



La investigación, su esencia y arte.

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TESIS

**INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN EL RENDIMIENTO DEL ACEITE
ESENCIAL Y PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA MUÑA
(*Minthostachys mollis*)**

Tesis para optar Título Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INNOVACIÓN ALIMENTARIA

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:

OBJETIVO 3: SALUD Y BIENESTAR.

CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:

02.11.01 Alimentos y bebidas

PRESENTADO POR:

Seguil Gonzales, Luz Clarita (ORCID:0000-0003-1096-5749)

ASESOR:

Dra. Pantoja Tirado, Lucia Ruth (ORCID: 0000-0001-9157-6088)

CO-ASESOR:

Dr. Cornelio Santiago, Heber Peleg (ORCID: 0000-0003-2261-7004)

Pampas – Perú

2024

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"
"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

FACULTAD DE INGENIERÍA

CONSTANCIA N° 3-2024-UNAT/FI	Pampas, 22.08.2024	Página 1 de 1
------------------------------	--------------------	---------------

Quienes al final suscriben este documento, Secretario Académico y Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo",

HACEN CONSTAR:

Que, según aparecen en el respectivo expediente y en el Acta de Sustentación de Tesis Profesional de 15.08.2024:

1. La Bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias, **SEGUIL GONZALES LUZ CLARITA**, identificada con DNI N° 71376038 y con código de matrícula 0071376038, de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja "Daniel Hernández Morillo":
 - 1.1. El 15.08.2024, a las 10:00 horas, en forma presencial y ante el Jurado Evaluador, sustentó su tesis profesional "INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL Y PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA MUÑA (*Minthostachys mollis*)".
 - 1.2. Como resultado de tal sustentación, fue **APROBADO**, con la calificación de (16) Puntos, que corresponde a la condición académica de **BUENO**.
2. El Jurado Evaluador, fue designado con Resolución de Comisión Organizadora N° 266-2023-CO-UNAT de 61.07.2023 y estuvo conformado por el Mg. VILLANUEVA LOPEZ EUDES (Presidente), Dr. DÍAZ GAMBOA OSCAR WILFREDO (Miembro) y Dra. LUCIA RUTH PANTOJA TIRADO (Asesor).

Se expide esta constancia, a requerimiento de parte y para los fines de su uso lícito pertinente, precisando que cualquier enmendadura o anotación invalida este documento.



DR. RONAL ABEL DE LA CRUZ ARAUJO
Coordinador
Facultad de Ingeniería



DR. LUIS RONAR CARRANZA HARO
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO, QUIEN SUSCRIBE:

HACE CONSTAR:

Que el proyecto de investigación titulado "INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL Y PERFIL DE COMPUESTOS VOLÁTILES DE LA MUÑA (*MINTHOSTACHYS MOLLIS*)", cuyo autor es la bachiller LUZ CLARITA SEGUIL GONZALES, desarrollado por la estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias LUZ CLARITA SEGUIL GONZALES asesorado por la Dra. LUCIA RUTH PANTOJA TIRADO, cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (*software Anti plagio Turnitin*), evidenciándose en el informe de originalidad un porcentaje de similitud de dieciocho (18%), el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández morillo.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Pampas, 09 de agosto del 2024



Dr. Gino Pau Prieto Rosales

Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Agradecimiento

Quiero agradecer a Dios, quien me ha dado la fortaleza y la sabiduría para llevar a cabo este trabajo de investigación. A mi papá y mis hermanos, por su incondicional apoyo, amor y sacrificio a lo largo de mi formación académica. Sin su constante aliento y respaldo, no habría llegado hasta aquí. Al Dr. Heber Peleg Cornelio Santiago por su orientación experta, paciencia y dedicación en guiarme a lo largo de este proceso, su conocimiento y experiencia fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. A la Dra. Aline Camila Caetano (Instituto de Investigación para el Desarrollo Sustentable de Ceja de Selva (INDES-CES), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Amazonas, Perú), a la Dra. Dagnith Liz Bejarano Luján, a la Dra. Lucia Ruth Pantoja Tirado y a los docentes de la carrera, por brindarnos los conocimientos necesarios para llevar a cabo esta investigación, sus enseñanzas han sido invaluable en mi formación académica. A los técnicos de laboratorio, cuya colaboración fue fundamental para llevar a cabo las pruebas y experimentos necesarios para esta tesis. A la Asociación de Productores Agropecuarios APOHAAB del Perú “La Pampina” y la Asociación de Productores de Hierbas Aromáticas Servicios Múltiples “Hierbas Santas” que me apoyaron durante el desarrollo de este proyecto, su contribución fue crucial para alcanzar mis objetivos. A mis amistades, por su comprensión, ánimo y apoyo incondicional en cada etapa de este proceso. Por último, quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja (UNAT) por el apoyo brindado a través de la subvención, que me permitió llevar a cabo esta investigación. Sin el respaldo y colaboración de todas estas personas e instituciones mencionadas, no habríamos logrado culminar con éxito esta tesis. Estoy profundamente agradecidos por todo el apoyo recibido.

Dedicatoria

A mi madre, que desde el cielo me guía y me inspira, esta tesis está dedicada a ti, mi eterna fuente de amor y fortaleza. Aunque ya no estés físicamente a mi lado, tu espíritu vive en cada paso que doy y en cada logro que alcanzo. Tu partida dejó un vacío inmenso en mi corazón, pero también me enseñó el valor de la perseverancia y la determinación. Fuiste mi mayor apoyo durante toda mi vida, animándome a seguir mis sueños y nunca rendirme. Hoy, al culminar este importante capítulo académico, quiero honrar tu memoria y agradecerte por todo lo que me has dado. Cada noche de estudio, cada sacrificio realizado para llegar hasta aquí ha sido motivado por tu amor incondicional. Aunque no puedo abrazarte ni verte sonreír al leer estas palabras, sé que estás orgullosa de mí. Tu presencia se hace sentir en cada página escrita y en cada idea plasmada en esta tesis. Gracias por ser mi guía constante, por creer en mí cuando dudaba de mis propias capacidades. Tu legado vive en mí y seguiré luchando por alcanzar mis metas con la misma pasión y determinación que tú me enseñaste. Te extraño profundamente, mamá. Esta tesis está dedicado a tu amor infinito y para mostrar mi agradecimiento por todo lo que has hecho por mí.

Índice de contenido

I. Introducción	1
2.1 Bases teóricas.....	5
2.2.1. Muña.....	5
2.1.1.1 Definición	5
2.1.1.2 Origen y distribución.	6
2.1.1.3 Clasificación taxonómica.....	7
2.1.1.4 Propiedades y usos de la muña.	9
2.2.1.4.1 Infusión.....	9
2.2.1.4.2 Decocción.....	9
2.2.1.4.3 Aromaterapia.....	9
2.2.1.4.4 Frotación.....	10
2.2.1.4.5 Emplastos.....	10
2.2.1.4.6 Maceración.....	10
2.2.2 Aceites esenciales.....	10
2.2.2.1 Definición.....	10
2.2.2.2 Composición química de los aceites esenciales.....	11
2.2.2.3 Compuestos bioactivos de los aceites esenciales.....	13
2.2.2.4 Propiedades físicas y químicas del aceite esencial.....	14
2.2.2.6 Aplicación de los aceites esenciales.....	15
2.2.3 Aceite esencial de muña	16
2.2.3.1 Composición química del aceite esencial de muña.....	17
2.2.3.1.1 Pulegona.....	18
2.2.3.1.2 Mentona.....	19
2.2.3.1.3 Mentol.....	19
2.2.4 Extracción de aceites esenciales	20
2.2.4.1 Métodos de extracción de aceites esenciales.....	20
2.2.4.1.1 Extracción por arrastre de vapor.....	20
2.2.4.1.2 Hidrodestilación.....	21
2.2.4.1.3 Hidrodifusión.....	22
2.2.4.1.4 Extracción con solvente.....	23
2.2.4.1.5 Extracción con fluidos supercríticos.....	24
2.2.4.1.6 Extracción asistida por microondas (MAE).....	25
2.2.4.1.7 Extracción asistida por ultrasonido.....	26

2.2.5	Análisis instrumental de los aceites esenciales.....	26
2.2.5.1	Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG/EM) ..	27
III.	Metodología.....	28
3.1	Tipo de la investigación	28
3.2	Diseño experimental	28
3.3	Población, muestra y muestreo	30
3.3.1	Población	30
3.3.2	Muestra	30
3.3.3	Muestreo	31
3.4	Procedimiento del estudio.....	31
3.4.1	Procedimiento utilizado para extraer el AE de la planta <i>M. mollis</i>	32
3.4.1.1	Recolección de la muña.	32
3.4.1.2	Pesado.	33
3.4.1.3	Traslado.	33
3.4.1.4	Lavado.	33
3.4.1.5	Secado.	33
3.4.1.6	Acondicionamiento.	34
3.4.1.7	Extracción y separación.	34
3.4.1.8	Envasado.	34
3.4.1.9	Almacenado.	35
3.4.2	Cálculo de humedad de las muestras	35
3.4.3	Cálculo del rendimiento del aceite esencial	36
3.4.4	Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del AE	36
3.4.5	Análisis del perfil de componentes volátiles del aceite esencial	36
3.5	Recursos utilizados en la investigación	37
3.5.1	Lugar de ejecución.....	37
3.5.2	Materiales, equipos y reactivos	37
3.5.2.1	Material experimental.	37
3.5.2.2	Materiales de campo.	37
3.5.2.3	Materiales de laboratorio.	37
3.6.2.4	Equipos de laboratorio.	38
3.6.2.5	Reactivos de laboratorio.	38
3.6	Análisis estadístico	38

3.6.1	Hipótesis estadísticas (Nula y Alternativa).....	38
3.6.1.1	Hipótesis Nula.....	38
3.6.1.2	Hipótesis Alternativa.	38
3.6.2	Estadístico	38
IV.	Resultados y discusión	39
4.1	Ubicación geográfica de los lugares de recolección de la muña	39
4.2	Rasgos generales de las muestras recolectadas	40
4.3	Determinación de humedad de las muestras.....	40
4.4	Extracción del aceite esencial.....	41
4.4.1	Rendimiento del aceite esencial.....	41
4.4.2	Caracterización fisicoquímica del aceite esencial muña.....	42
4.4.2.1	Densidad relativa del aceite esencial.	42
4.4.2.2	Índice de refracción del aceite esencial de muña.....	43
V.	Conclusiones	53
VII.	Referencias bibliográficas	55
VIII.	Anexos	73

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución de la especie <i>Minthostachys</i> en el Perú.....	7
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la muña (<i>Minthostachys mollis</i>).....	8
Tabla 3. Naturaleza química de los AE y sus constituyentes	12
Tabla 4. Aplicación del aceite esencial en las diferentes industrias	15
Tabla 5. Características físicas del AE de muña.....	16
Tabla 6. Principales componentes encontrados en el AE de muña	18
Tabla 7. Procedencia de las muestras.....	30
Tabla 8. Metodología utilizada para analizar las características fisicoquímicas del AE.....	36
Tabla 9. Referencia de las muestras.....	39
Tabla 10. Rasgos generales de las muestras.....	40
Tabla 11. Humedad de las muestras	40
Tabla 12. Rendimiento del aceite esencial.....	41
Tabla 13. Densidad relativa del aceite esencial	42
Tabla 14. Índice de refracción del aceite esencial.....	43
Tabla 15. Compuestos volátiles del aceite esencial de la <i>M. mollis</i> de la altitud 1	44
Tabla 16. Compuestos volátiles del aceite esencial de la <i>M. mollis</i> de la altitud 2	46
Tabla 17. Compuestos volátiles del aceite esencial de la <i>M. mollis</i> de la altitud 3.....	47
Tabla 18. Componentes más destacados del aceite esencial de muña	48
Tabla 19. Investigaciones realizadas sobre los compuestos volátiles mediante CG/EM.....	50

