: *Annona Montana*, aceite esencial, compuestos fitoquímicos.

ABSTRACT

Perú have biodiversity of floristic species, with an ethnomedicinal knowledge that requires attention for its scientific valuation. The Guanabana is a species of *Annona* is used empirically by infusion of its leaves for cancer diseases. The lack of knowledge of the phytochemical compounds is the identified problem. **Objective:** Extract and determine phytochemical molecules in essential oil of guanabana (*Annona spp*). **Methodology:** Sample: leaves of trees 4 m high approx., 15 cm in trunk diameter, from the town of San Jose, Chimban District, Chota Province, Cajamarca Region. 6°17'S 78°28'W, 1480 m approx in 3 georeferenced collection points. Treatment: partial dehydration 40% humidity. Extraction: Hydrodistillation for 90 minutes, Phytochemical characterization: Gas Chromatography coupled with mass spectrometry. **Results:** Extractive yield: 0,22 – 0,30% v/p, density: 0,954 – 0,964 g/ml, and refractive index: 1,635 – 1,715, and phytochemical composition: caryophyllene 34,79%, humulene 3,98% and bicyclogermacrene 23,47%. **Conclusions:** There is a presence of variability of phytochemical composition between trees of the same species. The presence of caryophyllene and humulene would validate its anti-inflammatory action and the presence of bicyclogermacrene its carcinogenic inhibition action. There are no documentary records about *Annona montana* specie, being of agro-industrial interest to develop innovative products using the leaves of this species in some products and of interest in the health field to address some investigation about anticancer action of the essential oil of the *Annona montana* in cell lines of neoplastic incidence from the Cajamarca region.

Keyword: *Annona Montana*, essential oil, phytochemical compound.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

Perú como país sudamericano, goza de una exuberante fitobiodiversidad que provee de alimentos de diversa naturaleza: hojas, flores, bulbos, raíces, tubérculos, frutos (FAO, 2016). Las *Annonas* destacan en cuanto a la importancia histórica prehispánica cultural del país en la alimentación (Leiva et al., 2018) siendo notable el aporte en conocimientos sobre etnomedicina sobre esta especie. La valoración científica de esta especie ha conducido en la producción de nuevos fármacos sintéticos (Cortes et al., 2014), debido a los compuestos químicos elucidados.

La biodiversidad de la flora local merece especial atención para la conservación de fuentes de moléculas de interés de aplicación en la salud pública, dado que es la fuente primaria de acceso de fármacos en matrices vegetales. Así mismo, la aplicación local de plantas medicinales es un conocimiento empírico, con un valioso aporte cultural folklórico, considerada por instituciones internacionales como la UNESCO como “bien inmaterial para la supervivencia de la humanidad.

El patrimonio etno-cultural amerita de acciones de conservación, el tratamiento, adecuación, biorremediación y acciones que posibiliten políticas de sostenibilidad de la biodiversidad y el aprovechamiento del conocimiento científico para la toma de decisiones permiten una puesta de valor a través de la economía circular enfatizando la generación de industrias creativas que aplican tecnologías compatibles y amigables, con baja emisión de contaminantes (UNESCO, 2021). En el ámbito de la región Cajamarca se registran de forma dispersa plantas de Guanábana cuyo nombre científico es *Annona muricata*, además de otras especies de *Annonas* incluso de *Annona* injertadas, mismas que son consideradas en la biodiversidad Regional GRC, 2012), indicando el potencial de esta especie para la promoción agrícola orientada al biocomercio sostenible. Las hojas de esta especie tienen aplicación en la

etnomedicina para: acción antiinflamatoria (Formagio et al., 2013), el dolor de cabeza, anticancerígeno (Arroyo et al., 2005), antimicrobiano, antitumoral (Elhawary et al., 2013), sedante, anticonvulsionante, antidepressivo, ansiolítico, (Diniz et al., 2019).

La valorización del soporte cognoscitivo empírico a través del análisis instrumental de avanzada permitirá para realizar puesta de valor de la biodiversidad de la flora en cuanto a compuestos químicos de interés con acción medicinal, específicamente de la especie *Annona* en al área geográfica de estudio, en términos de composición fitoquímica.

1.2. Formulación de problema

La investigación en condición de tesis atiende la siguiente problemática: “Insuficiencia información documentada y validada científicamente de compuestos químicos presentes en el aceite esencial de las hojas de la especie *Annona spp* en el ámbito geográfico objetivo de estudio”. Frente a tal escenario se formula de siguiente pregunta:

¿Cuál es el rendimiento extractivo y características fitoquímicas del aceite esencial extraídas de las hojas de guanábana (*Annona spp*)?

1.3. Justificación

En el ámbito regional no se cuenta con informes y/o documentación indexada sobre la especie en mención, que atienda el conocimiento del rendimiento sobre proceso extractivo y número y concentración de moléculas fitoquímicas presentes en el aceite esencial. Sin embargo, el soporte documental en revistas indexadas evidencia estudios sobre compuestos fitoquímicos en extractos de hojas de guanábana que han sido cultivados en varios lugares del mundo, con diferencias marcadas en su composición, lo que estaría asociado a una relación multifactorial que

involucraría condiciones edafoclimáticas, la altitud y geolocalización, tecnología extractiva aplicada, etc. Por lo cual, la investigación emprendida plantea atender esta necesidad de conocimiento.

La investigación planteada tiene carácter descriptivo, con aporte de conocimiento básico en cuanto a identificación taxonómica, indicador productivo de extracción, elucidación y determinación de la carga porcentual de compuestos fitoquímicos de aceite esencial de hojas de guanábana (*Annona spp*).

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el rendimiento de extracción y características fitoquímicas del aceite esencial de hojas de guanábana (*Annona spp*), procedente de la zona de San José.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Identificar la taxonomía la especie de *Annona spp*.
- Determinar el rendimiento de extracción de aceite esencial de hojas de *Annona spp* por el método de hidrodestilación.
- Determinar las características fisicoquímicas de aceite esencial de hojas de *Annona spp*.
- Determinar los compuestos fitoquímicos del aceite esencial de hojas de *Annona spp*.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Para aceites esenciales de hojas se tiene los reportes sobre georreferencia, lugar de muestra, metodología extractiva, algunas características fisicoquímicas y composición fitoquímica, siguientes:

Cascaes et al. (2023) reporta para *A. dolichoarpa* procedente de Para, Brasil (coordenadas 00°47'51,6" S 47° 33'38,4" W) deshidratadas con aire circulante 35° C por 120 horas obtiene rendimiento extractivo de 0,16 %, en análisis CG-EM presenta los siguientes compuestos químicos: α -pineno 17,73, α -copaeno 2,50, α -humuleno 0,46, cubebol 1,67, γ -cadineno 0,69, espatulenol 29,88, carofileno oxido 6,27 %.

Brito et al. (2018) reporta para *A. leptopetala* procedente de Brasil un rendimiento de 0,04% (hojas frescas), con una composición de α -pineno 3,16, 1,8-cineol 0,7, limoneno 9,06, α -humuleno 1,32, biciclogermacreno 8,34, aromadendreno 2,15, geraniol 1,27, y α -terpineol 6,95%.

Bomfim et al. (2016) indica que: *A. vepretorum* deshidratadas procedentes de Pozo redondo (09°48'19"S 37°41'03"W) Sergipe, Brasil, presenta rendimiento 0,59 %. Con 26 compuestos químicos, presentando: Germacreno D 3,27, Biciclogermacreno 35,71, (E)- β -ocimeno 12,46, α -felandreno 8,08, Espatulenol 18,89 %.

Mohammed et al. (2016) indica que: *Annona* (procedente de Giza, Egipto) en 3 h de hidrodestilación en aparato clewenger presenta rendimiento para: *A. squamosa* 0,38 %, *A. cherimola* 0,62 % e híbrido *A. cherimola* *sx* *A. squamosa* 0,50 %. Así mismo, para el híbrido *A. cherimola* *x* *A. squamosa* se reporta la siguiente composición química: α -pineno 9,96, 2-careno 8,27, D-limoneno 3,30, α -ocimeno 0,92, cariofileno 5,34, humuleno 2,03, α -copaeno 17,06, α -selineno 3,09, α -elemeno 2,96, γ -elemeno 5,84, σ -cadinol 1,91, α -cadinol 1,91 %; aceite esencial

de *A. squamosa*: α -pineno 2,13, canfeno 1,55, isocariofileno 27,59, y langeno 1,27, σ -cadinol 5,54, α -cadinol 2,80, α -vatreteno 3,16 %; y aceite esencial de *A. cherimola*: 2-careno 2,88, cariofileno 13,99, α -pineno 6,47, D- limoneno 1,85, γ -cadineno 2,13, α -copaeno 21,78, α -selineno 4,52, α -elemeno 4,63, γ -elemeno 1,35, σ -cadinol 1,75, α -cadinol 2,1 %.

Verma et al. (2016) reporta para *A. squamosa* (procedente de Foothills, India, 29,02° N 79.31° E a 243 m.s.n.m.), con tratamiento de deshidratación parcial de hojas y sometida a extracción por 3 horas, presenta 0,13 % de rendimiento. Esta especie reporto presencia de sesquiterpenos oxigenados 21,8 % y sesquiterpenos hidrocarbonados 63,4 %, y una constitución de: (E)-cariofileno 15,9, (Z)-cariofileno 7,3, δ -elemeno 1,5, α -copaeno 1,3, β -elemeno 1,9, aromadendreno 2,9, α -humuleno 5,2, γ -muuroleno 5,4, vidirifloreno 5,0, γ -cadineno 11,2, δ -cadineno, 2,9, espatulenol 1,9, cariofileno oxido 2,1, humuleno epóxido II 1,8, epi- α -cadinol 19,4, α -cadinol 3,9 %.

Meccia et al. (2015) reporta para *A. muricata* (hoja fresca) procedente de Mérida, Venezuela 0,06 % de rendimiento, con 180 min de tiempo de extracción por hidrodestilación en clevenger. La elucidación reporta 38 compuestos, siendo mayoritarios transcariofileno 21,3 y germacreno 14,2 %.

Meira et al. (2014) reporta para *Annona* (deshidratado con aire circulante a 40 °C) en aparato Clevenger con carga 200 g, por 3 horas, el rendimiento de 0,76 y 0,34 % y para *A. vepretorum* *A. squamosal* respectivamente. Identificaron por CG-EM los siguientes compuestos, para *Annona vepretorum*: emontanaatulenol 14,0, α -pineno 6,0, α -felandreno 11,5 %, (E)- β -ocimeno 8,6, β -elemeno 1,2, (E)-cariofileno 1,1, Germacreno D 5,5, bicilogermacreno 39,0 %; y, *Annona squamosal*: (E)-cariofileno 27,4, δ -Elemeno 4,1 %, β -elemeno 6,2, (Z)-cariofileno 7,3,

α humuleno 5,7, Germacreno D 17,1, biciclogermacreno 10,8, γ -Cadineno 4,2, δ - Cadineno 2,2, Germacreno B 1,7, epi- α -Cadinol 4,3 %.