Índice de figuras

Figura 1. Planta silvestre muña (<i>Minthostachys Mollis</i>)	6
Figura 2. Componentes de la planta.....	8
Figura 3. Beneficios del aceite esencial para la salud.....	11
Figura 4. Beneficios importantes de los terpenos, terpenoides, fenilpropanoides y otros contituyentes que se encuentran en los aceites esenciales.....	14
Figura 5. Algunos compuestos identificados en el AE de muña.....	17
Figura 6. Estructura química de la pulegona.....	18
Figura 7. Estructura química de la mentona.....	19
Figura 8. Estructura química del mentol.....	20
Figura 9. Ilustración esquemática de método la extracción a vapor.....	21
Figura 10. Ilustración esquemática del método hidrodestilación	22
Figura 11. Ilustración esquemática del método hidrodifusión.	22
Figura 12. Ilustración esquemática del método extracción con solventes. ...	23
Figura 13. Ilustración esquemática del método fluidos supercríticos.....	24
Figura 14. Ilustración esquemática del método MAE.....	25
Figura 15. Ilustración esquemática del método extracción asistida por ultrasonido.....	26
Figura 16 Diagrama esquemático de la CG-EM y sus principales partes.....	27
Figura 17. Esquema experimental de la investigación.....	29
Figura 18. Diagrama de flujo de la investigación	31
Figura 19. Ubicación geográfica de donde se obtuvo las muestras.....	32
Figura 20. Secado de las hojas de muña.....	33
Figura 21. Equipo destilador por arrastre de vapor.....	34
Figura 22. Proceso extractivo del aceite esencial de <i>M. mollis</i>	35
Figura 23. Mapeo satelital de los lugares de colecta de la muña.....	39
Figura 24. Cromatograma correspondiente a la altitud 1.....	46
Figura 25. Cromatograma correspondiente a la altitud 2.....	47
Figura 26. Cromatograma correspondiente a la altitud 3.....	48

Resumen

La muña es una planta aromática que se desarrolla de manera natural en varios pisos ecológicos de los Andes peruanos específicamente desde los 2500 hasta los 3900 m.s.n.m., se emplea en infusiones caseras para tratar afecciones como inflamación abdominal, trastornos digestivos y enfermedades respiratorias. Estas propiedades terapéuticas son atribuidas a los compuestos químicos presentes en la muña. Sin embargo, la composición química de la muña está influenciada por varios factores como el lugar de crecimiento, la altitud, las condiciones ambientales, el clima, etc. y poco se sabe sobre el efecto de la altitud. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar la influencia de la altitud en el rendimiento del aceite esencial y perfil de compuestos volátiles de la muña (*Minthostachys mollis*). Las muestras fueron recolectadas de diferentes altitudes, A1 (2867 m.s.n.m), A2 (3381 m.s.n.m), A3 (3887 m.s.n.m) y fueron secados a temperatura ambiente, hasta obtener una humedad del 11%. Seguidamente la extracción del aceite esencial se realizó mediante el proceso de arrastre de vapor. La determinación del rendimiento se realizó mediante el método gravimétrico y la composición volátil se realizó mediante CG/EM. Los resultados en el rendimiento fueron lo siguiente: A1 (0,49%), A2 (0,73%), A3 (0,79%) mostrando diferencias significativas. Los compuestos volátiles más destacados del AE para la A1 fueron Pulegone (44,45%), l-Menthone (30,41%) y Thymol (4,19), para la A2 fueron Pulegone (52,37%), Thymol (11,32%) y l-Menthone (7,92%) y para la A3 fueron Pulegone (73,90%), l-Menthone (11,35%) y Cyclohexanol (8,38%). Estos resultados indican que las condiciones ambientales de la A3 favorecen para que la pulegona exista en alta concentración comparada a los compuestos volátiles del AE de *M. mollis* cultivada en los otros dos lugares dentro de la provincia Tayacaja, Huancavelica, Perú.

Palabras clave: *Minthostachys mollis*, aceite esencial, rendimiento, compuestos volátiles.

Abstrac

Muña is an aromatic plant that grows naturally in various ecological levels of the Peruvian Andes, specifically from 2500 to 3900 m.a.s.l. It is used in home infusions to treat conditions such as abdominal inflammation, digestive disorders and respiratory diseases. These therapeutic properties are attributed to the chemical compounds present in the muña. However, the chemical composition of pineapple is influenced by several factors such as place of growth, altitude, environmental conditions, climate, etc. and little is known about the effect of altitude. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the influence of altitude on the essential oil yield and volatile compound profile of muña (*Minthostachys mollis*). Samples were collected from different altitudes, A1 (2867 m.a.s.l.), A2 (3381 m.a.s.l.), A3 (3887 m.a.s.l.) and were dried at room temperature until a humidity of 11% was obtained. The extraction of the essential oil was then carried out by the steam extraction process. The determination of the yield was performed by gravimetric method and the votile composition was performed by GC/MS. The yield results were as follows: A1 (0.49%), A2 (0.73%), A3 (0.79%) showing significant differences. The most prominent volatile compounds of EO for A1 were Pulegone (44.45%), 1-Menthone (30.41%) and Thymol (4.19), for A2 were Pulegone (52.37%), Thymol (11.32%) and 1-Menthone (7.92%) and for A3 were Pulegone (73.90%), 1-Menthone (11.35%) and Cyclohexanol (8.38%). These results indicate that the environmental conditions of A3 are favorable for pulegone to exist in high concentration compared to the volatile compounds of the EO of *M. mollis* cultivated in the other two sites within the Tayacaja province, Huancavelica, Peru.

Key words: *Minthostachys mollis*, essential oil, yield, volatile compounds.

I. Introducción

La muña (*Minthostachys mollis*), es una planta andina, que crece de forma silvestre en distintos pisos ecológicos de la región Huancavelica entre 2500 y 3900 m.s.n.m. (Paulino et al., 2021; Huamán y Torres, 2023; Condori y Tunque, 2018). Esta planta es hemicriptófita ello quiere decir que pierde sus hojas en invierno y las recupera con las primeras lluvias de la primavera (Cano et al., 2008). Puede medir de 0,9 a 1,5 m de altura, sus tallos son semileñosos, sus hojas son ovaladas y sus flores son blancas (Linares-Otoya, 2020). Esta planta se utiliza ampliamente con fines medicinales debido a que tiene capacidad para reducir inflamaciones, combatir bacterias, actuar como antioxidante, prevenir alergias, aliviar náuseas, calmar dolores musculares, aliviar la tos y mitigar los síntomas del mal de montaña (Torrenga et al., 2015). Por otro lado, varios estudios han mostrado su efecto antibacteriano (Rodas, 2019; Cano et al., 2008; Alcalá-Marcos et al., 2011; Aquije, 2015) y otras investigaciones han identificado y analizado los diversos compuestos que están presentes en su aceite esencial (Pino et al., 2019; Dueñas et al., 2019). Los aceites esenciales (AE) son sustancias líquidas que se encuentran en las plantas aromáticas, tienen la característica de ser volátiles, hidrofóbicos y de un peso molecular bajo (Ghazanfari et al., 2020). Estos AE contienen metabolitos secundarios como terpenos, terpenoides y fenilpropanoides que les otorgan el aroma a las plantas (Masyita et al., 2022; Köse et al., 2021). Reciben mucha atención en los diferentes sectores de las industrias relacionados con los alimentos, productos cosméticos y farmacéuticos, debido a que poseen propiedades antibacterianas, antioxidantes, antivirales, antiinflamatorias y anticancerígenas (Fan & Li, 2022; Casignia et al., 2019). Actualmente existen diversos métodos para extraer aceites esenciales, los cuales incluyen la extracción con arrastre de vapor, hidrodestilación, hidrodifusión, extracción con solventes, extracción con fluidos supercríticos y extracción asistida por microondas (Valderrama & Ruiz, 2018; Moncada et al., 2016; Christian et al., 2023). La extracción con arrastre de vapor (SD) es ampliamente utilizado y preferido por su eficiencia en la extracción, presenta un buen rendimiento del AE y es económico, lo que lo hace accesible para aplicaciones comerciales e industriales (Malaka et al., 2017; Božović et al., 2017). De hecho, el 93% de los casos es extraído mediante este método y el 7% restante es extraído mediante otras técnicas resaltando la importancia de este método de extracción en las industrias (Tongnuanchan & Benjakul, 2014). La tecnología SD sigue el mecanismo donde se coloca una cantidad sustancial de agua en el equipo y hojas frescas o secas de la planta, el calor aplicado es el factor primordial para provocar la ruptura de las células y así

facilitar la liberación de los compuestos aromáticos o aceites esenciales del material vegetal (Tongnuanchan & Benjakul, 2014; Malaka et al., 2017; Ilag et al., 2023), por lo que la temperatura de calentamiento debe ser suficiente para descomponer el material vegetal y liberar los compuestos aromáticos o aceites esenciales (Stratakos & Koidis, 2016). La SD en diversas plantas aromáticas mostró mayor rendimiento del aceite esencial, bajo costo y resultó ser energéticamente más eficiente que otras tecnologías de extracción (Véliz-Jaime et al., 2019; Pumaylle et al., 2012; Hernández et al., 2011; Colina-Márquez et al., 2022; Cedeño et al., 2019;). Se han realizado varios estudios del AE de la *Minthostachys mollis*, que evidencian que los principales compuestos volátiles más representativos son la pulegona (51,2%), mentona (32,9%), eucaliptol (28,1%), trans mentona (11,9%) y o-cimeno (9,6%) y los componentes volátiles más abundantes son B-felandreno (20,85%) y D-limoneno (13,41%) (Olmedo et al., 2018; Sánchez, et al., 2021; Lupaca et al., 2009; Castro-Alayo et al., 2019, Campo et al., 2019). En cuanto al análisis mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG/EM) del AE de muña en hojas frescas mostró la presencia de 42 compuestos volátiles en su composición (Quezada et al., 2019). Sin embargo, la composición del AE está relacionada con varios factores (altitud, genética, clima, genotipo, condiciones de crecimiento, periodo de recolección, etc.). Además, los factores ecológicos (composición de suelo, temperatura, humedad, etc), que pueden afectar de manera significativa en el rendimiento y en la concentración de los componentes volátiles presentes en el AE (Phuyal et al., 2020; Khalil et al., 2020). Por ello existe un gran interés en estudiar el nivel altitudinal de crecimiento de la muña y aprovechar este recurso natural para el desarrollo de productos agroindustriales en favor de la sociedad, debido a que, hasta la fecha, no hay muchos estudios realizados sobre la influencia de la altitud en el rendimiento y el contenido de compuestos volátiles presentes en el aceite esencial de la muña. En ese sentido surge el problema de la investigación ¿Cuál será la influencia de la altitud en el rendimiento y perfil de compuestos volátiles del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*)?. Y se plantea la hipótesis: La altitud influye de manera significativa en el rendimiento y perfil de compuestos volátiles del aceite esencial de muña. Así el objetivo general de esta investigación es evaluar la influencia de la altitud en el rendimiento del aceite esencial y perfil de compuestos volátiles de la muña (*Minthostachys mollis*) de la provincia Tayacaja, región Huancavelica. Así mismo, se consideran los siguientes objetivos específicos a) Recolectar la muña (*Minthostachys mollis*) de tres altitudes diferentes de la provincia Tayacaja, región Huancavelica. b) Determinar el rendimiento del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) mediante la extracción por arrastre de vapor en muestras

obtenidas de tres altitudes diferentes de la provincia Tayacaja, región Huancavelica. c) Determinar el perfil de compuestos volátiles del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) mediante CG/EM, obtenidos de tres altitudes diferentes de la provincia Tayacaja, región Huancavelica. Finalmente, la presente investigación busco generar nuevos conocimientos acerca de la influencia de la altitud en el rendimiento y concentración de los compuestos volátiles del aceite esencial de la muña (*Minthostachys mollis*). Así obtener un adecuado nivel altitudinal para realizar diferentes actividades agroindustriales enfocados a esta planta, como por ejemplo siembra, cultivo tecnificado, construcción de invernaderos y transformación de la muña, teniendo en cuenta la altitud adecuada para la producción de sus compuestos volátiles. Por otro lado, con este estudio se busco contribuir al desarrollo de la producción y comercialización de plantas aromáticas a nivel de asociaciones emprendedoras como la Asociación de Productores Agropecuarios Organicos de Hierbas Aromaticas “La Pampina” y la Asociación de Productores de Hierbas Aromáticas Servicios Múltiples “Hierbas Santas”, ubicados en la provincia Tayacaja, departamento Huancavelica, donde básicamente se dedican a la elaboración de diversos productos a partir de la muña como filtrantes, extractos, cremas y aceites esenciales. De esta manera aumentar la producción, transformación y comercialización de estos productos. Así mismo, se estará fomentando el trabajo empresarial, a su vez incrementando el ingreso económico del trabajador que labora en la producción de esta especie aromática. Consecuentemente se estará fortaleciendo a la economía sostenible de las asociaciones dedicadas a este rubro y aprovechando el recurso natural presente en la región de Huancavelica.

II. Marco teórico

Según Fuertes y Munguía (2001), llevaron a cabo una investigación titulada **"Comparación del aceite esencial de *Minthostachys mollis* (Kunth) Griseb de tres regiones peruanas utilizando el método CG/EM"**. Los resultados del rendimiento fueron los siguientes: El rendimiento del AE de la región Huancavelica fue 0,21%, de la región Ancash 0,27%, y de la región Junín 0,21%. Luego se identificaron los componentes principales en el AE de Huancavelica, 2S Trans-mentona que representó el 34,51%, la pulegona también fue prominente, constituyendo el 28,62%, seguido por el componente nerolidol con un 5,08%. En Ancash el AE se caracterizó por tener una alta concentración de 2S Trans-mentona, que alcanzó el 41,48%, la pulegona en un 16,02%, seguido por el componente γ -terpineno con un 7,55%. Por último en el AE de Junín, 1-tetradeceno fue el componente más destacado, representando el 23,14%, 2S-Trans-mentona en un 23,00%, y pulegona con un 13,21%. Estos resultados indican diferencias entre las muestras de muña recolectadas a diferentes altitudes, sin embargo, en este estudio no especifica la altitud de donde se obtuvieron las muestras.

Así mismo, Huamani (2015) realizó un estudio sobre **"Compuestos bioactivos del aceite esencial de muña (*Minthostachys mollis*) mediante CG/EM en tres niveles altitudinales del distrito de Huando-Huancavelica"**. La muestra vegetal (muña) fue recolectada con una diferencia de aprox. 271 metros de nivel altitudinal, nivel 1 (3080 m.s.n.m), nivel 2 (3351 m.s.n.m) y nivel 3 (3622 m.s.n.m). Los resultados sobre el rendimiento del AE indicaron que el nivel 1 mostró el mayor rendimiento (0,76%) en comparación con los niveles 3 (0,68%) y 2 (0,61%). Respecto al análisis por CG/EM, se observó que en el nivel 1, ciclobutil denacetaldeído fue el componente principal, representando el 26,62%, seguido por el componente menthol con un 24,06%, y una tercera presencia de ciclobutil denacetaldeído con un 9,42%. En el nivel 2 se encontró un 22,19% del componente metil hidroquinona, un 20,91% del componente menthol, y se detectó un 12,34% de pulegona. En el nivel 3, alcanfor fue el componente predominante, representando el 30,87%, 2,6-octadieno en un 21,35%, finalmente, el linalol representó el 11,57%, un alcohol terpénico.

Según Leander et al. (2020) realizó una investigación sobre el **"Efecto de la altitud geográfica en los compuestos volátiles del género *Origanum* del Sur de Perú"**. Se investigan las variedades *Origanum x majoricum* Cambess y *Origanum majorana*,

evaluando cómo la altitud afecta la composición de los compuestos volátiles y los contenidos de carvacrol y timol. Para ello se recolectaron cincuenta muestras de ambas especies de diferentes altitudes (2500 m.s.n.m y 3500 m.s.n.m.) del sur del Perú y fueron analizadas mediante CG/EM. Los análisis mostraron que el orégano peruano presentó 30 compuestos volátiles monoterpénicos (>30%) y sesquiterpénicos (>5%), en cuanto al contenido de timol y carvacrol tuvo una variación entre 0,38 y 16,47 para *Origanum majorana* y 0,44 y 16,47% para *Origanum majoricum*. Por lo cual, las altitudes a 3000 m.s.n.m y 3200 m.s.n.m favorecieron las altas proporciones de compuestos volátiles. Sin embargo, se demostró una correlación inversa en la concentración de timol y carvacrol.

Todos estos estudios indican que las diferentes altitudes tienen un impacto significativo en el AE. Por lo tanto, es crucial llevar a cabo esta investigación sobre la influencia de la altitud en el rendimiento y el perfil de compuestos volátiles del AE de la muña en la provincia de Tayacaja, región de Huancavelica. Debido a que hasta la fecha no se encuentra información científica relacionada al nivel altitudinal, siendo de gran importancia para las diversas asociaciones de plantas aromáticas que necesitan información científica para la producción adecuada de esta planta con mayor rendimiento del aceite esencial y mejor concentración de sus compuestos volátiles.

2.1 Bases teóricas

2.2.1. Muña

2.1.1.1 Definición

La muña conocida científicamente como “*Minthostachys mollis*”, es una especie que se desarrolla de manera natural en la provincia de Tayacaja, como se muestra en la figura 1. Su uso tradicional como planta medicinal y en la conservación de papas ha sido transmitido a lo largo de generaciones (Corroto et al., 2019). Los pobladores de esta localidad mayormente suelen consumir la muña en forma de infusión por su aroma agradable y para tratar los diversos problemas respiratorios como la tos, gripe, asma, bronquitis, neumonía, laringitis y faringitis (Saldaña-Chafloque, 2022). Además de estas aplicaciones, esta planta brinda varias propiedades saludables, particularmente como antioxidante y para el alivio de dolores comunes, como se ha indicado (Conde et al., 2013).

Figura 1

Planta silvestre muña (Minthostachys Mollis).



Nota: La figura muestra a una de las especies aromáticas más destacadas de esta localidad (*M. mollis*).

2.1.1.2 Origen y distribución.

De acuerdo con Alvino y Brioso (2018), esta planta es originaria de parte sierra del Perú y se encuentra extendida en diversas regiones del país, tales como Huancavelica, Ayacucho, Apurímac, Cusco, Puno, Cajamarca, entre otras (Tabla 1). Se ha registrado un total de 17 especies de muña con una distribución que abarca Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador y Venezuela, mientras que en el contexto peruano ha sido reconocido siete especies específicamente, las cuales son: *Minthostachys mollis* (HKB) griseb, *Minthostachys glabrescens*, *Minthostachys setosa*, *Minthostachys tomentosa*, *Minthostachys andina*, *Minthostachys salicifolia*, *Minthostachys mandoniana* (Huamani, 2015). La muña, según Alvino y Brioso (2018), cuenta con una variedad de denominaciones como huaycho, ismuña, muña-muna, arash, hupaimuña, peperita muña, chancas, ismus, entre otros. Además, en el norte de Perú, también se le conoce como "chancua" (Schmidt-Lebuhn, 2008). Esta planta se desarrolla en regiones de climas templados y fríos, lo que la hace posible de encontrar en altitudes que oscilan entre los 1000 m.s.n.m. y los 3900 m.s.n.m. (Paulino et al., 2021).

Tabla 1*Distribución de la especie Minthostachys en el Perú*

Altitud (m.s.n.m.)	Especie	Distribución
2500-3900	<i>M. mollis</i> (Kunth) Griseb	Huancavelica, Junín, Cusco, Arequipa, Cajamarca, Amazonas, Lima, La Libertad y Piura.
1000-1500	<i>M. setosa</i> (Briquet) Epling	Puno
2000-2500	<i>M. andina</i> (Britton) Epling	Cusco
1000-1500	<i>M. mandoniana</i> (Briquet.) Epling	Ayacucho
2500-3000	<i>M. salicifolia</i> Epling	Ayacucho
2500-3900	<i>M. glabrescens</i> (Bentham) Epling	Cajamarca, Junín, Apurímac y Cusco
2000-3500	<i>M. tomentosa</i> (Bentham) Epling	Huánuco, Junín, Amazonas, Cajamarca, Cusco, Lima y La Libertad.

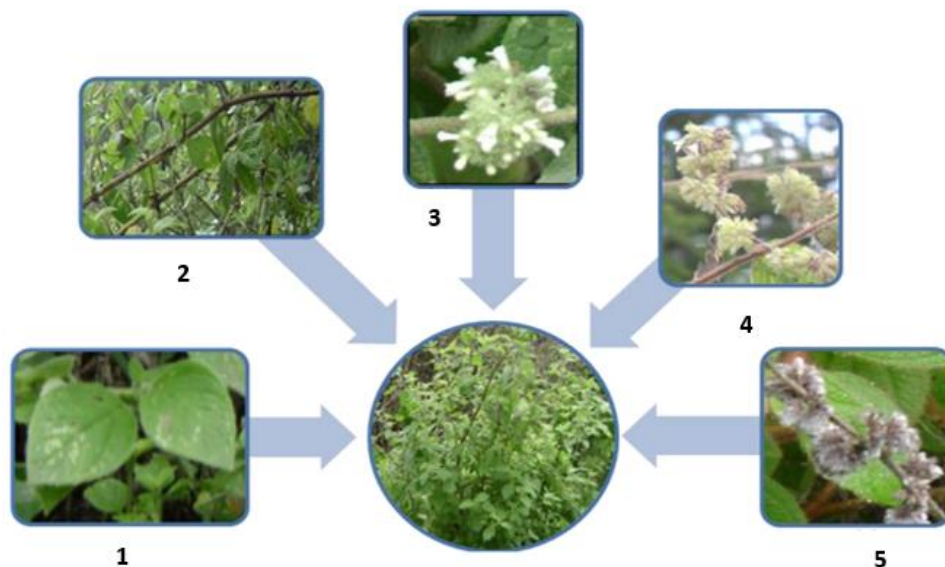
Nota: En la tabla se describe dónde y cómo se encuentra distribuida esta especie vegetal dentro del territorio peruano. Copacondori y Nuñez (2017).

2.1.1.3 Clasificación taxonómica.

La especie de muña *M. mollis* es una planta herbácea perenne, con aroma, que alcanza una altura que oscila entre 0,9 y 1,50 metros (Tabla 2). Por lo general crece de forma silvestre en los bordes de las chacras, bordes de acequia o en lugares con terrenos húmedos (Copacondori y Nuñez, 2017), su tallo es semileñoso y glabro, las hojas de esta planta son generalmente simples y redondeadas, con dimensiones de largo (2-3 cm) y ancho (1-2 cm) (Figura 2). El aceite esencial se encuentra en el pelo que recubre las superficies de las hojas y los tallos que están por encima del suelo. Además, esta parte de la planta actúa como un escudo protector contra variaciones de temperatura (Hidalgo y Romero, 2016). Sus flores son hermafroditas, pequeñas, blancas, purpuras o violetas dependiendo de la especie, su fruto es tetraqueno con cáliz persistente, está conformado por cuatro clusas elipsoides, pardas y reticuladas (Linares-Otoya, 2020). Esta planta es hemicriptofita, ello nos quiere decir que durante el invierno sus hojas empiezan a desaparecer y con la lluvia de la primavera empieza a crecer nuevamente. Por otro lado, la *M. mollis* es prospera en buenos suelos con pH entre 5 a 8, en condición fresco y no húmedo puesto que el excesivo uso del agua puede causar daños a las raíces por pudrición (Azaña, 2010).

Figura 2

Componentes de la planta 1) Hojas 2) Tallo 3) Flores 4) Rama 5) Fructificada.



Nota: La figura muestra las partes que conforman a la *M. mollis* como las hojas, tallos, flores, ramas y fructificación. Fuente: Loja (2009).