Thang et al. (2013) mediante análisis CG-SM de 4 especies de *A.* por procedentes de Vietnam y analizaron reportan la siguiente composición para: *A. reticulate*: canfeno 0,2–6,6, α -copaeno 2,0–7,3, β -elemeno 5,9–16,6, β - cariofileno 8,3–14,9, β -bisaboleno 0,4–10,2, δ -cadineno 1,7– 4,8 y germacreno D 9,3–22,8 %; *A. glabra*: β -cariofileno 21,5, germacreno D 17,7, β -elemeno 5,2, α -cadinol 5,4; *A. muricata L.*: α -pineno 9,4, β - pineno 20,6, ρ - menta-2,4(8)-dieno 9,8, β -elemeno 9,1 y germacreno D 18,1; y, *A. squamosa L.*: β -cariofileno 11,6–24,5, α -pineno 1,0–11,9, limoneno 0,8–11,7, β -cubebeno 0,5– 13,0, emontanaatulenol 0,8–9,0, cariofileno oxido 1,0– 10,6 y α -cadinol 3,3–7,8 %.

Elhawary et al. (2013) reporta rendimiento extractivo para las especies en estado vegetativo de floración de *A. cherimola*, *A. glabra*, *A. muricata* y *A. squamosa* procedentes de Egipto 0,17; 0,03; 0,11 and 0,15 % respectivamente). Presentando composición mayoritaria de los siguientes compuestos químicos, en: *A. cherimola*: β -elemeno 25,02 %, germacreno-D 17,71 %, y β -cariofileno 9,50 %); en *A. glabra*: β -cariofileno 37,11 %, γ - muuroleno 19,19 % y α -humuleno 11,12 %; en *A. muricata* la presencia de monoterpenos 55,05 % fue mayor, conteniendo también limoneno 16,85 % y β -pineno 14,30 %; *A. muricata* sesquiterpenoides 42,29 % conteniendo principalmente bicycloelemene 23,58 %; y *A. squamosa*, presenta: sesquiterpenos β -gurjuneno 42,49, viridifloreno 6,68 y γ - muuroleno 5,72 %.

Formagio et al. (2013) reporta para *A. sylvatica* (procedente Mato Grosso do Sul, Brasil) rendimiento de 0,17 % por método de extracción por hidrodestilación. Elucidaron sesquiterpenos oxigenados, como: Hinesol 8,16, Z-cariofileno 7,31, b- malieno 6,61, c-gurjunene 5,46, silphiperfol-5-en-3-ol 4,75, ledol 4,43, cubecol-1-epi 4,36, y 5-diene 4,33 %.

Siqueira et al. (2011), para *A. coriácea* (hojas frescas) procede de Santa, São Paulo, Brasil (22°46'91" S 49°14'40" W, a 765 m.s.n.m.) reporta rendimiento 0,05 % de proceso extractivo por hidrodestilación de hojas con tejido fresco. Con perfil químico: β -pineno 1,6, seudolimoneno 1,6, β -bourboneno 1,6, (E)-cariofileno 4,9, α -humuleno 2,7, α -pactchouleno 2,7, γ -muuroleno 7,9, biciclogermacreno 39,8, δ -amorpheno 6,0, siendo el contenido de sesquiterpenos 76,7 mayor al contenido de monoterpenos 20,0 %.

Kossouh et al. (2007) realizaron extracción de aceite esencial utilizando 500 g de carga de *Annona* (procedente de Abomay-Calavi), reportando rendimiento menor al 0,1 %. El análisis CG-EM registro 82 compuestos, siendo mayoritarios los compuestos de cadinol 25,8 y β -cariofileno 13,6 %.

Rios et al. (2003) para *A. cherimola* (procedente de México) reporta rendimiento 0,63 % en aparato clewenger con 1,5 h, con presencia porcentual de: α -copaeno 5,63, α -amorfenos 7,57, transcariofileno 11,50, y biciclogermacreno 18,2 %.

Castro et al. (2019), refiere que la ubicación geográfica influye en la expresión de compuestos químicos en los tejidos vegetales de plantas nativas, en relación con la altitud y clima de recolecta. Las variaciones del indicador productivo: rendimiento y perfil químico es especies de *Annonas* son bastante marcadas en relación de la zona geográfica de procedencia, área específica de recolecta, condiciones de tratamiento del tejido vegetal, y la tecnología extractiva empleada. Sin embargo, se tiene una prevalencia de compuestos en *Annonae* como: biciclogermacreno, germacrene D, α -pinene, β -pinene, (E)-cariofileno, cariofileno oxido, spatulenol, linalool (Mol et al, 2023). En varios artículos revisados se evidencia insuficiencia de referencias en cuanto a características como: rendimiento extractivo, densidad, índice de refracción.

2.2. Bases teóricas-científicas

2.2.1. Especie *Annonaceae*

Más de 200 especies de *Annonaceae* son reportadas por Vásquez et al, (2016), siendo consideradas arboríferas 217 (Vásquez et al., 2018), de las cuales 44 son endémicas en el país (León & Monsalve, 2006). Esta especie *Anonaceae* pertenece a: Reino: *Plantae*; División: *Magnoliophyta*; Clase: *Magnoliopsida*; Orden: *Magnoliales*; y Familia: *Annonaceae*.

2.2.2. Aceite esencial

Producto obtenido de una matriz vegetal hidroddestilación (vapor de agua) (ISO, 2013). Producto muy susceptible de oxidarse, por lo que es almacenado lleno en viales con crimp de color ámbar.

2.2.3. Clasificación de los aceites esenciales

Martínez, (2001) clasifica según: origen, consistencia y composición química del aceite esencial de la siguiente manera:

Por origen. Se consideran naturales, artificiales y sintéticos.

Naturales. Los aceites esenciales no sufren ninguna modificación química, migración y/o contaminación de agentes químicos de uso agrícola/industrial. En algunos casos se supedita a áreas de conservación, en la cual la materia prima no proviene de campos de cultivo.

Artificiales. Considerados aceites esenciales rebajados en concentración, con adición de otros agentes químicos y/o esencias con finalidad de maximizar propiedades.

Sintéticas. Producidas por síntesis química, que se asemejan en cuanto a la estructura química del compuesto químico sintetizado. Estos aceites tienen un costo relativamente bajo en comparación a los aceites esenciales naturales.

Por consistencia, considera que la composición química influye en las propiedades de densidad, viscosidad, polarimetría, volatilidad determinan la consistencia de los aceites esenciales. Se clasifican: como fluidos, bálsamos y oleorresinas.

Por composición química, considera que las plantas aromáticas tienen compuestos químicos volátiles y no volátiles responsables de la fragancia característica de cada especie; y las consideradas medicinales que presentan sustancias químicas con acción farmacológica. Los compuestos químicos encontrados en aceites esenciales pertenecen a los grupos funcionales: monoterpenoides, sesquiterpenoides y compuestos oxigenados:

Monoterpenoides. Constituidos básicamente por monoterpenos $C_{10}H_{16}$ y monoterpenoides $C_{10}H_{18}$, $C_{10}H_{20}$, $C_{10}H_{15}O$.

Sesquiterpenoides. Constituidos mayoritariamente por sesquiterpenos $C_{15}H_{24}$ y sesquiterpenoides $C_{15}H_{26}$, $C_{15}H_{26}O$.

Compuestos Oxigenados. Compuestos por fenilpropanos como: aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres, éteres.

2.2.4. Extracción del Aceite Esencial

La extracción de aceite esencial es realizada por diversos métodos como:

Hidrodestilación. - Esta operación extractiva utiliza el vapor producido por agua en un sistema abierto o cerrado (aplicando vacío). El vapor genera una transferencia de calor a las células vegetales liberando del saco odorífero al aceite esencial, que por la acción térmica cambia a estado gaseoso y sigue el fluido de vapor a la presión generada. El fluido vapor de agua-fracciones volátiles a condición de temperatura y presión son condensadas en un tubo refrigerante que ablanda el vapor y permite un nuevo cambio de estado, de gas a líquido. Luego de condensado,

es separado por diferencial de densidad, secado NaSO₄, y depositado lleno en viales refrigeración 4 a 10 °C (Turek & Stintzing, 2013) para un ensayo posterior.

CO₂ supercrítico. - Este proceso extractivo usa el dióxido de carbono en condición de estado supercrítico como vehículo de arrastre molecular sometido a altas presiones 150-200 bar y baja temperatura 30 - 50 °C., permitiendo el arrastre del material solubilizado. Posterior a la descompresión el gas supercrítico se separa a condiciones ambientales (Martínez, 2001).

Microwave (Microondas). - Este tipo de extracción usa la radiación producida en un microondas. La radiación de microondas genera una excitación molecular que libera debido al cambio de estado producido, arrastrando consigo compuestos químicos volátiles en condiciones de potencia (watts) de equipo de microondas, el vapor resultante es condensado en diferentes sistemas. Este método eficiente y eco-amigable con rendimientos superiores a otros métodos y sin presencia residual de solventes (Guarín & Barajas, 2015). El factor de aplicación tecnológica en cuanto a sistema de extracción, sistema de condensación, y sistemas de enfriamiento (chiller) muestran diferencias comparativas en cuanto al indicador productivo: rendimiento y perfil químico, siendo la tecnología extractiva microwave, en comparación procedimientos extractivos con hidrodestilación (León et al., 2015).

2.2.5. Análisis de compuestos fitoquímicos por CG-EM

Es una técnica instrumental utilizada para identificar los compuestos químicos presentes en el aceite esencial debido a que estos son volátiles y de bajo peso molecular, mediante análisis utilizando equipo de Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masa (CG-EM). El aceite esencial secado previamente se inyecta de forma directa o con el autoinyector al equipo de cromatografía de gas. Los componentes se separan, e ingresan al equipo espectrómetro de masas, que permite detectar cada una de las sustancias separadas. Los patrones (estándares químicos) de

fragmentación facilitan la identificación de moléculas químicas comparadas con espectros de masas (librería de estándares del equipo cromatográfico) (Skoog et al., 2001).

La plataforma de aplicación computacional del CG-EM realiza documentación en sistema analítico en tiempo real de indicadores de retención, modo de inyección de muestras, temperatura o flujo de los gases, sistema de extracción en línea y espectro de masa generado (Skoog *et al.*, 2001) con la finalidad de identificar los compuestos fitoquímicos por comparación con la librería de estándares.

En esta técnica de análisis instrumental el espectrómetro de masas generado y documentado mediante sensores que detectan la conducta de los iones que atraviesan los campos eléctricos y magnéticos, que son separados en relación masa/carga (m/z) (Romero et al., 2007) y diagramado como espectrograma. Cada espectro detectado, es comparados con estándares relacionados a los aceites esenciales almacenados en el equipo cromatográfico, generando un reporte de los compuestos químicos y su concentración, en relación con el porcentaje de coincidencia que se genera.

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Guanábana (*Annona*)

Las especies de *Annona* o *Annonaceae* oriundas y endémicas endémica en la selva peruana, con potencial exportable. Las *Annonas* en el Perú para fines comerciales se rigen bajo el D.S. 279-2010-EF, Ley 29546 como productos del reino vegetal, con partida arancelaria 08109020 - chirimoya, guanábana y demás *Annonas* (SUNAT, 2023).

Estudios de aplicación *in vivo* refieren propiedad anticáncer (Arroyo et al., 2005; Brito et al., 2018), anti convulsionante, sedativo, ansiolítico y antidepresivo (Diniz et al., 2019), infección ocasionada por hongos y enfermedades inflamatorias.

El extracto etanolico de *A. muricata* presenta actividad antifúngica frente *C. albicans* multidrogoresistente que ocasiona la candidiasis vulvovaginal (Campos et al, 2023).

2.3.2. Taxonomía vegetal

Chiang (1989), define como área de estudio de la diversidad vegetal para la identificación, nomenclatura, clasificación y evolución, mediante un sistema basado en taxones (grupos) anidados, clasificándolos en categorías taxonómicas. En Perú esta labor es realizada por un herbario reconocido como Institución Científica Depositario de Material Biológicos autorizado mediante resolución de SERFOR.

2.3.3. Extracción por hidrodestilación

La extracción es realizada un equipo de destilación, en el cual se deposita el material del cual se extraerá el aceite esencial. El equipo puede contar con una plataforma que separe el depósito de material y un caldero adicional, misma que por acción de resistencias eléctricas y/o combustión de gas u otro combustible proporcionen calor. El calor genera cambio de estado del agua de líquido a gas (vapor). El vapor sirve de vehículo de arrastre de fracciones volátiles a la temperatura y presión de operación. El condensador usualmente es el de tipo Liebig o multitubular. El aceite esencial condensado por la diferencia de peso específico del conglomerado oleoso. El cálculo de rendimiento es realizado por el diferencial de pesos (Peredo et al., 2009). Las propiedades físico-químicas que se aplican para el análisis son la densidad relativa mediante diferencial de pesos utilizando picnómetro de aprox. 1 ml de capacidad (INDECOPI, 2011a) y el índice de refracción con utilización de un refractómetro ABBE con termorregulación a 20 °C

(INDECOPI, 2011b). Cabe mencionar que muchos artículos científicos de revistas indizadas no reportan estas propiedades en sus apartados de análisis.

2.3.4. Análisis CG-EM

Es el análisis instrumental realizado con un equipo cromatográfico que utiliza un gas de arrastre, permitiendo identificar compuestos químicos que se encuentran en el aceite esencial mediante el detector de espectrometría de masa acoplada a este equipo (Rama et al, 2023). Varios artículos publicados e indizados refieren el uso de cromatógrafo de gas para elucidar los compuestos fitoquímicos en muestras de aceite esencial, haciendo uso del gas helio como vehículo de arrastre de moléculas.

El equipo cromatógrafo de gas y el espectrómetro de masa son dos equipos individuales, cada uno con una función diferente. El proceso cromatográfico separa los compuestos en un determinado tiempo (tiempo de retención), que a menudo son muchas y variadas moléculas. El analito es calentado a una temperatura en la cual los componentes que lo componen pasen a un estado gaseoso para ser separados en la cromatografía de gas. El cromatógrafo de gas solo separa y libera moléculas, no registra, no identifica menos indica la concentración de este. Para la acción de registro, procesamiento y comparación con librería de estándar se tiene el detector de espectro de masas o también conocido como espectrómetro de masa (Rama et al.,2023).

Las moléculas se descomponen en fragmentos y luego se cuantifica su masa. El espectro de *masas* integra las proporciones de todos los fragmentos de masa que son detectados (Ranjan, et al., 2023). El espectro generado puede ser comparado con bases de datos de compuestos de referencia y/o librería de estándares (Rama et al., 2023).

2.4. Operacionalización de Variables

Las variables tienen operatividad de carácter instrumental, dada la naturaleza descriptiva básica de la investigación. Para la identificación taxonómica se tiene operatividad especializada comparada con herbario de la especie. La operacionalización de variables se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Herramientas
Independiente			
Especie botánica <i>Annona spp</i>	Georreferencia	Ubicación (GPS) Altitud (m)	Sensor GPS Equipo Celular
Dependiente			
Especie botánica	Nombre científico	Taxon de especie	Herbario
Característica físico - química.	Densidad Índice de refracción	Densidad (g.ml ⁻¹) Refracción de luz IR	Balanza analítica Refractómetro ABBE
Compuestos fitoquímicos	Compuesto químico	Numero de moléculas identificadas Porcentaje de concentración de compuesto químico	CG-EM

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

Descriptivo de acuerdo al alcance (Rojas, 2015), y según su finalidad es de tipo básico de carácter cuantitativo.

3.1.2. Nivel de investigación

Por la magnitud de interacción de conocimientos previos corresponde a una investigación descriptivo a nivel de laboratorio, con recojo de datos previos (investigación de campo).

3.2. Diseño de investigación

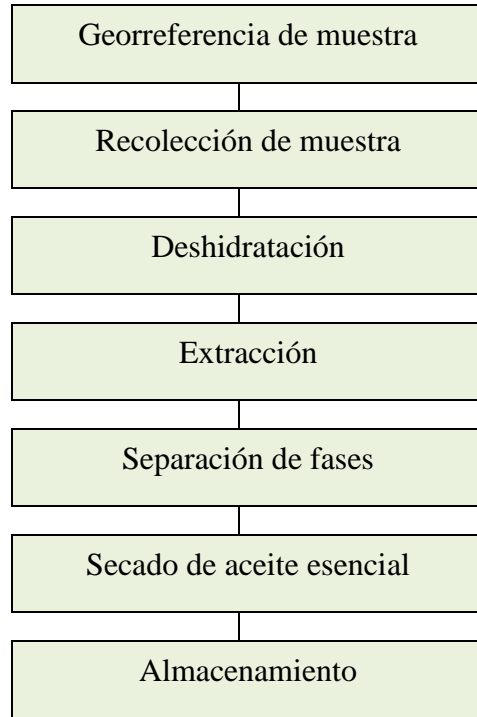
Diseño no experimental de corte transversal con recolección de datos de un solo momento en las condiciones de ruta de investigación preestablecido para la muestra objetivo, tratamiento de muestra, extracción de aceite esencial, caracterización fisicoquímica (densidad e índice de refracción) y análisis CG-EM (identificación de compuestos químicos).

3.2.1. Extracción de aceite esencial

La etapa de extracción de aceite esencial fue adecuada según flujograma que se puede apreciar en la figura 4. El aceite esencial fue obtenido siguiendo la metodología extractiva adaptada por destilación con vapor de agua usando un tanque de acero inoxidable adaptado con refrigerante de bolas, y pera de vidrio. Carga: 250 g. de hojas de guanábana con humedad porcentual aproximada 30 a 45 %. Tiempo noventa minutos, contabilizado desde que fue visible el punto de rocío en el condensador. El rendimiento fue calculado por la siguiente ecuación: % rendimiento = $pae.pm^{-1} \times 100$, dónde: *pae* es el peso de aceite esencial y *pm* peso de la muestra.

Figura 1

Flujograma de extracción de aceite esencial de hojas de A. montana



Descripción de flujograma de extracción de aceite esencial de *A. montana*

Georeferencia de muestra. Se georeferencia la ubicación utilizando sensor GPS de celular, reportando ubicación 6°17' S 78°28' W y altitud 1480 m.

Recolecta de muestra. Se recolecta muestra que no presenta daño fisiológico e insectos, hora de recolecta 5:00 – 6:00 am.

Deshidratado. Se somete a una deshidratación parcial bajo condiciones de sombra, alcanzando una humedad parcial de 30 – 45 %.

Extracción. Se realiza una extracción por arrastre de vapor con una carga de 250 g, por tiempo de 90 min.

Separación de fases. El condensado es recibido en un separador de aceite esencial por diferencia de densidad, produciendo la separación de fases.

Secado de aceite esencial. El aceite esencial separado, es secado el agua residual haciendo uso de sulfato de sodio anhidro al 10 %.

Almacenamiento. El aceite esencial es depositado en un microvial para cromatografía y conservado en refrigeración a 4 °C

3.2.2. Caracterización fisicoquímica del aceite esencial

La densidad absoluta. La densidad absoluta se realizó mediante pesaje de 0.1 mL en balanza analítica Sartorius S=0,001 expresando en unidad g.mL^{-1} (INDECOPI, 2011a).

Índice de refracción. Fue hallado por análisis con refractómetro ABBE (INDECOPI, 2011b).

3.2.3. Identificación de compuestos fitoquímicos

El aceite esencial que se encontraba depositada en un vial ámbar de vidrio fue remitida al Laboratorio de Análisis Instrumental FIQ-UNSAAC. El análisis CG-EM llevó la siguiente configuración: Temperatura inicial 60 °C con gradiente de 5 °C.min⁻¹ hasta 230 °C, tiempo de análisis: 37 min, volumen de inyección 0,1 µL, flujo de gas Helio 1 mL/min⁻¹. El reporte de análisis GC-EM registro los tiempos de retención, los compuestos químicos elucidados, la concentración porcentual de estos compuestos y el porcentaje de coincidencia comparada con la base de datos de espectros NIST 11.

3.3. Métodos de la investigación

Los resultados fueron obtenidos a través de la aplicación de métodos analíticos instrumentales, aplicando para la identificación y cuantificación de compuestos fitoquímicos el uso de cromatógrafo de gas acoplado a espectrómetro de masas.

3.4. Población, muestra y muestreo

3.4.1. Población

Arboles de *Annonaceae*.

3.4.2. Muestra

La especie objetivo de la investigación fue la planta llamada localmente como guanábana, arboles de 4 metros aprox. de altura, 15 cm aprox. de diámetro de tronco. La muestra biológica fue recolectada en la coordenada geográfica 6° 17' S, 78° 28' W, realizado el tratamiento de conservación dispuesto en cartón cartulina, cubierta con papel y sometida a presión ligera procurando una deshidratación del material. Dicho material conservado fue remitido a un herbario reconocido para identificación taxonómica (SERFOR, 2019). El personal especializado del Herbario Pedro Coronado de la UNACH realizo esta identificación taxonómica como: *Annona montana*, con el siguiente descriptor taxonómico.

Tabla 2

Clasificación Taxonómica de la especie A. montana

Clasificación taxonómica
Reino: <i>Plantae</i>
División: <i>Magnoliophyta</i>
Clase: <i>Magnoliopsida</i>
Orden: <i>Magnoliales</i>
Familia: <i>Annonaceae</i>
Nombre Científico: <i>Annona montana Macfad</i>
Nombre Común: <i>Guanabana de monte</i>

Nota. Corresponde a análisis certificado de identificación taxonómica (UNACH, 2020).

Dicha especie no se encuentra catalogada como especie en vías de extinción, ello considerando en la ética de investigación en especies biológicas que pueden ser consideradas en riesgo y deterioro en espacios de conservación natural.

Los árboles tenían un diámetro a altura de pecho de 0,55 m, las hojas son de característica lisa oblonga elíptica.