Tabla 2

Clasificación taxonómica de la muña (*Minthostachys Mollis*)

Taxonomía de la planta	
Reino	Vegetal
Sub reino	Embryophyta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Methachlamydeae
Orden	Tubiflorae
Familia	Lamiaceae (Labiatae)
Genero	<i>Minthostachys</i>
Especie	<i>Minthostachys mollis</i> (Spach) Griseb

Nota: Categorización científica basada en características morfológicas y genéticas de la muña. Fuente: Huamani (2015).

2.1.1.4 Propiedades y usos de la muña.

La muña es comúnmente empleada debido a sus beneficios medicinales, que incluyen su capacidad como analgésico, antiséptico, antiespasmódico, para tratar el reumatismo y afecciones respiratorias, entre otros usos. Se sugiere que su alta capacidad antioxidante podría ser responsable de algunas de estas propiedades medicinales (Luque, 2016). Según Soltanbeigi y Özliman (2023) esta planta aromática ofrece una opción para prevenir o tratar diversas enfermedades, y su consumo es cada vez más habitual en el Perú, debido a sus propiedades medicinales, su bajo costo y su alta disponibilidad en la naturaleza. A continuación, se detallan los diferentes usos de la muña según reportes de investigadores.

2.2.1.4.1 Infusión.

En Perú, varios investigadores han reportado la utilización histórica de las hojas y los tallos de la muña en infusiones, como remedio para infecciones e inflamaciones abdominales, cólicos por gases y afecciones respiratorias (Espinoza, 2019; Arones, 2019; Alipio-Rodríguez et al., 2020). De acuerdo con Benavides (2019), se ha informado que en Lima el consumo de infusiones elaboradas con el tallo, la raíz y la flor de la "muña" *Minthostachys setosa* ayuda a mitigar enfermedades de los órganos genitales, trastornos sanguíneos y problemas relacionados con la inmunidad. En Trujillo se ha reportado que el consumo de dos dosis diarias de infusión de *M. mollis* durante un mes podría mostrar resultados positivos en la mejora de trastornos digestivos (Espinoza, 2019). Finalmente, según lo reportado en Cajatambo, se ha informado que preparar una infusión con las ramas, flores de *M. mollis* puede ayudar a aliviar los dolores causados por lesiones por golpes (Benavides, 2019).

2.2.1.4.2 Decocción.

En Trujillo, se emplea una decocción de hojas, raíz y tallo de la *M. mollis* para aliviar los trastornos digestivos (Icochea, 2019). En Lambayeque, las partes de la *M. mollis* como la hoja y el tallo es empleado para tratar los problemas relacionados con el corazón y el sistema nervioso (Rios, 2019). Mientras que el uso de las hojas y tallos de la *M. setosa* se emplea en el tratamiento de infecciones renales y relacionadas con la vesícula biliar (De Feoa & Urrunaga, 2012).

2.2.1.4.3 Aromaterapia.

En Cajatambo se ha reportado que oler la planta *M. mollis* sirve para mal de aire, molestias causadas por el clima y mareos por Soroche (Benavides, 2019).

2.2.1.4.4 Frotación.

En Pitumarca se ha reportado la combinación de la muña junto con marco y eucalipto. Esta mezcla, en forma de pomada, lo utilizan para frotar sobre las lesiones causadas por el reumatismo (Mathez-Stiefel y Huamán, 2018).

2.2.1.4.5 Emplastos.

En Pitumarca se utiliza una combinación de plantas medicinales como la muña, el oqoruru, el pilipili y el eucalipto. Además de chancaca y miel de abeja, dirigido principalmente para mujeres después del parto. Estos ingredientes se aplican sobre el cuerpo mediante fricción y luego se cubren con una manta. Es probable que esta práctica esté relacionada con tradiciones locales para promover la recuperación postparto y el bienestar de las mujeres (Mathez-Stiefel y Huamán, 2018).

2.2.1.4.6 Maceración.

El uso de una maceración alcohólica de varias hierbas, incluyendo muña, romero, ruda, eucalipto, salvia, anís y comino, esta destinada para aliviar los malestares asociados con el "mal viento" o "wayra". Este malestar, que puede ser potencialmente grave e incluso mortal (Mathez-Stiefel y Huamán, 2018).

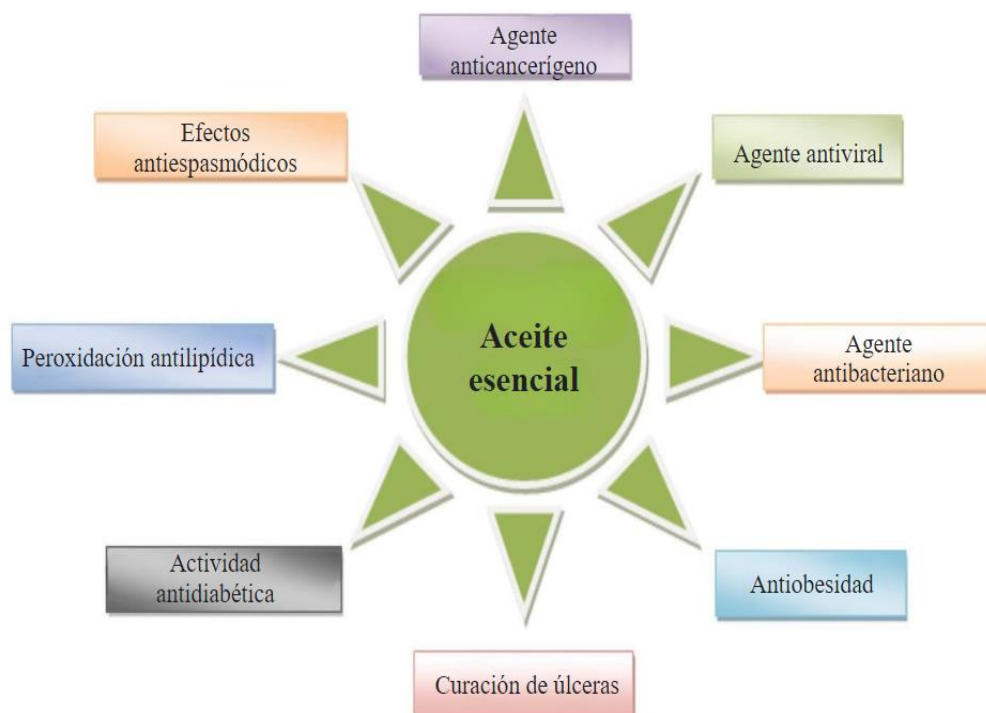
2.2.2 Aceites esenciales

2.2.2.1 Definición.

Los aceites esenciales (AE) son líquidos que poseen un aroma característico y propiedades medicinales, se obtienen de las hojas, flores, capullos, ramas, semillas, frutos y raíces de las plantas (Tohidi et al., 2019). Generalmente se componen de una mezcla de hidrocarburos, como terpenos y sesquiterpenos, junto con varios compuestos oxigenados, que incluyen aldehídos, ácidos, alcoholes, cetonas, óxidos, fenoles, acetales, lactonas y ésteres. Estos componentes en conjunto determinan las características distintivas de los AE (Pourmortazavi & Hajimirsadeghi, 2007). Además de sus características aromáticas, los AE tienen propiedades antimicrobianas, anticancerígenos, antivirales, antiobesidad, efectos antiespasmódicos, actividad antidiabética y peroxidación antilipídica, los cuales son beneficiosos para la salud (Figura 3).

Figura 3

Beneficios del aceite esencial para la salud.



Nota: Se muestra los efectos positivos que tiene el aceite esencial en relación con la salud humana. Fuente: Kant y Kumar (2022).

2.2.2.2 Composición química de los aceites esenciales.

La composición química de los aceites esenciales es extremadamente diversa y compleja, reflejando la variedad de compuestos volátiles presentes en las plantas de las que se extraen. Estos aceites son extractos concentrados que se obtienen principalmente de partes como hojas, flores, tallos, raíces, semillas o frutos mediante métodos de destilación o extracción. Representan una fracción pequeña de la planta, generalmente alrededor del 1-2% en peso, pero sus componentes químicos son responsables de las propiedades aromáticas y terapéuticas (Paima, 2009). Los AE consisten principalmente en hidrocarburos terpénicos y sesquiterpénicos, que son los compuestos más abundantes. Estos incluyen monoterpenos como el limoneno y el α -pineno, y sesquiterpenos como el β -cariofileno y el germacreno D (Tabla 3). Estos terpenos no solo proporcionan el aroma característico de cada AE, sino que también contribuyen a sus propiedades terapéuticas, como efectos antimicrobianos, antiinflamatorios y antioxidantes (García, 2017). Además de los terpenos, los AE contienen una variedad de otros grupos funcionales, como alcoholes (por ejemplo, linalol, geraniol), aldehídos (citral, cuminaldehído), cetonas (mentona, carvona), ésteres (acetato de linalilo, acetato de geraniolo), fenoles (eugenol, carvacrol), óxidos (1,8-cineol, ascaridol), y ácidos

carboxílicos (ácido benzoico, ácido cinámico). Estos compuestos aportan propiedades específicas como propiedades sedantes, expectorantes, analgésicas, y antimicrobianas (Goyal et al., 2020). La combinación única de estos compuestos químicos determina las características distintivas de cada AE, haciendo que cada uno tenga aplicaciones únicas en aromaterapia, cosmética, medicina natural y otras áreas. Esta diversidad química y funcionalidad hace que los aceites esenciales sean objetos de estudio continuo para entender mejor sus beneficios y aplicaciones potenciales en la salud y el bienestar humano.

Tabla 3

Naturaleza química de los AE y sus constituyentes

Naturaleza química	Ejemplo
Terpenos y sesquiterpenos	Terpenos como el limoneno, pineno, mirceno, linalol y cariofileno. Sesquiterpenos como el β -cariofileno y germacreno D.
Compuestos oxigenados	Alcoholes (como el linalol y el geraniol), aldehídos (como el citral y el cuminaldehído), cetonas (como la mentona y la carvona), ésteres (como el acetato de linalilo y el acetato de geranilo) y fenoles (como el carvacrol y el eugenol), óxidos (1,8-cineol, ascaridol), y ácidos carboxílicos (ácido benzoico, ácido cinámico).
Hidrocarburos alifáticos y aromáticos	Hidrocarburos alifáticos como el alcanfor, hidrocarburos aromáticos, como el benzaldehído.
Otros compuestos	Acidos orgánicos (ácido acético, ácido cítrico), lactonas (gamma-lactona), fenilpropanoides (como el eugenol), entre otros.

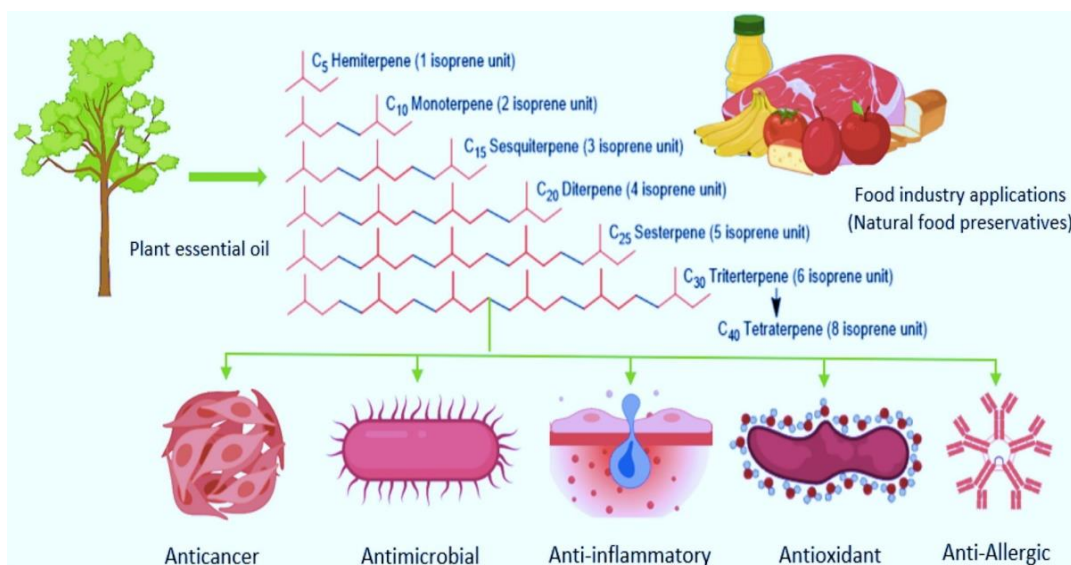
Nota: La tabla muestra los componentes químicos que conforman los AE incluyendo los diversos tipos de moléculas orgánicas como terpenos, alcoholes, aldehídos, ésteres, fenoles, entre otros. Huanca (2021).