Figura 2

Hoja de A. montana

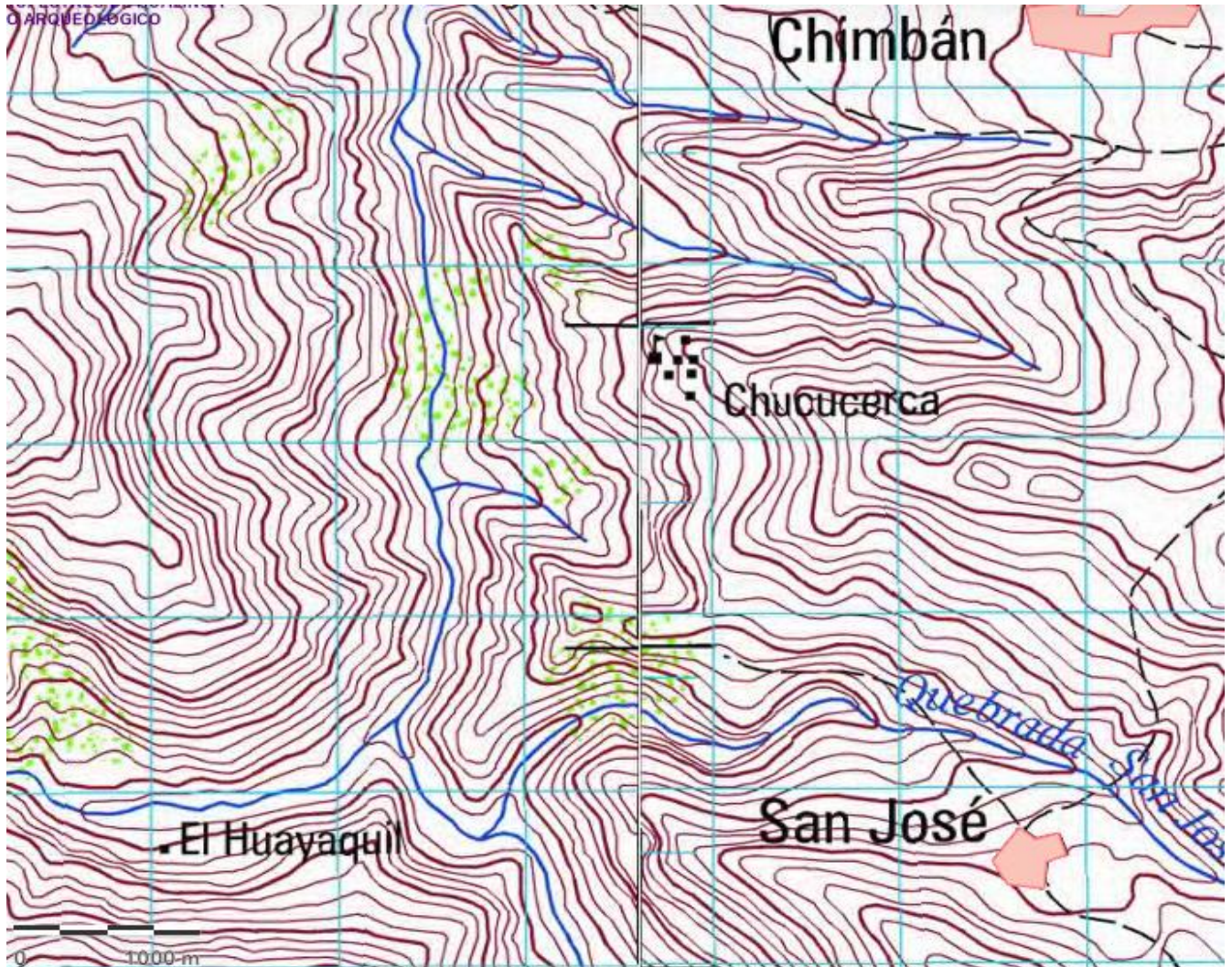


3.4.3. Muestreo

Ubicación GPS georreferencial de la investigación es 6°17' S, 78°28' W, a unos 1480 m. aprox. de altitud, cuya ubicación geográfica corresponde a la localidad de San José al distrito Chimban, provincia de Chota, región Cajamarca, como se observa en la figura 3 según la carta nacional geológica. Identificado taxonómicamente el material biológico de la investigación se procedió a realizar la estrategia de recolección de material, con selección predeterminada de 3 puntos de recolección, según disponibilidad y acceso de la especie de *Annona* objetivo.

Figura 3

Ubicación de georeferencia según carta nacional.



Nota. Imagen tomada de: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>

La georreferencia de recolección se realizó aplicando Sensor GPS de Celular Samsung A32 e integrando los datos al motor de búsqueda geográfica Google Earth se genera la imagen de puntos de recolección. Puntos georreferenciados para recolecta: P1: 6°17'29.0" S 78°28'39.0" W, 1490 m., P2: 6°17'30.8.0" S 78°28'38.6" W, 1485 m., y P3: 6°17'30.7" S 78°28'38.2" W, 1472 m. De cada árbol georreferenciado se recogieron 5 kg de hojas frescas correspondiente a 3 puntos

de muestreo georeferenciados. Las hojas de *A. montana* recolectadas presentaron dimensiones: largo 10 – 14 cm, ancho 4 - 5,5 cm. Las muestras fueron tratadas con una deshidratación parcial para el proceso de deshidratación.

Figura 4

Georreferencia de ubicación GPS de puntos de recolección de muestras



3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Se aplicó la técnica de cálculo gravimétrico y observación instrumental cuantitativo para desarrollar la exploración descriptiva.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Para rendimiento extractivo se utiliza, los instrumentos balanza analítica permite obtener dato de peso de muestra, y separador de aceite esencial con graduación volumétrica, que muestra el volumen de aceite esencial. Se aplica ecuación gravimétrica según rendimiento porcentual según

método. Para la determinación de densidad se aplica calculo gravimétrico de peso/volumen, utilizando micropipeta y balanza analítica, los datos mecánicos y digitales se observan visualmente y se aplica la ecuación de densidad absoluta. Para la determinación y cuantificación de compuestos fitoquímicos se utiliza el cromatógrafo gas acoplado a espectrometría de masas, misma que genera un reporte de análisis cromatográfico, indicando número de compuestos químicos elucidados, concentración porcentual del compuesto.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los valores de rendimiento extractivo, densidad e índice de refracción son analizados de forma triplicada. Los resultados son expresados por la media, desviación estándar y comparación de medias de Tukey aplicando el Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

Este estudio no viola los aspectos normativos vinculados al código de ética. La recolecta de muestras no ocasiono daño alguno en las plantas, no se efectuó tala de árbol para la finalidad de recolecta de hojas, en el proceso extractivo no se usó solventes químicos; se utilizó vapor de agua como vehículo de arrastre. La elucidación vía instrumental, no utilizo insumos que perjudiquen la ya deteriorada capa de ozono; se utilizó Helio grado analítico.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización del aceite esencial

El aceite esencial de *A. montana* obtenido de muestras de hojas con 40 % de humedad promedio próximo presentaron un rango de rendimiento extractivo por hidrodestilación de 0,22 a 0,33 % volumen/peso; densidad: 0,951 – 0,967; e índice de refracción: 1,6332 – 1,7157.

Tabla 3

Características fisicoquímicas del aceite esencial de A. montana

Características	Punto de georreferencia de muestra		
	P1 – 1490 m	P2 – 1486 m	P3 – 1474 m
Rendimiento % v/p	0,22 ± 0,02 ^a	0,30 ± 0,03 ^b	0,28 ± 0,04 ^{a,b}
Densidad g. ml ⁻¹	0,964 ± 0,00 ^a	0,976 ± 0,00 ^b	0,954 ± 0,00 ^b
Índice de refracción IR	1,635 ± 0,00 ^a	1,715 ± 0,00 ^c	1,693 ± 0,00 ^b

Los valores reportados para las características del aceite esencial de *A. montana* muestran una variación bastante marcada para muestras de una misma especie, la comparación de medias y el análisis tukey mostro una variación significativa Para esta especie no se registra reportes y/o artículos científicos de aceite esencial de hojas de *A. montana*, por lo que se fundamenta la discusión en referentes indirectos como:

A. Muricata, procedente de Mérida en Venezuela, registra rendimiento extractivo de aceite esencial 0,06 % v/p de hojas frescas en aparato Clevenger por 3 h (Meccia et al., 2015).

A. Cherimola Mill, procedente de la localidad de Cango Bajo, Provincia de Loja, Ecuador con ubicación 4°20' 34" S y 79° 34'24" W, altitud de 1950m. registra rendimiento extractivo de 0,25 v/p con densidad 0,9472 g.mL⁻¹, índice de refracción 1,7413 (Valarezo et al., 2022).

A. verpretorum, procedente de Petronila, Pernambuco, Brasil 09°19'38" S 40°33'01" W reporta rendimiento de 0,31 % v/p (Coimbra et al., 2019).

A. acutiflora procedente del parque nacional Jurubativa, Carapebus, Brasil extraída con cleveger de 5 L por 4 h reporta rendimiento de 0,17 % (Folly et al., 2021).

El aceite esencial de *A. montana* se encuentra dentro de los rangos reportados de rendimiento extractivo, siendo el punto de recolecta P2 con altitud 1486 m., un poco inferior al reportado para *A. verpretorum* (Valarezo et al., 2022). A su vez los rendimientos extractivos de aceite esencial obtenidos de *A. montana* son superiores a los reportados para *A. muricata* procedente de Venezuela.

Para aceite esencial obtenido de harina de hojas *A. squamosa* procedente de Batroun, norte de Libano con 100 m de altitud reporta un rendimiento de 0,1 % v/p expresado en base seca (Hammoud et al., 2022), este valor es inferior a los valores obtenidos para *A. montana*. El índice de refracción y densidad son inferiores a los reportados para *A. cherimola* (Valarezo et al., 2022).

4.2. Determinación de compuestos bioactivos del aceite esencial de *A. montana*

El reporte de análisis de CG-EM con 95 % de coincidencia con la librería de estándares indica como compuestos mayoritarios: cariofileno, biciclogermacreno y humuleno, destacando representativamente en el punto de recolecta P2 con 34,79, .23,47 y 3,98 % respectivamente.

Tabla 4*Composición química del aceite esencial de hojas de A. montana*

Compuestos químicos	CAS	P1	P2	P3
Cariofileno	000087-44-5	3,84	34,79	30,32
Humuleno	006753-98-6	0,39	3,98	-
Alloaromandreno	025246-27-9	0,19	-	-
Beta copaeno	1000374-18-9	0,42	-	-
Naftaleno	017066-67-0	0,21	-	-
Biciclogermacreno	067650-90-2	2,04	23,47	-
No identificado		92,23	37,76	69,68

Los compuestos químicos identificados son reportados en varios artículos sobre aceites esenciales de *Annonaceae*s, y en estudios específicos de aceites esenciales de hojas de especies de *Annona*, como se menciona a continuación:

Para *A. muricata* procedente de Trujillo, Perú presenta la composición: (Z) cariofileno 40,22, α -humuleno 2,72 y allo-aromadendreno 0,86 % (Rojas et al., 2022); procedente de Merida, Venezuela humuleno 2,4 y biciclogermacreno 4,8 % (Meccia et al., 2015).

Para *A. atemoya* procedente de Pardiniho, São Paulo, Brazil 23°5'3" S, 48°22'38" W; 895 m. (Campos et al., 2019) presenta α -copaeno 0,72, α -humuleno 1,94 y biciclogermacreno 14,28 y cariofileno 1,68 %

Para *A. emarginata* procedente de Pardiniho, São Paulo, Brazil 23°5'3" S, 48°22'38" W; 895 m. Aromadendreno 4,36, α -humuleno 0,52 y cariofileno 3,19 %.

Para *A. vepretorum* procedente de Poco redondo, estado de Sergipe, Brasil 09°57'57" S, 37°51'46" W extraída con clevenger por 3 h presenta composición de: (E)- cariofileno 1,3,

alloaromadendreno 1,3, biciclogermacreno 43,7 % (Vilaça et al., 2013); procedente de Petronila, Pernambuco, Brasil 09°19'38" S 40°33'01" W extraída en clevenger por 2 h reporta (E)-cariofileno 1,54, allo-aromadendreno 0,34, y biciclogermacreno 21,93 % (Coimbra et al., 2019).

Para *A. cherimola* Mill procedente de Cango Bajo, Loja, Ecuador 4°20'34" S, 79°34'24" W, 1950 m., reporta los siguientes compuestos bioactivos: (E)-caryophylleno 10,52 %, α -copaeno 3,06 %, α -humuleno 2,05 % y allo-aromadendreno 0,20 % (Valarezo et al., 2022).

Para *A. acutiflora* procedente del parque nacional Jurubativa, Carapebus, Brasil extraída con clevenger de balón de 5 litros por 4 hr reporta los compuestos bioactivos: allo-aromadendreno 3,8 y biciclogermacreno 12,5% (Folly et al., 2021).

Para *A. neosalicifolia* procedente de Sao Jose das Missoes, estado de Rio Grande do Sul, Brasil reporta α -copaeno 0,1 -0,4 y (E)- β -cariofileno 9,3 – 23,9 % (Tasso et al., 2021).

Así mismo, Bicyclogermacreno 20,3 %, (E)-caryophylleno 19,9 %, α -copaeno 10,0 %, y allo-aromadendreno 5,7 % son reportados para *Annona. salzmannii*, bicyclogermacreno 45,4, (E)-cariofileno 14,6 y α -copaeno 10,6 % es reportado para *A. pickelii* (Costa et al., 2011).

Existe una variabilidad en la concentración en estos compuestos químicos del aceite esencial de hojas de especies de *Annona*, estaría relacionado al punto geográfico de recolecta del mismo y las características intrínsecas y extrínsecas asociadas a la especie vegetal, la altitud y el clima son determinantes sobre la calidad biológica del suelo las que influyen en el rendimiento y composición química del suelo (Castro et al. 2019).

Así mismo, el tratamiento de muestra puede estar relacionado con la concentración del compuesto extraído y elucidado por el análisis CG-EM, algunos investigadores realizan tratamientos de molienda de las hojas como reporta Hammoud et al., (2022) para aceite esencial obtenido de harina de hojas *A. squamosa* procedente de Batroun, norte del Líbano a 100 m. de altitud

reporta presencia de cariofileno 10,15 – 15,56, copaeno 1,22 – 2,8 y α - humuleno 0,31 -2,57 %. Así también Ligan (2018) reporta constituyente mayoritario al cariofileno 15,9 %.

En el ámbito tecnológico varios autores aplican una deshidratación parcial del tejido vegetal. La evaluación de tecnologías de deshidratación ayuda a comprender el carácter del perfil químico en relación de la reducción aparente de compuestos químicos volátiles y el rendimiento extractivo que se obtiene considerando el proceso de reducción del porcentaje de agua en hojas de la planta. La evaluación comparativa de rendimiento extractivo de aceite esencial de hojas de *A. muricata* en tejido fresco y tejido deshidratado en las diferentes tecnologías de deshidratación: con aire, con aplicación solar y con uso de horno a 40 °C reportan un rendimiento de 0,24, 0,30, 0,15, y 20,0 %; y una presencia del compuesto mayoritario de cariofileno en 25,9, 20,3, y 30,0 % (Njoku et al, 2021). En la investigación de *A. montana* en T2 presentó un valor mayor, y en T1 un valor con una marcada diferencia.

La velocidad de flujo de aire en ventilación asistida como tratamiento del tejido fresco para extracción de aceite esencial de *A. muricata* podría tener relación con la significativa pérdida total de los compuestos químicos: humuleno y beta copaeno, como se deduce de la investigación de Njoku et al. (2021). En la investigación no se aplicó ventilación asistida (aire forzado) y se elucidó en P1: humuleno 0,39 y beta copaeno 0,42 %.

Los compuestos elucidados en la presente investigación reportan potencial medicinal como inhibidor de cáncer de líneas celulares (Ilango et al., 2022; Mohd et al., 2022).

El biciclogermacreno muestra actividad inhibidora de forma predictiva contra células cancerosas en la línea celular A549, objetivo molecular implicado en carcinogénesis (Moraes et al., 2022), e inhibición de cáncer de tipo pulmonar en ensayos in vitro con la línea celular A549 y

cáncer prostático en línea celular PC-3 mediante ensayo in vitro con extractos de hojas de *A. muricata* (Ilango et al., 2022).

Así mismo, el aceite esencial de la especie *Dillenia reticulata* procedente de Behrang Perak 3°44'43,8756" N, 101°26'59,1864" E con una composición mayoritaria del compuesto bioactivo bicilogermacreno 44,18 % reporta actividad anticancerígena frente a las siguientes líneas celulares con un valor IC50 de 68,5, 61,5, y 65,2 ug.mL⁻¹ (Mohd et al., 2022).

En el punto geográfico de recolecta P2 reporta presencia de bicilogermacreno de 23,48 % en el aceite esencial de hoja de *A. montana*, en comparación al reporte de Mohd et al., (2022) con 44,18 % presenta un valor menor. Ello validaría ligeramente la aplicación medicinal empírica que realizan los pobladores de Chimban, Chota en la Región de Cajamarca como anticancerígeno con la infusión de las hojas de *A. montana*. Sin embargo, se requeriría continuar con investigaciones especializadas para determinar indicadores específicos de actividad anticancerígena y prueba in vitro, para poder afirmar a ciencia cierta la efectividad anticancerígena específica, y caracteres descriptivos óptimos de la planta para su orientación medicinal.

Otro compuesto identificado en *A. montana* es el α - humuleno, que estructuralmente muestran coincidencias con la α -humulona (Moraes et al., 2022), este compuesto químico es un tipo de α -ácido que predomina en lúpulos. Este compuesto presenta propiedad antiséptica con potencia de inhibir el crecimiento bacterial. Este compuesto asociado a los otros compuestos identificados podría tener potencialidad de aplicación tecnofuncional en la agroindustria, siendo requerido desarrollar investigaciones básicas que permitan evaluar la toxicidad de las hojas de guanábana en relación a la georreferencia de recolecta y tecnología extractiva aplicada. Mediante la validación científica de compuestos químicos, permitirá de forma prospectiva orientar a la formulación de productos nutraceúticos con futura aplicación agroindustrial.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El aceite esencial de hojas de *A. montana* presenta un rango de rendimiento extractivo v/p en P1: 0,22 P2: 0,30, y P3: 0,28 %.

El aceite esencial de hojas de *A. montana* presenta las siguientes características fisicoquímicas, densidad: P1: 0,96, P2: 0,98 y P3: 0,95 g.ml⁻¹, índice de refracción: P1: 1,635, P2 1,715 y P3: 1,693.

El aceite esencial de *A. montana* reporta presencia de compuestos químicos en: P1: cariofileno 3,84 %, humuleno 0,37 %, biciclogermacreno 2,04%; P2: cariofileno 34,79 %, humuleno 3,98 %, biciclogermacreno 23,47 %, y P3 cariofileno 30,32 %. La presencia del compuesto biciclogermacreno connotaría el potencial de acción anticancerígena de esta especie.

El punto de georreferencia P2 6°17'30,8.0"S 78°28'38,6"W, 1485 m de altitud, expresa un mayor rendimiento extractivo en hojas de guanábana con 40 % de humedad y una expresión en mayor concentración del compuesto químico biciclogermacreno.

5.2. Recomendaciones

La institución debe proponer alianzas estratégicas con laboratorios de análisis instrumental de avanzada en el país y en el exterior. El mayor referente en análisis CG- EM, en latinoamérica se tiene en el laboratorio de análisis instrumental de la Universidad Nacional de Colombia y el laboratorio de Análisis instrumental que dirige la Dra. María Elena Stachenko de la Universidad Santander Colombia. La dificultad encontrada es el envío de muestras al exterior. Estas alianzas estratégicas posibilitarían acceso a servicio de calidad en los resultados en la

identificación y cuantificación de bioactivos presentes en aceites esenciales que se pretendan reportar; ello debido a la continuidad del servicio que realizan.

En las instituciones a nivel nacional, el hecho de contar con equipamiento lejos de representar un potencial para la investigación representa para dichas instituciones: gastos de implementación progresiva y mantenimiento, gastos logísticos por consumibles no previstos para servicios que deben ser continuos; y deficiente soporte técnico debido a la no continuidad laboral del personal asignado al manejo de estos equipos. Muchos laboratorios de las universidades nacionales que cuentan con Cromatógrafos de gas acoplados a espectrometría de masa, algunos incluso por facultades, no prestan servicio remunerado o por colaboración al investigador tesista universitario, solo refieren que sus equipos se utilizan únicamente para miembros de su institución y/o empresa.

Contar con equipos ya no es un potencial de investigación, sin embargo, las alianzas con convenios muy específicos a servicios que integran los bienes con los que cuentan otras instituciones académico - científicas es una alternativa coherente y de beneficio para quienes pretendemos desarrollar investigación a nivel básico en compuestos fitoquímicos con fines de obtención del título profesional y publicación de artículos.

Los hallazgos científicos resaltan la importancia en el campo de la salud por evidencias de acción anticancerígena del compuesto químico bicilogermacreno encontrado en especies de *Annona* y sus extractos. Compuesto también elucidado en la especie *A. montana* materia de la presente investigación. Por lo cual, recomiendo, continuar investigaciones como: Evaluación toxicogénica de extractos de hojas de *A. montana*, y evaluación anticancerígena in vitro de extractos de hojas de *A. montana* frente a líneas celulares de incidencia cancerígena en la Región de Cajamarca.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo, J., Prashad, M., Vásquez, Y., Li, E., & Tomás, G. (2005). Actividad citotóxica in vitro de la mezcla de *A. muricata* y *K. lappacea* sobre células cancerosas de glándula mamaria, pulmón y sistema nervioso central. *Rev Peru Med Exp Salud Públ.*, 27(2), 2–7.
- Bomfim, L., Menezes, L., Rodrigues, A., Dias, R., Gurgel, C., Soares, M., Neto, A., Nascimento, M., Campos, D., Silva, L., Costa, E., & Bezerra, D. (2016). Antitumour Activity of the Microencapsulation of *A. vepretorum* Essential Oil. *Basic & Clinical Pharm. & Toxicology*, 208–213. <https://doi.org/https://doi.org/f8bgmh>
- Brito, M.T., Ferreira, R.C., Beltrão, D.M., Gomes, A.P., Lira, A, Lima, J.C., Mota, T., Longato, G.B, Tasca, A.L., de Carvalho, J.E., Medeiros, K.C., dos Santos, S.G., de Oliveira, V.C., Tavares, J.F., Diniz, M.F., Vieira, M. (2018). Antitumor activity and toxicity of volatile oil from the leaves of *Annona leptopetala*. *Rev. Brasileira de Farmacognosia* 28(5): 602-609. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.06.009>
- Campos, L.M., Silva, T.P., de Oliveira, A.S., Mendonça, I.O., Palazzi, C., Novaes, V., de Freitas, M.G., Melo, C.N., Fabri, R.L. (2023). J. Ethnopharmacology 315: 116682. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2023.116682>
- Campos, F. G., Vieira, M., Baron, D., Marques, M., Ferreira, G., & Boaro, C. S. (2019). Profile of Essential Oils From the Leaves of *Annona* Grafted. *Journal of Agricultural Science*, 11(2), 210–216. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n2p210>
- Cascaes, M.M., Marques, S.H., de Oliveira, M.S., Cruz, J.N., de Moraes, A.B., do Nascimento, L.D., Oliveira, O., Pinheiro, G.M.S., 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): e0289991.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289991>

Castro, E.M., Chávez, S.G., Auquiñivin, E.A., Fernández, A.B., Acha, O., Rodríguez, N., Olivas, G.I., Sepúlveda, D.R. (2019). Aceites esenciales de plantas nativas del Perú. Efecto del lugar de cultivo en las características fisicoquímicas y actividad antioxidante. *Sci. Agropecuaria* 10(4):479-487. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.04>

Chiang, F. (1989). La taxonomía vegetal en México: Problemas y perspectivas. *Ciencias - Rev. de Difusión*, 4–7.