2.2.2.3 Compuestos bioactivos de los aceites esenciales.

Los compuestos bioactivos de los AE estructuralmente se organizan en terpenos, terpenoides, fenilpropanoides y otros compuestos (Pandey et al., 2017; Hyldgaard et al., 2012). Los terpenos, tales como pineno, mirceno, limoneno, terpineno y p-cimeno, son compuestos que presentan estructuras de hidrocarburos básicas, mientras que los terpenoides son compuestos con estructuras de hidrocarburos que incluyen oxígeno. Se consideran una versión alterada de los terpenos, exhibiendo diversos grupos funcionales y metilos oxidados que pueden desplazarse o eliminarse en distintas posiciones (Perveen, 2018). Según reportes los terpenos ejercen propiedades antimicrobianas frente a bacterias, tanto aquellas que son susceptibles como resistentes a los antibióticos, principalmente a través de su capacidad para promover la ruptura celular. Esta actividad se atribuye principalmente por su habilidad para generar una ruptura de la membrana celular y para inhibir la síntesis de proteínas y ADN (Álvarez-Martínez et al., 2021). Además, se ha comprobado que los terpenoides, son metabolitos secundarios presentes en las hierbas aromáticas y medicinales, desempeña un rol importante en la defensa contra enfermedades. Por ejemplo, los monoterpenoides son de naturaleza antibacteriana y causan alteraciones en la multiplicación y el desarrollo de los microbios, además de interferir con sus actividades fisiológicas y metabólicas (Burt, 2004). Algunos compuestos como la azadiractina, carvona, mentol, ascaridol, metil eugenol, toosendanina y volkensina, han demostrado tener propiedades antimicrobianas y antifúngicas, así como propiedades repelentes de plagas de insectos (Pandey et al., 2017; Pandey et al, 2016; Isman & Machial, 2006). Por su parte, los fenilpropanoides como anetol, cinamaldehido, eugenol, isoeugenol, miristicina, safrol y vainilla también han sido estudiados. Se ha informado que el anetol presenta actividad anticancerígena (Contant et al., 2021), la miristicina ejerce propiedades antiproliferativas (Seneme et al., 2021), y se ha demostrado que el safrol tiene diversas actividades biológicas, como antidiabética, antimicrobiana, analgésica y antifúngica (Eid & Hawash, 2021). Respecto a los demás componentes, los AE contienen varios derivados de aminoácidos como alanina, isoleucina, leucina, valina y metionina los cuales desempeñan un papel de vital importancia en la nutrición humana (Figura 4) (Pandey et al., 2017; Stevanović et al., 2020).

Figura 4

Beneficios importantes de los terpenos, terpenoides, fenilpropanoides y otros constituyentes que se encuentran en los AE.



Nota: En esta imagen se destaca los beneficios significativos de los terpenos, terpenoides, fenilpropanoides y otros componentes encontrados en los AE y que son valorados por sus efectos terapéuticos, antioxidantes, antimicrobianos y otros efectos positivos. Fuente: Masyita et al. (2022).

2.2.2.4 Propiedades físicas y químicas del aceite esencial.

De acuerdo con García (2017), los aceites esenciales comparten la característica de generar una variedad de fragancias agradables que son fácilmente perceptibles por los humanos, siendo persistentes y evocando el olor característico de la planta de origen. Los AE de acuerdo a su consistencia son clasificados en fluidas, bálsamos y oleorresinas. Las "esencias fluidas" suelen ser líquidos que se evaporan fácilmente. Los "bálsamos" son más densos y pueden polimerizarse. Las "oleorresinas", por su parte, son viscosos y concentran el aroma de las plantas (Escobar, 2012).

2.2.2.5 Clasificación de los aceites esenciales.

La clasificación se realiza conforme a su consistencia, origen y naturaleza química de los compuestos principales (Huanca, 2021). En cuanto a la consistencia está clasificada en fluidas, bálsamos y oleorresinas (Gonzales et al., 2010). De acuerdo a su origen se clasifica en natural, artificial y sintético. Naturalmente se obtiene exclusivamente de las plantas mediante métodos de extracción. Los aceites artificiales, por otro lado, se obtienen agregando sustancias a los aceites para modificar sus componentes. Por último, los aceites

sintéticos se crean combinando diferentes componentes químicos, a menudo a través de procesos de síntesis química (Angulo, 2014). Químicamente hablando, los aceites esenciales pueden ser clasificados según los tipos mayoritarios de sustancias que los conforman. Estos se dividen principalmente en aceites esenciales que contienen: Monoterpenoides, identificados como aceites esenciales monoterpenos (terpenos con 10 carbonos); sesquiterpenoides, reconocidos como aceites esenciales sesquiterpenos (terpenos de 15 carbonos). Finalmente, están los fenilpropanoides, conocidos como aceites esenciales fenilpropanos (terpenos de 20 carbonos) (Díaz y Martínez, 2013).

2.2.2.6 Aplicación de los aceites esenciales.

Los aceites esenciales juegan un papel crucial en diversas industrias debido a su abundancia en compuestos bioactivos, ácidos grasos esenciales, compuestos aromatizantes y vitaminas liposolubles (Masyita et al., 2022). Hoy en día, estos aceites se emplean extensamente en sectores relacionados con los alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos (Tabla 4). Su aroma distintivo los convierte en valiosos agentes aromatizantes y especias en la industria alimentaria. Además, gracias a sus propiedades antibacterianas, funcionan como conservantes naturales, inhibiendo la proliferación de patógenos en los productos alimenticios (Rasheed et al., 2021).

Tabla 4

Aplicación del aceite esencial en las diferentes industrias

Industria	Aplicación
Industria alimentaria	Los AE son usados como saborizantes y aromatizantes de productos procesados como por ejemplo en confitería, preparación de bebidas: (gasificadas, jugos y licores), galletas, panes, queques, etc. En productos crudos sirven como conservantes, este es el caso de los lácteos y de las carnes. También son usados en los condimentos (paprika, pimienta).
Industria cosmética	En la industria cosmética destacan en los perfumes, lociones, cremas para la piel y desodorantes
Industria farmacéutica	Son utilizados en medicamentos como aromatizantes

Industria tabacalera	Se utilizan como aromatizantes y para enmascarar sabores fuertes y amargos.
Industria Licorera	En la industria licorera se utiliza en aperitivos y saborizantes
Industria Textil	Se utiliza en la creación de enmascaradores para neutralizar o encubrir olores desagradables. Además se utiliza como tratamiento con mordientes después del teñido, para fijar o mejorar la adherencia de los tintes en ciertos materiales.

Nota: Se destaca el uso de aceites esenciales en una variedad de sectores industriales y comerciales, lo que los hace útiles en la fabricación de una variedad de productos. Rudas (2017).

2.2.3 Aceite esencial de muña

El aroma distintivo de la especie *Minthostachis mollis*, se atribuye principalmente al aceite esencial que contiene, del cual el 98% proviene principalmente de las hojas y los tallos (Kumoro et al., 2010). Es un líquido volátil e incoloro, con un sabor generalmente picante. Se obtiene mediante diversas técnicas de extracción, siendo la extracción por arrastre de vapor es la más común. Durante este proceso, tanto muestras secas como frescas son tratadas, y el vapor causa la expansión de la estructura celular, permitiendo que la esencia de los componentes fluya al interior a través del ósmosis. Sin embargo, existe la posibilidad de que el aceite se hidrolice durante este procedimiento, generando ésteres (Castro, 2012). La tabla 5 proporciona información detallada sobre las características del AE de muña, basada en los informes de varias investigaciones.

Tabla 5

Características físicas del AE de muña

Reportes de investigaciones	Características					
	Color	Olor	Sabor	Aspecto	Densidad relativa	Índice de refracción
Alvino y Brioso (2018).	Amarillento verdoso	Aromático	Ardiente	Líquido	0,9285 gr/mL	1,499-1,540
Mejía y Silva (2019).	Ligeramente amarillento	Mentol	-	Aceitosa	0,918	1,4715

Cano et al (2008).	Ligeramente amarillo	Similar al mentol.	Picante fresco.	Líquido fluido	0,9189	1,4727
Azaña (2010).	Incoloro	Similar a menta	Picante	-	0,92	1,4699
Apaza (2019).	Amarillo claro	aromático	Ardiente	Líquido	0,955 g/mL	1,501-1,550

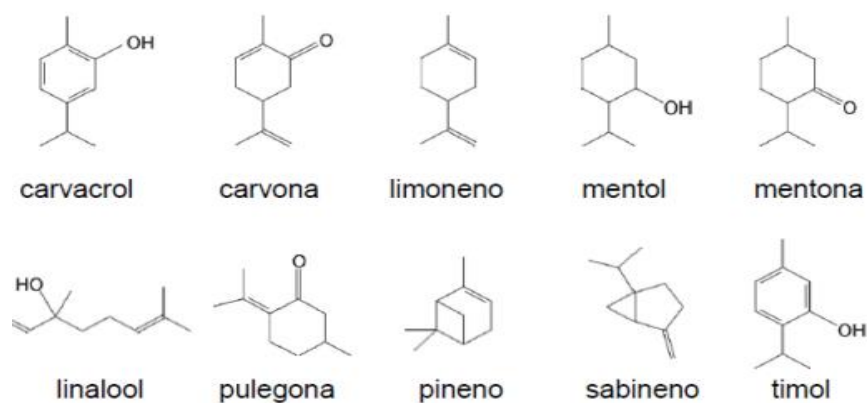
Nota: La tabla muestra las características físicas de los AE como el color, el aroma que poseen, el sabor que presentan, su apariencia visual, la densidad de la sustancia y su índice de refracción.

2.2.3.1 Composición química del aceite esencial de muña.

El aceite esencial de la muña se caracteriza por su contenido elevado de ésteres, éteres y terpenos, los cuales son los componentes mayoritarios. Estos compuestos contribuyen a sus propiedades aromáticas y terapéuticas. Además, el AE de muña contiene otros componentes como aldehídos, cetonas y alcoholes en proporciones menores, así como azúcares reductores, compuestos fenólicos, sesquiterpenolactonas esteroides o triterpenoides, flavonoides, glucósidos cardiotónicos y taninos, los cuales también juegan roles importantes en sus efectos biológicos y beneficios para la salud (Mejía y Silva, 2019). En relación a los compuestos identificados en el AE de muña se incluyen pulegona, mentona (ambos monoterpenos), mentol, carvacrol, carvona, limoneno, linalool, pineno, sabineno, timol, entre otros, como se indica en la figura 5. Sin embargo, de acuerdo con Alvino y Brioso (2018), sostienen que los principales compuestos son pulegona, mentona y mentol, como se detalla en la tabla 6.

Figura 5

Algunos compuestos identificados en el AE de muña.



Nota: Se muestra los compuestos químicos que han sido detectados y reconocidos dentro del AE obtenido de la planta de muña. Fuente: Castro (2012).

Tabla 6

Principales componentes encontrados en el AE de muña

Compuesto	Tiempo de retención	%
Pulegona	13,198	36,68
Mentona	11,094	24,24
Mentol	12,8	No detectable
Limoneno	5,32	0,76

Nota: Se ha identificado y cuantificado los componentes químicos más importantes presentes en el AE de la muña utilizando la metodología de CG/EM. Alvino y Brioso (2018).

2.2.3.1.1 Pulegona.

Es uno de los principales constituyentes presentes en una proporción considerable dentro del AE obtenido de la planta *M. mollis*. Además, se menciona que la pulegona es más reconocida bajo el nombre de *Mentha pulegium*, también conocida como Poleo (Figura 6). Suele ser altamente toxico si es consumido en demasiadas cantidades, ya que podría provocar algunas consecuencias como daño al hígado e incluso en mujeres embarazadas podría provocar el aborto. Por otro lado, debido a su alta toxicidad podría combatir contra el ataque de plagas y parásitos (Mejía y Silva, 2019).

▪ Nombres químicos

Pulegona, (R)-(+)-pulegona, D-pulegona, (5R)-5-metil-2-(1'-metiletiliden) ciclohexanona, (5R)-2-isopropiliden-5-metil- ciclohexanona.

▪ Formula molecular

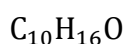
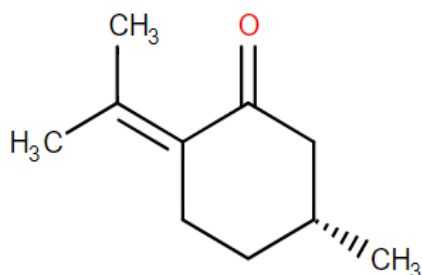


Figura 6

Estructura química de la Pulegona.



Nota: Representación gráfica de la disposición de átomos y enlaces que conforman la molécula de pulegona. Fuente: Pino et al. (2019).

2.2.3.1.2 Mentona.

La mentona es otro de los componentes relevantes, al igual que la pulegona, siendo responsable del 75% de su composición química (Figura 7). Suele ser conocido como menta (*Mentha piperita*), ya que su aroma es muy parecido a la menta y es usado bastante en el sector de la cosmética para la fabricación de perfumes. Además, se destaca que este compuesto es valioso por sus propiedades digestivas (Azaña 2010).

- **Nombres químicos**

l-mentona, (+)-mentona

- **Fórmula molecular**

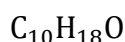
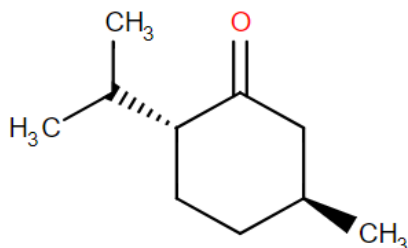


Figura 7

Estructura química de la mentona.



Nota: Representación gráfica de la disposición de átomos y enlaces que conforman la molécula de mentona. Fuente: Pino et al. (2019).

2.2.3.1.3 Mentol.

En el aceite de la *Minthostachys mollis* este compuesto químico generalmente se encuentra en cantidades más bajas, lo que lo hace menos relevante (Figura 8). Sin embargo, su presencia, aunque en menor proporción, sigue siendo beneficiosa para aliviar calambres, adormecimiento del dolor, así como para reducir la incomodidad asociada con el dolor de garganta y la tos (Azaña 2010).

- **Nombres químicos**

Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-

- **Fórmula molecular**

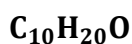
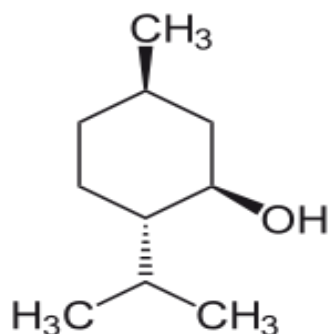


Figura 8

Estructura química del mentol.



Nota: Representación gráfica de la disposición de átomos y enlaces que conforman la molécula del mentol. Fuente: Castro (2012).

2.2.4 Extracción de aceites esenciales

Los AE se obtienen de diferentes partes de las plantas, tales como hojas, tallos y flores, a través de distintos métodos de extracción (Atif et al., 2019). La forma en que se obtienen estos aceites y el método utilizado para extraerlos depende bastante de tipo de planta que se va utilizar, así como de su estado y forma. El proceso utilizado para extraer el AE de las plantas es un aspecto clave que influye en la calidad del producto final, ya que una inadecuada extracción podría tener consecuencias negativas, como daños o alteraciones en la composición del aceite. Esto da como resultado la pérdida de algunas características naturales y de sus compuestos volátiles. En casos graves, puede producirse decoloración, mal olor/sabor, así como cambios físicos como un aumento de la viscosidad. Por ello, se deben evitar esos cambios en el aceite esencial extraído (Tongnuanchan & Benjakul, 2014).

2.2.4.1 Métodos de extracción de aceites esenciales.

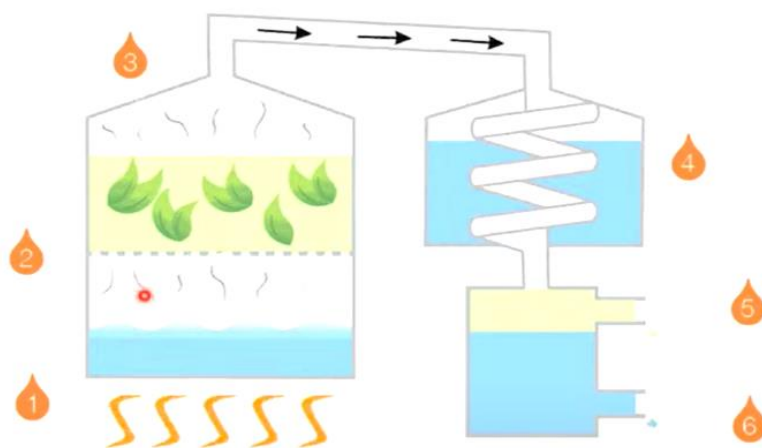
2.2.4.1.1 Extracción por arrastre de vapor.

El inicio de este método comienza con hervir agua y exponer la planta al vapor resultante. Los compuestos volátiles presentes en la planta se liberan a través del vapor y son transportados hacia un condensador. Allí, el vapor se enfría y es convertido en una mezcla de AE y agua. Posteriormente, se separa el AE del agua debido a sus diferencias en gravedad específica, como se representa en la figura 9 (Pateiro et al., 2018). Es esencial considerar factores como la temperatura, la presión y la duración del proceso extractivo, ya que extracciones prolongadas pueden ocasionar la descomposición de ciertos compuestos (Stratakos & Koidis, 2016; Gavahian et al., 2013). Esto resulta desfavorable para la

investigación, por lo tanto, es crucial controlar cuidadosamente estos aspectos durante el procedimiento.

Figura 9

Ilustración esquemática de método la extracción a vapor.



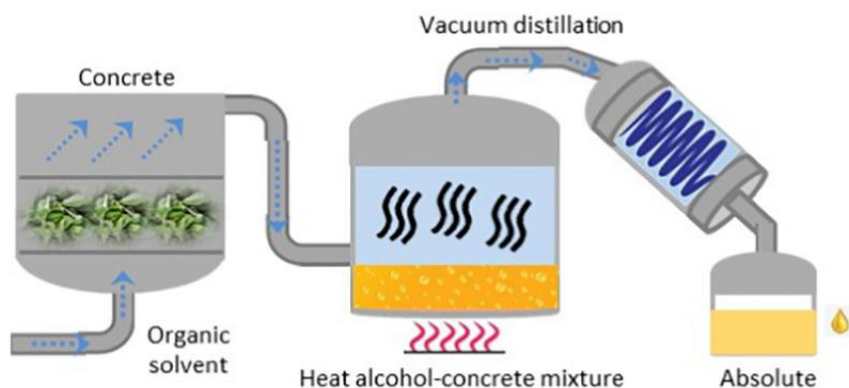
Nota: Representación gráfica que muestra de manera detallada el procedimiento del equipo destilación a vapor. Fuente: (Tongnuanchan & Benjakul, 2014).

2.2.4.1.2 Hidrodestilación.

Se lleva a cabo utilizando el equipo clewenger, el cual facilita el proceso extractivo del AE de las partes más delicadas de la planta a través de un proceso de extracción sólido-líquido con agua caliente (Hashemi et al., 2017). Consiste en mezclar el material vegetal y el agua, ambos tienden a hervir para obtener una fase de vapor en la selección del condensador y luego el aceite esencial aislado es recogido en un matraz (Figura 10). Este método de extracción presenta algunos inconvenientes como por ejemplo uno de ellos es el largo tiempo de extracción, lo cual provoca hidrolisis de algunos compuestos que son sensibles al calor y eso hace que el AE puede generar algunas características indeseables (Hashemi et al., 2018; Hashemi et al., 2017; Asl et al., 2018). También otro de los inconvenientes en este método es que la temperatura y el tiempo de extracción suelen ser difíciles de controlar, lo que puede generar una extracción incompleta o más prolongada (Gavahian et al., 2016). Por ello, hasta la fecha muchos investigadores están tratando de buscar algunas alternativas para mejorar este método de extracción.

Figura 10

Ilustración esquemática del método hidrodestilación.



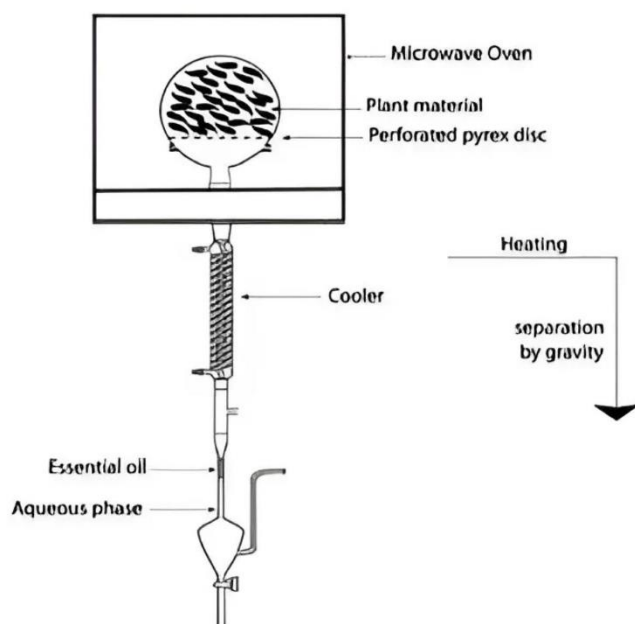
Nota: Este tipo de ilustración esquemática proporciona una guía visual de las diferentes etapas y componentes involucrados en la hidrodestilación de AE, incluyendo el equipo necesario como el matraz de destilación, el calentamiento, el condensador y la recolección del AE destilado. Fuente: Pateiro et al. (2018).

2.2.4.1.3 Hidrodifusión.

En esta metodología de extracción se utiliza un recipiente que alberga la muestra, y se suministra vapor para calentar este recipiente desde arriba mediante un generador (Figura 11). Es importante destacar que esta técnica está diseñada específicamente para utilizar muestras secas, las cuales pueden descomponerse a temperaturas de ebullición. Esto es particularmente relevante dado que las muestras vegetales pueden ser separadas a temperaturas inferiores a los 100°C (Kant & Kumar, 2022).

Figura 11

Ilustración esquemática del método hidrodifusión.



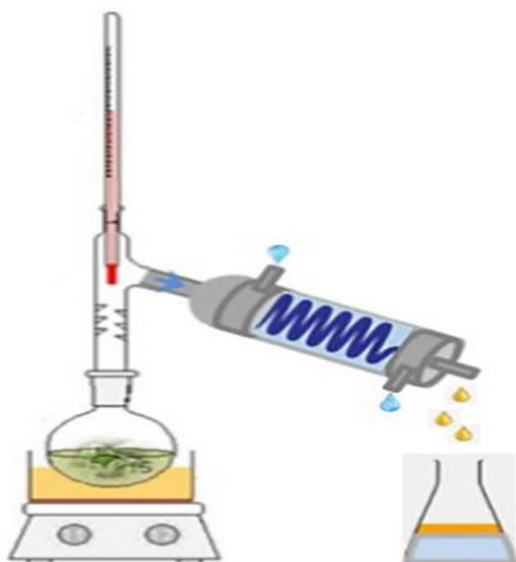
Nota: La ilustración esquemática proporciona una guía visual de los pasos y los componentes que son incluidos en este método de hidrodifusión, ayudando a entender claramente cómo se extraen los AE mediante este método particular. Fuente: Vian et al. (2008).