Coimbra, T., Raimundo, J. G., Miranda, M. A., Gama, M., de Andrade, R. B., dos Passos, P., de Sousa, B. M., Abrahão, L., de Souza, A. A., Russo, M., Stanisçuaski, S., Pereira, C. E., Salvador, M. J., & Guedes, J. R. (2019). Anticonvulsant, sedative, anxiolytic and antidepressant activities of the essential oil of *Annona vepretorum* in mice: Involvement of GABAergic and serotonergic systems. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 111, 1074–1087. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.12.114>.

Cortes, D., Moreno, L., Párraga, J., Galán, A., & Cabedo, N. (2014). Nuevos fármacos inspirados en Annonáceas. *Rev. Bras. Frutic*, 36, 22–31. <https://doi.org/https://doi.org/fm4t>

Costa, E., Dutra, L. M., de Jesus, H. C., Nogueira, P. C., Moraes, V. R., Salvador, M. J., Cavalcanti, S. C., dos Santos, R. L., & Prata, A. P. (2011). Chemical composition and antioxidant, antimicrobial, and larvicidal activities of the essential oils of *Annona salzmannii* and *A. pickelii* (Annonaceae). *Nat Prod Commun*, 6(6), 907–912.

Diniz, T., de Oliveira, R., Miranda, M., Silva, M., de Andrade, R., Menezes, A., & Silva, J. (2019). Anticonvulsant, sedative, anxiolytic and antidepressant activities of the essential

- oil of *A. vepretorum* in mice: Involvement of GABAergic and serotonergic systems. *Biomed. & Pharmacotherapy*, *111*, 1074–1087.
- Elhawary, S., Eltantawy, M., Rabeh, M., & Fawaz, N. (2013). DNA Fingerprinting, Chemical Composition, Antitumor and Antimicrobial Activities of the Essential Oils and Extractives of four *Annona* Species from Egypt. *J. of Nat. Sci. Research*, *3*(13), 59–69.
- FAO. (2016). *El estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en Perú*. www.fao.org/3/CA3507ES/ca3507es.pdf
- Folly, D., Machado, F. P., Esteves, R., Duarte, J. L., Cruz, R. A., Oliveira, A. E., Ferreira, R., Souto, R. N., Santos, M. G., Carvalho, J. C., Ruppelt, B. M., Fernandes, C. P., & Rocha, L. (2021). Characterization of the essential oil from *Annona acutiflora* and its nanoemulsion for the *Aedes aegypti* control. *Journal of Essential Oil Research*, *33*(6), 559–566. <https://doi.org/10.1080/10412905.2021.1966847>
- Formagio, A., Vieira, M., dos Santos, L., Cardoso, C., Foglio, M., de Carvalho, J., & Kassuya, C. (2013). Composition and Evaluation of the Anti-Inflammatory and Anticancer Activities of the Essential Oil from *Annona sylvatica* A. St.-Hil. *J. Med.Food*, *16*(1), 20–25. <https://doi.org/https://doi.org/f4kbsv>
- GRC. (2012). *La diversidad biológica de Cajamarca. Visión étnico- cultural y potencialidades*. Gobierno Regional de Cajamarca (ed.); Primera.
- Guarín, O., & Barajas, A. (2015). Hidrodestilación asistida con microondas (MWHD) para la extracción de hidrolatos de plantas aromáticas. *Rev. Politécnica*, *11*(21):51–55.
- Hammoud, S., Jaber, A., Ibrahim, G., & Cheble, E. (2022). Storage effect on the GC-SM profiling and antioxidant activities of essential oils from leaves of *Annona squamosa* L. *Universal Journal of Pharmaceutical Research*. <https://doi.org/10.22270/ujpr.v7i3.785>

- Ilango, S., Sahoo, D. K., Paital, B., Kathirvel, K., Gabriel, J. I., Subramaniam, K., Jayachandran, P., Dash, R. K., Hati, A. K., Behera, T. R., Mishra, P., & Nirmaladevi, R. (2022). A Review on *Annona muricata* and Its Anticancer Activity. *Cancers*, *14*(18), 4539. <https://doi.org/10.3390/cancers14184539>
- INDECOPI. (2011a). *NTP ISO 279. Aceites Esenciales, Determinación de la densidad y densidad Relativa a 20°C. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.*
- INDECOPI. (2011b). *NTP ISO 280. Aceites esenciales, Determinación del Índice de Refracción. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. Lima.*
- ISO. (2013). Aromatic natural and raw materials - vocabulary. Disponible en: <https://cutt.ly/ehIpeF4>. *ISO 9235:2013*. <https://cutt.ly/ehIpeF4>
- Kossouh, C., Moudachirou, M., Adjakidje, V., Chanlchat, J., & Figueredo, G. (2007). Essential oil chemical composition of *Annona muricata* L. leaves from Benin. *J. Essential Oil Research*, *19*(4), 307–309. <https://doi.org/https://doi.org/fm4v>
- Leiva, S., Gayoso, G., & Chang, L. (2018). *Annona muricata* L. “guanábana” (Annonaceae), una fruta utilizada como alimento en el Perú prehispánico. *Arnaldoa*, *25*(1), 127–140. <https://doi.org/https://doi.org/fm4w>.
- León, G., Osorio, M., Martínez, S. (2015). Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial de *Citrus sinensis* L. *Prod. Nat.*, *49*(4), 272–480.
- León, B., & Monsalve, C. (2006). Annonaceae endémica del Perú. *Rev. Perú. Biol*, *13*(2), 35s-41s.

- Lingan, K. (2018). A Review on Major Constituents of Various Essential Oils and its Application. *Translational Medicine*, 08(01), 1000201. <https://doi.org/10.4172/2161-1025.1000201>
- Martinez, A. (2001). *Aceites esenciales* (Universidad de antioquia (ed.)). <https://cutt.ly/ghIoBrg>
- Meccia, G., Vit, P., Rojas, L., Carmona, J., & Santiago, B. (2015). Composición química del aceite esencial de hojas frescas de *Annona muricata* L., de Mérida, Venezuela. *Rev Fac Farm*, 57(2), 2–7.
- Meira, C., Guimarães, E., Macedo, T., da Silva, T., Menezes, L., Costa, E., & Soares, M. (2014). Chemical composition of essential oils from *A. vepretorum* Mart. and *A. squamosal* L. (Annonaceae) leaves and their antimalarial and trypanocidal activities. *J. Essential Oil Research*, 1–9.
- Mohammed, M., El-Gengaihi, S., Aboul, A., Hassan, E., Ahmed, O., & Asker, M. (2016). Chemical constituents and antimicrobial activity of different *Annona* species cultivated in Egypt. *J. Chem. and Pharm. Research*, 8(4), 261–271.
- Mohd, W., Amira, N., Ab, N., & Haffizi, M. (2022). Volatile components of *Dillenia reticulata* King (Dilleniaceae) essential oil and their cytotoxicity. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 37(1), 245–249. <https://doi.org/10.4314/bcse.v37i1.19>
- Mol, S., Amala, A.R., Kanchana, A. (2023). Unveiling the volatile chemical variations of *Annona* essential oils and its associated pharmacological activities. *J. Mol. Structure* 1292(15): 136082 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.136082>
- Moraes, M., Gomes, S., Neves, J., Santana, M., Oliveira, J., A.A., B., Miranda, F. A., Santana, K., Diniz, L., & de Aguiar, E. H. (2022). First report on the *Annona exsucca* DC. Essential

- oil and in silico identification of potential biological targets of its major compounds. *Natural Product Research*, 36(15), 4009–4012. <https://doi.org/10.1080/14786419.2021.1893724>.
- Njoku, I.S., Ichide, M.U., Ur, N., Khan, A.M., Otunomo, I., Asekun, O.T., Familoni, O.B. (2021). Variation in the sesquiterpenoid composition of the volatile oils of *Annona muricata* Linn. from south-western Nigeria, caused by different drying methods. *J. Chem. Soc. Nigeria*, 46(4):765 – 771
- Peredo, H., Palou, E., & Lopez, A. (2009). Aceites esenciales: métodos de extracción. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 3(1), 24–32.
- Rama, T., Harshitha, S., Likhitha, K. (2023). Gas Chromatography- Mass Spectroscopy: An Overview. *European J. of Biomedical and Farmaceutical Sciencies*.10(5): 83-89.
- Ranjan, S., Roy, C., Kumar, S. (2023). Gas Chromatography – Mass Spectrometry (GC-MS): A comprehensive review of synergistic combinations and their applications in the past two decades. *J. Analytical Sci. Applied Biotechnology*. 5(2):72-85.
- Rios, M. Y., Casterjon, F., Robledo, N., Leon, I., Rojas, G., & Navarro, V. (2003). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils from *Annona cherimola* (Annonaceae). *Rev. Soc. Quím. México*, 47(2), 139–142.
- Rojas, J. P., Arroyo, J. L., Palomino, M., Ortiz, J. M., Calva, J., Justil, H. J., Castro, A., Ramos, N., Cieza, E. C., & Herrera, O. (2022). Phytochemical Constituents and Ameliorative Effect of the Essential Oil from *Annona muricata* L. Leaves in a Murine Model of Breast Cancer. *Molecules*, 27(6), 1818. <https://doi.org/10.3390/molecules27061818>

- Romero, R., Fernández, J., Plaza, P., & Garrido, A. (2007). Empleo de la espectrometría de masas como herramienta para la determinación de tóxicos en alimentos: hacia la seguridad alimentaria. *Rev. Española de Salud Pública*, 81(5), 461–474.
- SERFOR. (2019). *Resolución de Dirección General N° 503-2019-MINAGRI-SERFOR-DGGSPFFS*.
- Siqueira, C., Oliani, J., Sartoratto, A. Q., Moreno, P., Reimão, J., Tempone, A., & Fischer, D. (2011). Chemical constituents of the volatile oil from leaves of *Annona coriacea* and in vitro antiprotozoal activity. *Br. J. Pharm.*, 21(1), 33–44. <https://doi.org/https://doi.org/d78bwb>.
- Skoog, D., Holler, F., & Nieman, T. (2001). *Principios de analisis instrumental* (McGrawHill (ed.)).
- SUNAT. (2023). Partidas Arancelarias. Disponible en: <http://www.aduanet.gob.pe/servlet/AIScrollini?partida=810902000>.
- Tasso, T. J., Dolejal, G., Anders, M., Henriquez, A. T., & Palermo, M. (2021). Characterization of Seasonal and Chemotypical Variability in the Volatile Oil from Leaves of *Annona neosalicifolia* H.Rainer (Annonaceae). *Natural Volatiles and Essential Oils*, 8(3), 81–91. <https://doi.org/10.37929/nveo.946559>.
- Thang, T., Dai, D., Hoy, T., & Ogunwande, I. (2013). Study on the volatile oil contents of *A. glabra* L., *A. squamosal* L., *A. muricata* L. and *A. reticulate* L., from Vietnam. *J. Nat. Prod. Research*, 27(13), 1232–1236. <https://doi.org/https://doi.org/fm4s>
- Turek, C., & Stintzing, F. (2013). Stability of essential oils: A review. *Comprehensive Review Food Sci. & Food Safety*, 12(1), 40–53.

UNACH (2020). *Certificado de Identificación taxonómica*. Herbario Pedro Coronado. Chota. Cajamarca. Perú.

UNACH (2021). Diario de Ruta N° 3. 30p. <https://shorturl.at/cKTY6>

Valarezo, E., Ludeña, J., Echeverrial, E., Cartuche, L., Meneses, M. A., Calva, J., & Morocho, V. (2022). Enantiomeric Composition, Antioxidant Capacity and Anticholinesterase Activity of Essential Oil from Leaves of Chirimoya (*Annona cherimola* Mill.). *Plants*, *11*(3), 367. <https://doi.org/10.3390/plants11030367>

Vásquez, R., Rojas, R. (2016). *Clave para identificar grupos de familias de Gymnospermae y Angiospermae del Perú*. Center for Conservation and Sustainable Development.

Vásquez, R., Rojas, R., Monteagudo, A., Valenzuela, L., & Huamantupa, I. (2018). Catálogo de los árboles del Perú. *Revista Q'EUÑA*, *9*(1).

Verma, R., Joshi, N., Padalia, R., Singh, V., Goswami, P., & Chauhan, A. (2016). Characterization of the Leaf Essential Oil Composition of *A. squamosa* L. from Foothills of North India. *Med Aromat Plants (Los Angel)*, *5*(5), 270 <https://doi.org/https://doi.org/fm4r>

Vilaça, E., Macedo, L., Salvador, M. J., Gonzaga, L. H., Ramos, F., & De Carvalho, J.E. (2013). Chemical composition of the essential oils of *Annona pickelii* and *Annona salzmannii* (Annonaceae), and their antitumour and trypanocidal activities. *Natural Product Research*, *27*(11), 997–1001. <https://doi.org/10.1080/14786419.2012.686913>

CAPÍTULO VII. ANEXOS

Anexo 1: Certificado de identificación taxonómica.

Anexo 2: Reporte estadístico Excel.

Anexo 3: Certificado CG -EM -UNSAAC.

Anexo 4: Recolección de muestras de hojas de *A. montana*

Anexo 5: Extracción de aceite esencial de *A. montana*.

Anexo 1: Certificado de identificación taxonómica.



Universidad Nacional Autónoma de Chota
Facultad de Ciencias Agrarias
Institución Científica Nacional Depositaria de Material Biológico
Herbario "Pedro Coronado Arrascaue"
Resolución de Dirección General N° 503-2019-MINAGRI-SERFOR-DG3SPFFS




CONSTANCIA

El jefe del herbario "Pedro Coronado Arrascaue" de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota-Cajamarca-Perú, hace constar que la muestra botánica presentada por: **Reyes Molocho Vásquez**, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, fue determinada científicamente en este herbario como parte del proyecto de Tesis "Extracción y caracterización fitoquímica del aceite esencial de guanábana (*Annona* sp)", cuya descripción taxonómica de la especie es:

Clasificación Taxonómica	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Magnoliales
Familia:	Annonaceae
Nombre Científico:	<i>Annona montana</i> Macfad.
Nombre Común:	Guanábana de monte

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado.

Colpamata, Chota, agosto de 2020


Dr. Alejandro Saborido Curya
Jefe del Herbario: "Pedro Coronado Arrascaue"
Facultad de Ciencias Agrarias-UNACH

Anexo 2: Reporte estadístico Excel

Reporte Estadístico EXCEL - Extraccion de Aceite Esencial de *A. montana*

ANOVA: Single Factor

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
P1	3	0.6626477	0.2208826	0.0003225	0.0006451	0.0161803	0.1812907	0.2604744	
P2	3	0.9073042	0.3024347	0.0006793	0.0013587	0.0161803	0.2628429	0.3420266	
P3	3	0.8294897	0.2764966	0.0013544	0.0027087	0.0161803	0.2369047	0.3160884	

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Grc	0.0104165	2	0.0052082	6.6312278	0.0302217	0.6885132	1.4867445	0.5558288
Within Grou	0.0047125	6	0.0007854					
Total	0.0151289	8	0.0018911					

Si hay diferencia

TUKEY HSD

TUKEY HSD						alpha	0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit			
P1	0.2208826	3	0.0006451					
P2	0.3024347	3	0.0013587					
P3	0.2764966	3	0.0027087					
		9	0.0047125	6	4.339			

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
P1	P2	0.0815522	0.0161803	5.0402023	0.0113457	0.1517587	0.0275492	0.0702065	2.9099622
P1	P3	0.055614	0.0161803	3.4371365	-0.0145925	0.1258205	0.1115476	0.0702065	1.9844317
P2	P3	0.0259381	0.0161803	1.6030659	-0.0442683	0.0961446	0.5302921	0.0702065	0.9255305

Q TEST

group 1	group 2	
P1	P2	Si hay diferencia Significativa
P1	P3	No hay diferencia
P2	P3	No hay diferencia

Reporte Estadístico EXCEL - Densidad de Aceite Esencial de *A. montana*

ANOVA: Single Factor

DESCRIPTION					Alpha	0.05			
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper	
P1	3	0.2892	0.0964	2.1E-07	4.2E-07	0.0003037	0.0956569	0.0971431	
P2	3	0.2928	0.0976	3.1E-07	6.2E-07	0.0003037	0.0968569	0.0983431	
P3	3	0.2928	0.0976	3.1E-07	6.2E-07	0.0003037	0.0968569	0.0983431	

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Grc	2.88E-06	2	1.44E-06	5.2048193	0.0488829	0.6343612	1.3171711	0.483045
Within Grou	1.66E-06	6	2.767E-07					
Total	4.54E-06	8	5.675E-07					

Si hay diferencia

TUKEY HSD/KRAMER						alpha	0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit			
P1	0.0964	3	4.2E-07					
P2	0.0976	3	6.2E-07					
P3	0.0976	3	6.2E-07					
		9	1.66E-06	6	4.339			

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
P1	P2	0.0012	0.0003037	3.9515134	-0.0001177	0.0025177	0.0703311	0.0013177	2.2814073
P1	P3	0.0012	0.0003037	3.9515134	-0.0001177	0.0025177	0.0703311	0.0013177	2.2814073
P2	P3	0	0.0003037	0	-0.0013177	0.0013177	1	0.0013177	0

Q TEST

group 1	group 2	
P1	P2	Si hay diferencia significativa
P1	P3	Si hay diferencia significativa
P2	P3	Si hay diferencia significativa

Reporte Estadístico EXCEL - Índice de Refracción de Aceite Esencial de *A. montana*

ANOVA: Single Factor

DESCRIPTION		Alpha 0.05						
Group	Count	Sum	Mean	Variance	SS	Std Err	Lower	Upper
P1	3	4.905	1.635	4E-06	8E-06	0.002	1.63010618	1.6398938
P2	3	5.145	1.715	0.000016	3.2E-05	0.002	1.71010618	1.7198938
P3	3	5.079	1.693	0.000016	3.2E-05	0.002	1.68810618	1.6978938

ANOVA

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Grp	0.010248	2	0.005124	427	0.0000003	0.9930233	11.9303534	0.989547
Within Grou	7.2E-05	6	0.000012					
Total	0.01032	8	0.00129					

Si hay diferencia

TUKEY HSD/KRAMER

		alpha 0.05			
group	mean	n	ss	df	q-crit
P1	1.635	3	8E-06		
P2	1.715	3	3.2E-05		
P3	1.693	3	3.2E-05		
		9	7.2E-05	6	4.339

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
P1	P2	0.08	0.002	40	0.071322	0.088678	0.0000003	0.008678	23.094011
P1	P3	0.058	0.002	29	0.049322	0.066678	0.0000020	0.008678	16.743158
P2	P3	0.022	0.002	11	0.013322	0.030678	0.00058213	0.008678	6.350853

group 1	group 2	
P1	P2	si hay diferencia
P1	P3	si hay diferencia
P2	P3	si hay diferencia

Anexo 3: Certificado CG -EM -UNSAAC



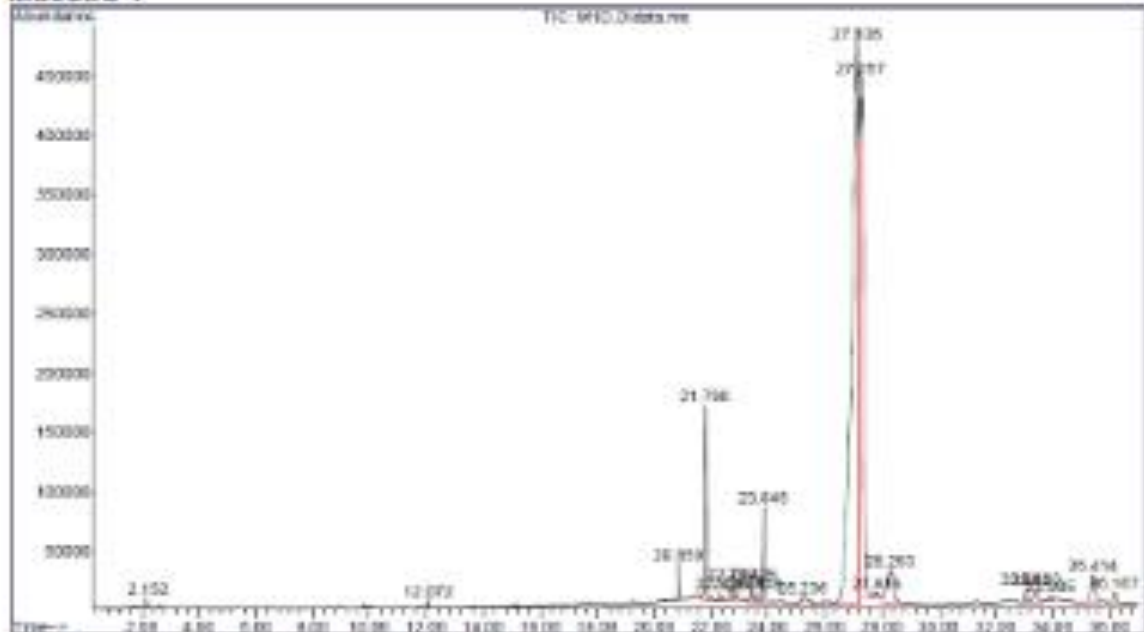
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS
LABORATORIO DE CROMATOGRAFIA Y ESPECTROMETRIA - Pabellón de Control de Calidad
AV. De la Cultura 733 CUSCO-PERÚ Correo: 97366665

RESULTADOS

Cusco, 02 de Mayo del 2022

Solicitantes : Reyes Molocho Vasquez
Tipo de Análisis : Perfil Cromatografico de compuestos volatiles
Método : Cromatografía de Gases masas GC-MS
Tipo de Muestras : Sobre de papel conteniendo sólido
Cantidad de Muestra : 3, codificado como 1, 2 y 3
Almacenamiento : -4 °C.

Muestra 1



Perfil Cromatografico de componentes presentes en la muestra M1

Nota: El resultado obtenido en la detección del perfil de aceite esencial fue por comparación con la base de datos de National Institute of Standards and Technology versión 11 (NIST v11) expresada en contenido relativo de componentes volátiles en % presentes en el aceite esencial.