2.2.4.1.4 Extracción con solvente.

Este método de extracción se realiza con ayuda de solventes y más que nada es utilizado cuando las muestras son delicadas o no son posibles extraerse mediante otros métodos (Figura 12), la finalidad de esta técnica es extraer muestras lipófilas odoríferos del material vegetal con el uso de solventes como metanol, etanol y hexano (Toma et al., 2001). En este método el parámetro importante que se debe tener en cuenta es la elección del tipo de solvente que se va utilizar para la extracción, por ello algunos investigadores evitan el uso de algunos solventes que puedan interferir en proceso de extracción o reaccionar con la muestra. La extracción produce “absolutos” que pueden tener fracciones aromáticas y no aromáticas. En este método hay varios pasos para extraer, para ello, lo primero que se realiza es el lavado de la muestra con el solvente y el solvente es filtrado para ser sometido a una destilación al vacío para eliminar los materiales vegetales sólidos. La mezcla resultante contiene los compuestos aromáticos y los compuestos solubles en lípidos. Seguido a ello, se utiliza un segundo solvente más conocido como alcohol principalmente para la eliminación de componentes que no son aromáticos. Por último, se lleva a cabo una segunda destilación al vacío con la finalidad de desechar el solvente secundario logrando la obtención de una mezcla completamente pura (Kant & Kumar, 2022).

Figura 12

Ilustración esquemática del método extracción con solventes.



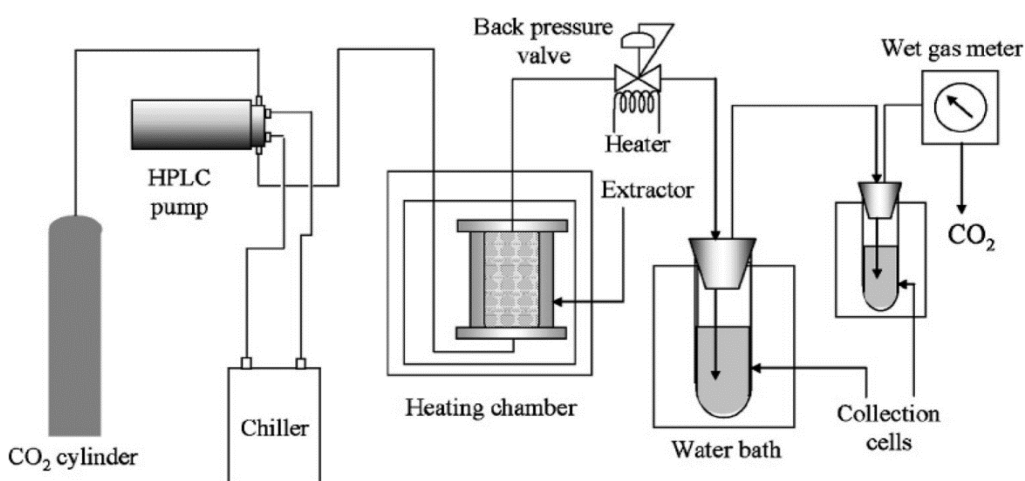
Nota: La figura proporciona una guía visual de las etapas y los componentes del equipo utilizados en el proceso de extractivo con solventes, facilitando la comprensión de cómo se lleva a cabo este método para obtener aceites esenciales a partir de materiales vegetales. Fuente: Pateiro et al. (2018).

2.2.4.1.5 Extracción con fluidos supercríticos.

En esta técnica se utiliza fluidos supercríticos, específicamente dióxido de carbono (CO_2), como solvente inerte. En este proceso, el CO_2 se utiliza a baja presión y temperatura para alcanzar un estado crítico, donde se comporta tanto como líquido y como gas. En su estado supercrítico, el CO_2 puede penetrar la muestra vegetal, permitiendo la extracción de compuestos volátiles, como los compuestos aromáticos. Este método es eficaz para separar y obtener sustancias de interés de manera selectiva de muestras vegetales, la figura 13 ilustra este proceso para una mejor comprensión visual. En este método lo que se busca es que la muestra resultante sea de una buena calidad, limpio, puro y que presente el aroma parecido a la planta antes de su proceso de extracción (Koubàa et al., 2015). En cuanto a la temperatura de extracción en este método es de 35°C . Aprox., debido a que a esta temperatura se permite utilizar compuestos térmicamente sensibles y además permite mantener la calidad del AE (Khan et al., 2014). Además de ser costosa, esta técnica se destaca por su eficiencia debido a su baja viscosidad y alta capacidad de difusión, el proceso de extracción dura aproximadamente 25 minutos. Según estudios han indicado que este método es respetuoso con el medio ambiente (Gupta et al., 2012).

Figura 13

Ilustración esquemática del método fluidos supercríticos.



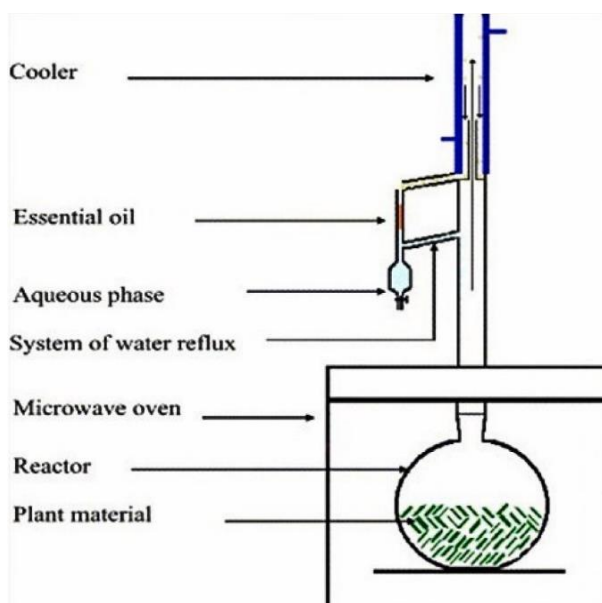
Nota: La figura muestra el esquema de las etapas y los componentes del equipo utilizados en este proceso, ayudando a entender claramente cómo se obtiene los AE utilizando fluidos superiores. Fuente: Pateiro et al. (2018).

2.2.4.1.6 Extracción asistida por microondas (MAE).

Este método se caracteriza por ser eficiente y tener un impacto favorable en el medio ambiente (Martínez-Abad et al., 2020). La tecnología de MAE sigue el mecanismo donde se calienta el agua de la célula vegetal mediante la conducción iónica y rotación del dipolo generando una ruptura y degradación de la estructura celular facilitando la difusión de los compuestos vegetales produciendo una evaporación y la filtración de las sustancias requeridas (Figura 14) (Bagade & Patil, 2019). La MAE en diversas plantas aromáticas mostro un rendimiento adecuado del aceite esencial, ahorro de energía, bajo costo, menor tiempo de procesamiento y bajas emisiones de CO₂ que otras tecnologías de extracción (Torrenegra et al., 2015; Lucchesi et al., 2004; Filly et al., 2014, Cardoso-Ugarte et al., 201).

Figura 14

Ilustración esquemática del método MAE.



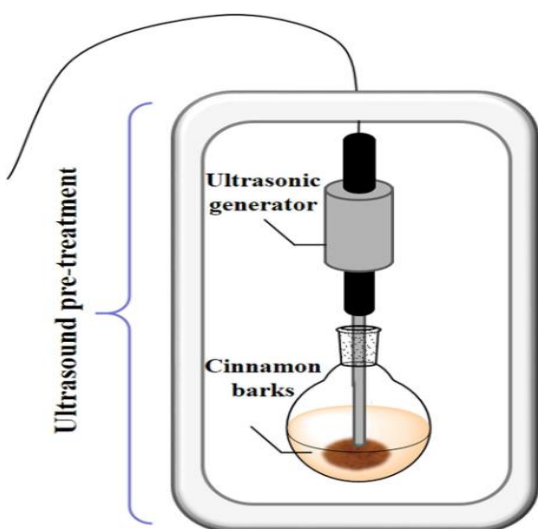
Nota: La figura proporciona una representación gráfica que demuestra de manera visual y detallada cómo se realiza el proceso de extracción de compuestos utilizando microondas. Fuente: Lucchesi et al. (2004).

2.2.4.1.7 Extracción asistida por ultrasonido.

Esta tecnología libera el AE de planta aromática mediante el fenómeno de cavitación, que mejora la adsorción de los solventes en la muestra vegetal (Figura 15) (Roselló-Soto et al., 2015; Hashemi et al., 2016). La cavitación involucra la formación, expansión y crecimiento de pequeñas zonas libres de líquido o burbujas que colapsan de manera brusca en el que se producen fuerzas mecánicas, así como una alta temperatura y una alta presión en condición ambiental, logrando así la liberación del AE (Stratakos & Koidis, 2016; Li et al., 2014). Por lo tanto, este método se realiza a una baja temperatura puede mejorar la calidad del aceite y se estaría minimizando la degradación de sus componentes presentes en el AE (Vilkhu et al., 2008).

Figura 15

Ilustración esquemática del método extracción asistida por ultrasonido.



Nota: La representación gráfica proporciona una guía visual de las etapas y los componentes del equipo utilizados en este proceso, ayudando a entender claramente cómo se lleva a cabo la extracción del AE utilizando ultrasonido como técnica de asistencia para mejorar la eficiencia. Fuente: Chen et al. (2021).

2.2.5 Análisis instrumental de los aceites esenciales

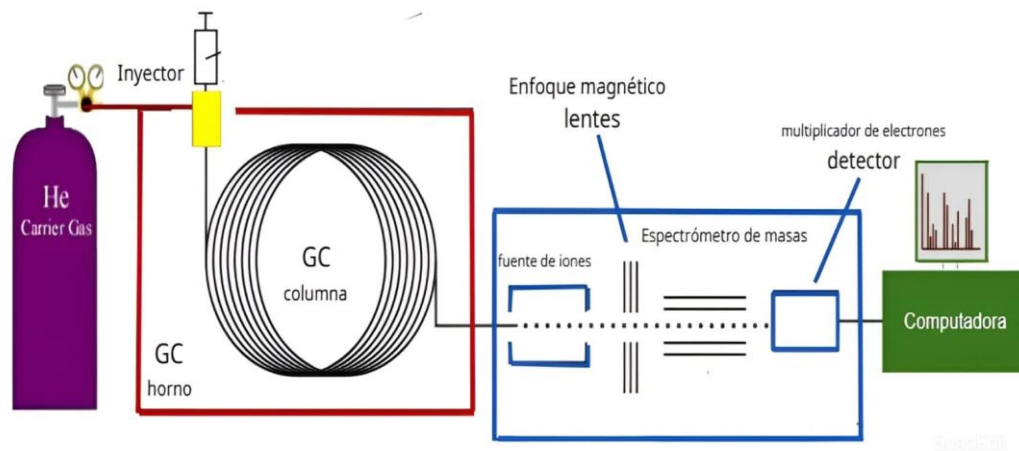
Para analizar los compuestos presentes en los AE, el método más comúnmente utilizado es la cromatografía de gases acoplada a la espectrometría de masas (CG-EM) (Al-Rubaye et al., 2017). Este método se considera el más adecuado debido a que proporciona resultados superiores en comparación con otros métodos de análisis (Asteggiano et al., 2021).

2.2.5.1 Cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas (CG/EM).

Esta tecnología es altamente utilizada para separar, identificar y analizar los componentes volátiles que se encuentran en los AE (Figura 16) (Al-Rubaye et al., 2017). Cuando hablamos de cromatografía de gases (CG) es un método cromatógrafo que suele ser limitado debido a que su funcionamiento depende de gases, por lo que las moléculas que suelen separarse deben ser gaseosas. En las plantas la gran mayoría de los compuestos como por ejemplo los azúcares y los pigmentos no son volátiles, ya que su punto de ebullición es demasiado alto, es por ello, que suelen degradarse a altas temperaturas antes de ser convertido en gas, sin embargo, los aceites esenciales por su naturalidad están compuestos de moléculas volátiles y eso hace que cambien de manera fácil a una fase gaseosa. En cuanto al método espectrometría de masas (EM) suele ser utilizado porque mide la proporción de la masa de iones (Sedikelo et al., 2022). Por lo tanto, la combinación de ambos métodos (CG-EM) se reconoce como una técnica extremadamente efectiva y versátil para la separación y detección de compuestos volátiles (Figura 16). Así mismo, es una técnica cualitativa-cuantitativa y la más adecuada para el análisis de compuestos. En esta tecnología el verdadero poder proviene del hecho de que, para cada entrada de los datos en el cromatograma, está disponible un espectro de masas completo, que proporciona una información sobre la muestra eluida en un momento dado. Por todo ello, esta técnica es una alternativa de importancia, gracias a su poder combinado de separación con el poder analítico que permite la identificación casi segura de los compuestos que constituyen una mezcla compleja (Stauffer; 2013; Ricaldi y Martínez, 2014).