[Handwritten Signature]
Cuzco, Jorge Chiquenra Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría - UNSAAC.
CDP - 814



RESULTADOS

Muestra 1

Pico	TR	Compuesto Librería Nist 11	CAS	Qual	Contenido Relativo %
1	2.15	n-Hexane	000110-54-3	74	0.171
2	12.07	Nonanal	000124-19-6	72	0.158
3	20.66	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]-	000515-13-9	96	0.723
4	21.79	Caryophyllene	000057-44-5	99	3.843
5	22.33	Azulene, 1,2,3,3a,4,5,6,7-octahydro-1,4-dimethyl-7-(1-methylethenyl)-, [1R-(1.alpha.,3a.beta.,4.alpha.,7.beta.)]-	022567-17-5	84	0.183
6	22.72	Humulene	006753-95-6	96	0.386
7	22.93	Alloaromadendrene	025246-27-9	93	0.189
8	23.43	.beta.-copaene	1000374-18-9	94	0.419
9	23.61	Naphthalene, decahydro-4a-methyl-1-methylene-7-(1-methylethenyl)-, [4aR-(4a.alpha.,7.alpha.,8a.beta.)]-	017066-07-0	95	0.212
10	23.84	Bicyclogermacrene	067650-90-2	93	2.043
11	25.24	1-Adamantanecarboxylic acid, 2-methylphenyl ester	1000293-75-3	86	0.742
12	27.13	3-Methyl-2-butenoic acid, tridec-2-ynyl ester	1000298-31-7	59	57.257
13	27.26	3-Methyl-2-butenoic acid, tridec-2-ynyl ester	1000298-31-7	59	26.945
14	27.62	1-Adamantanecarboxylic acid, 2-methylphenyl ester	1000293-75-3	51	0.303
15	28.29	Cyclopropane-1-carboxamide, 2-(2,2-dichloroethenyl)-3,3-dimethyl-N-cyclohexyl-	297146-28-2	59	3.129
16	33.05	1-Nonanamine, N,N-dimethyl-	017373-27-2	80	0.301
17	33.42	Docosane	000629-97-0	95	0.652
18	33.90	3,3-Dichlorocamphor	110312-41-9	50	0.244
19	35.41	3,3-Dichlorocamphor	110312-41-9	47	1.527
20	36.17	Phthalic acid, 4-bromophenyl methyl ester	1000315-66-6	47	0.544

Qual = Porcentaje de coincidencia con la base de datos Nist 11

CAS = Numero para identificar la molécula

TR = Tiempo de Retención, tiempo al cual son detectados (ver cromatograma)

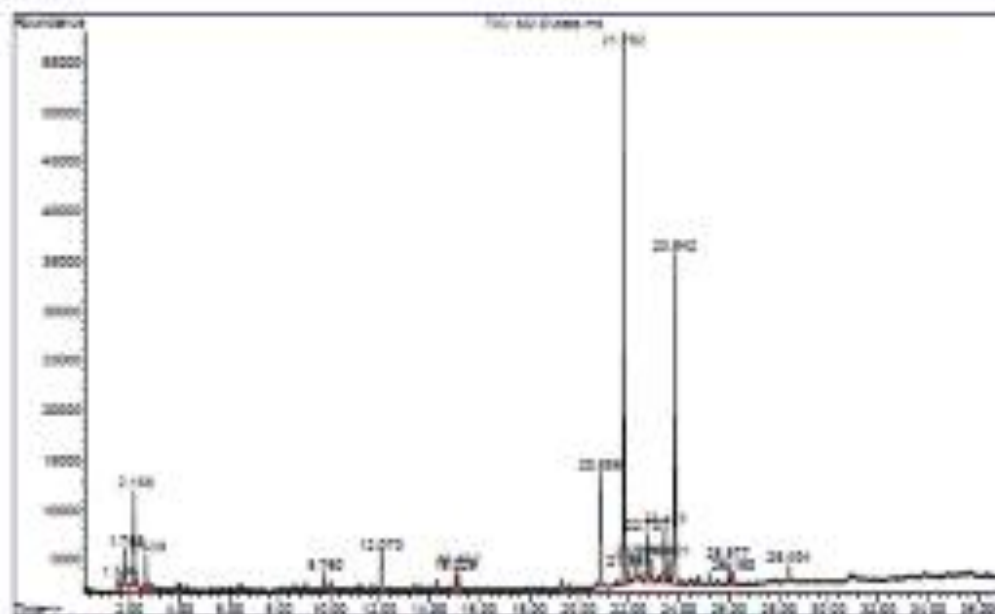


Custodio: Jorge Chequerana Pasi
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría - IMSAAC
COP - 514



RESULTADOS

Muestra 2



Perfil Cromatografico de componentes presentes en la muestra M2

Nota: El resultado obtenido en la detección del perfil de aceite esencial fue por comparación con la base de datos de National Institute of Standards and Technology versión 11 (NIST v11) expresada en contenido relativo de componentes volátiles en % presentes en el aceite esencial.



Chequerera, Jorge Chequerera Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría - UNSAAC.
CGP - 514



RESULTADOS

Muestra M2

Pico	TR	Compuesto Libreria Nist 11	CAS	Qual	Contenido Relativo %
1	1.54	Benzenemethanol, .alpha.-(1-aminoethyl)-, (R*,S*)-(+/-)-	014835-15-4	35	1.44
2	1.79	N-Formyl-beta-alanine	014555-43-6	39	2.53
3	2.17	n-Hexane	000110-54-3	81	4.69
4	2.64	Bianediol, dimethyl-	001066-42-8	80	2.13
5	9.76	Arginine	000074-78-3	43	0.98
6	12.07	Nonanal	000124-19-6	72	2.37
7	15.03	Methyl salicylate	000119-36-6	91	1.06
8	15.15	Metaraminol	000054-49-9	43	1.44
9	20.66	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)-]	000515-13-9	64	7.07
10	21.76	Caryophyllene	000067-44-5	99	34.79
11	21.99	1-Naphthalen-1-yl-2-(2-trifluoromethyl-imidazolidin-2-yl)-ethanone	1000294-70-1	50	0.94
12	22.32	N-Acetyl p-ethoxyamphetamine	129476-59-1	43	1.21
13	22.72	Humulene	000753-96-6	97	3.96
14	22.92	(-)-Norephedrine	000492-41-1	43	1.79
15	23.42	(+)-epi-Bicyclosesquiphellandrene	054274-73-6	67	4.07
16	23.60	N-Acetyl p-ethoxyamphetamine	129476-59-1	53	1.69
17	23.64	Bicyclogermacrene	067650-90-2	93	23.47
18	25.96	1-(3,5-Dimethyl-1-adamantanoyl)semicarbazide	351327-47-4	59	1.53
19	26.16	1,2-Benzenediol, 4-(2-amino-1-hydroxypropyl)-	006539-57-7	64	1.59
20	26.40	Benzenepropanamine, .alpha.-methyl-	022374-89-6	50	1.00

Qual = Porcentaje de coincidencia con la base de datos Nist 11

CAS = Numero para identificar la molécula

TR = Tiempo de Retención, tiempo al cual son detectados (ver cromatograma)

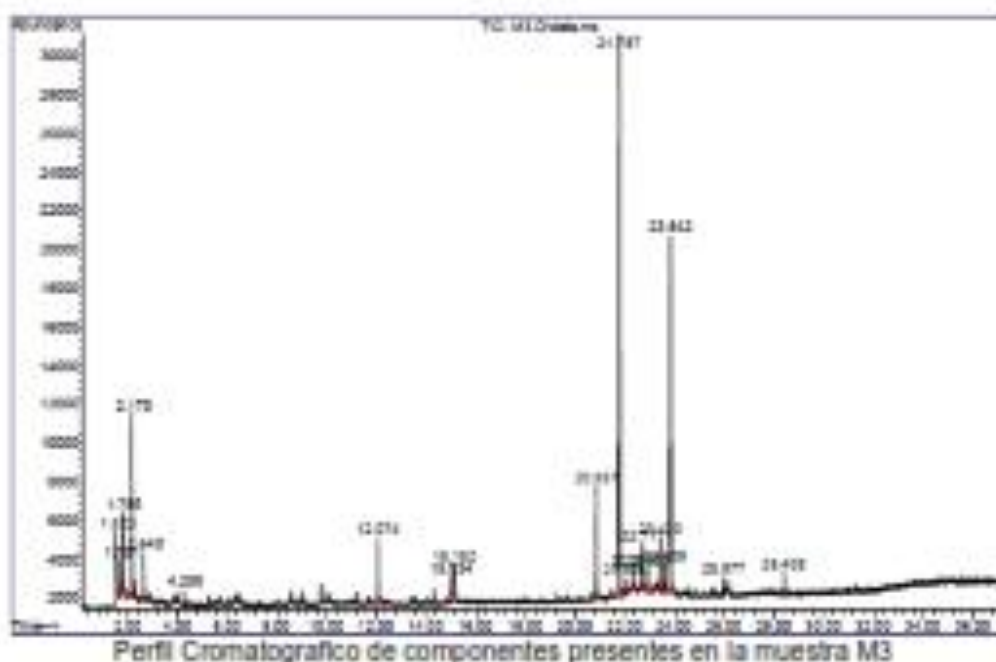


Químico: Jorge Chiquena Paol
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría - UNSAAC.
GGP - 214



RESULTADOS

Muestra 3



Nota: El resultado obtenido en la detección del perfil de aceite esencial fue por comparación con la base de datos de National Institute of Standards and Technology versión 11 (NIST v11) expresa en contenido relativo de componentes volátiles en % presentes en el aceite esencial.



Cuésico, Jorge Chiguenaira Pari
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría - URSALAC,
COP - 814



RESULTADOS

Muestra 3

Pico	TR	Compuesto Libreria Nist 11	CAS	Qual	Contenido Relativo %
1	1.52	Propanamide, 3-(3,4-dimethylphenylsulfonyl)-	1000262-50-6	4	5.68
2	1.70	Propanedioic acid, dihydroxy-	000560-27-0	43	1.79
3	1.79	Thiophene, 2,5-bis(1,1-dimethylethoxy)-	005162-43-1	9	4.41
4	2.17	n-Hexane	000110-54-3	64	7.45
5	2.64	Silanediol, dimethyl-	001066-42-6	61	2.44
6	4.26	6-[N-Aziridylethylamino]-2,6-dimethyloctene-2	1000256-01-2	72	1.11
7	12.07	Nonanal	000124-19-6	64	3.50
8	15.03	Methyl salicylate	000119-36-6	66	1.21
9	15.15	Epinephrine	000051-43-4	53	1.83
10	20.66	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,4.beta.)]	000515-13-9	97	6.22
11	21.79	Caryophyllene	000057-44-5	99	30.32
12	22.00	Piperidine, 3-phenyl-	003973-62-4	59	1.01
13	22.32	Piperidine, 3-phenyl-	003973-62-4	49	1.41
14	22.72	Humulene	006753-96-6	76	2.75
15	22.93	2-Amino-1-(o-methoxyphenyl)propane	015402-84-3	53	1.44
16	23.42	Indole, 5-methoxy-3-(2-methylamino)ethyl-	002009-03-2	37	3.10
17	23.61	2-(Dimethylaminomethyl)-3-nitrophenol	303194-49-2	60	1.75
18	23.64	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-methylethenyl)-4-(1-methylethylidene)-	003242-06-6	63	20.18
19	25.86	5-(2-Aminopropyl)-2-methylphenol	021616-99-5	64	0.96
20	26.40	1-Octadecanamine, N-methyl-	002439-55-6	50	1.44
21	1.52	Propanamide, 3-(3,4-dimethylphenylsulfonyl)-	1000262-50-6	4	5.68
22	1.70	Propanedioic acid, dihydroxy-	000560-27-0	43	1.79
23	1.79	Thiophene, 2,5-bis(1,1-dimethylethoxy)-	005162-43-1	9	4.41
24	2.17	n-Hexane	000110-54-3	64	7.45
25	2.64	Silanediol, dimethyl-	001066-42-6	61	2.44

Qual = Porcentaje de coincidencia con la base de datos Nist 11

CAS = Numero para identificar la molécula

TR = Tiempo de Retención, tiempo al cual son detectados (ver cromatograma)




Quilico, Jorge Chiquenaqui Pani
Analista del Laboratorio de Cromatografía y
Espectrometría - UMSAAC
GGP - 214

Anexo 4: Recolección de muestras de hojas de *A. montana*



Anexo 5: Extracción de aceite esencial de *A. montana*.