Figura 16

Diagrama esquemático de la CG-EM y sus principales partes.



Nota: Se muestra una representación gráfica que ilustra visualmente cómo funciona un CG/EM y las partes esenciales del equipo Fuente: Castro (2012).

III. Metodología

3.1 Tipo de la investigación

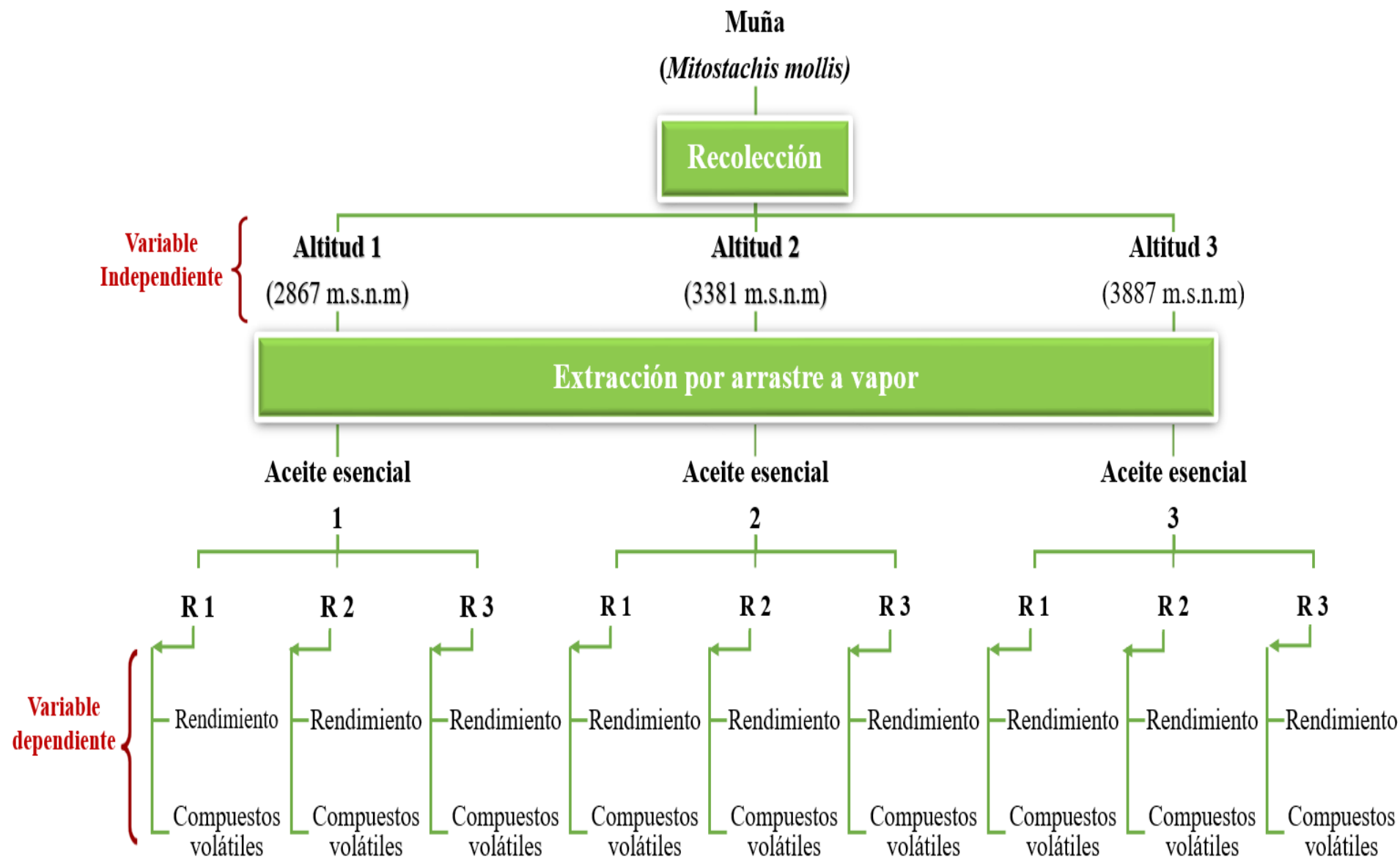
El tipo de investigación realizada es aplicada, ya que se llevó a cabo la colecta, extracción y análisis del aceite esencial de *M. mollis* mediante CG/EM del AE. Se evaluaron tanto el rendimiento como los compuestos volátiles del aceite esencial obtenido a partir de muestras recolectadas en tres altitudes distintas.

3.2 Diseño experimental

Para el diseño experimental, la altitud fue considerada como la variable independiente, teniendo en cuenta tres niveles distintos (2867 m.s.n.m., 3381 m.s.n.m., y 3887 m.s.n.m.). Mientras que las variables dependientes evaluadas fueron el rendimiento y los compuestos volátiles. Se realizaron un total de nueve corridas experimentales, correspondientes a 3 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, formando así 9 unidades experimentales (Figura 17).

Figura 17

Esquema experimental de la investigación.



3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Se utilizó la muña (*Minthostachys mollis*) de tres altitudes diferentes (Anexo 1, 3 y 5). La muestra de la altitud 1 (A1) fue recolectada de la comunidad de San Luis de Estanque, perteneciente al distrito Colcabamba, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica que se encuentra ubicado a 2867 m.s.n.m., con las coordenadas (12° 19' 0.5" S y 74° 46' 40.3" W), la muestra de la altitud 2 (A2) fue recolectada de la comunidad Viñas, perteneciente al distrito Pampas, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica que se encuentra ubicado a 3381 m.s.n.m., con las coordenadas (12° 25' 0.5" S y 74° 51' 36.4" W) y la muestra de altitud 3 (A3) fue recolectada de la comunidad San Carlos, perteneciente al distrito Pampas, provincia Tayacaja, departamento Huancavelica que se encuentra ubicado a 3887 m.s.n.m., con las coordenadas (12° 26' 25.3" S y 74° 52' 28.2" W) (Tabla 7). Las muestras fueron identificadas en el Museo de Historia Natural de la UNMSM en Lima-Perú (Anexo 2, 4 y 6).

Tabla 7

Procedencia de las muestras

Especie	Nivel altitudinal	Coordenadas	Comunidad	Distrito	Provincia	Región
Muña (<i>Minthostachys mollis</i>)	2867 m.s.n.m	12° 19' 0.5" S y 74° 46' 40.3" W	San Luis de estanque	Colcabamba	Tayacaja	Huancavelica
Muña (<i>Minthostachys mollis</i>)	3381 m.s.n.m	12° 25' 0.5" S y 74° 51' 36.4" W	Viñas	Pampas	Tayacaja	Huancavelica
Muña (<i>Minthostachys mollis</i>)	3887 m.s.n.m	12° 26' 25.3" S y 74° 52' 28.2" W	San Carlos	Pampas	Tayacaja	Huancavelica

3.3.2 Muestra

Se utilizaron 6 kg de muestras secas de muña de cada altitud, sumando un total de 18 kg de muestras provenientes de las tres altitudes.

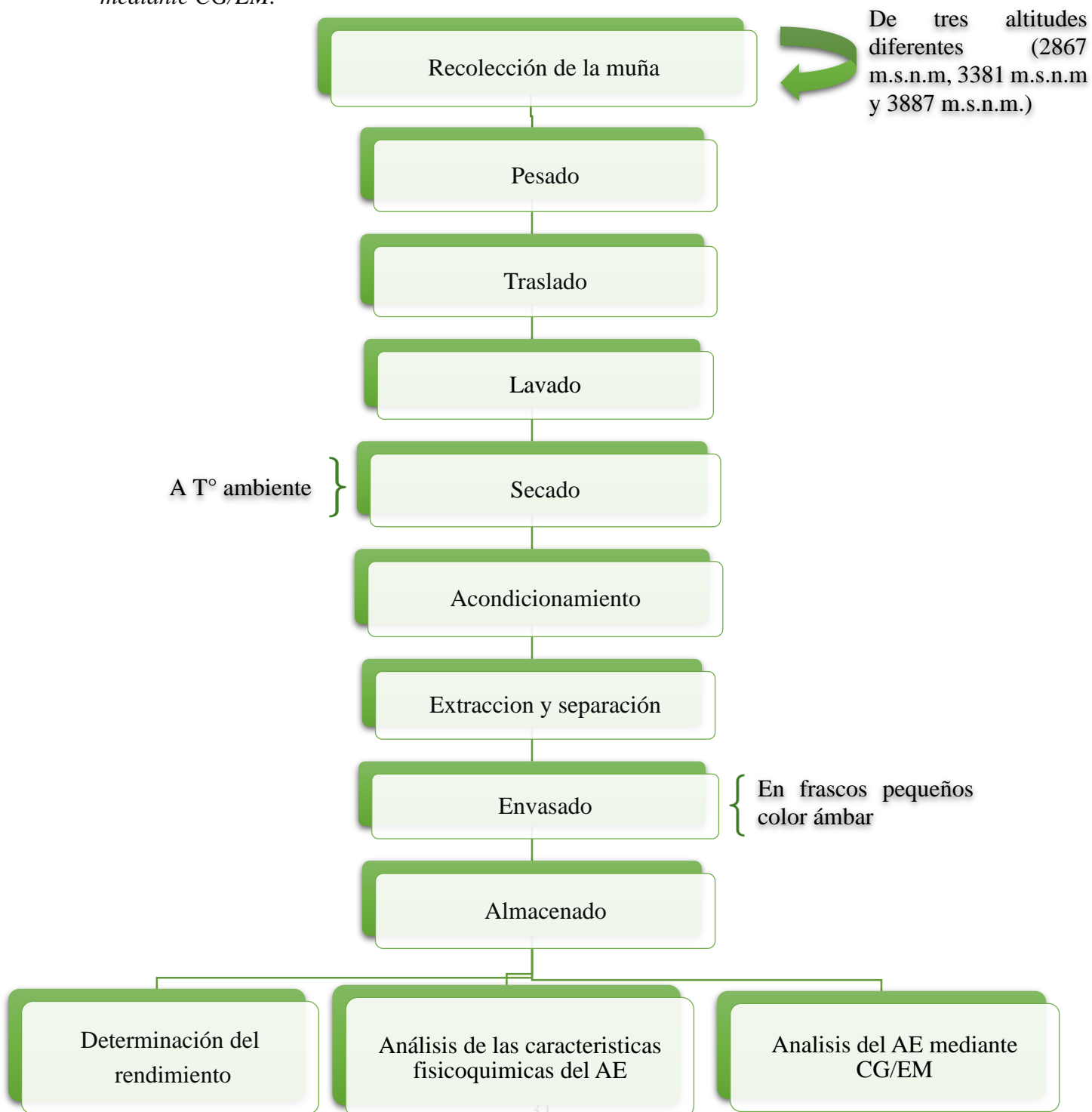
3.3.3 Muestreo

Se empleó el método probabilístico, utilizando un muestreo aleatorio estratificado simple, donde los estratos se definieron según la altitud en metros sobre el nivel del mar (estrato = m.s.n.m). Las muestras fueron recolectadas al azar dentro de cada estrato para asegurar que la muestra fuera representativa de cada altitud.

3.4 Procedimiento del estudio

Figura 18

Diagrama de flujo para obtener el AE, calcular el rendimiento y analizar los compuestos mediante CG/EM.



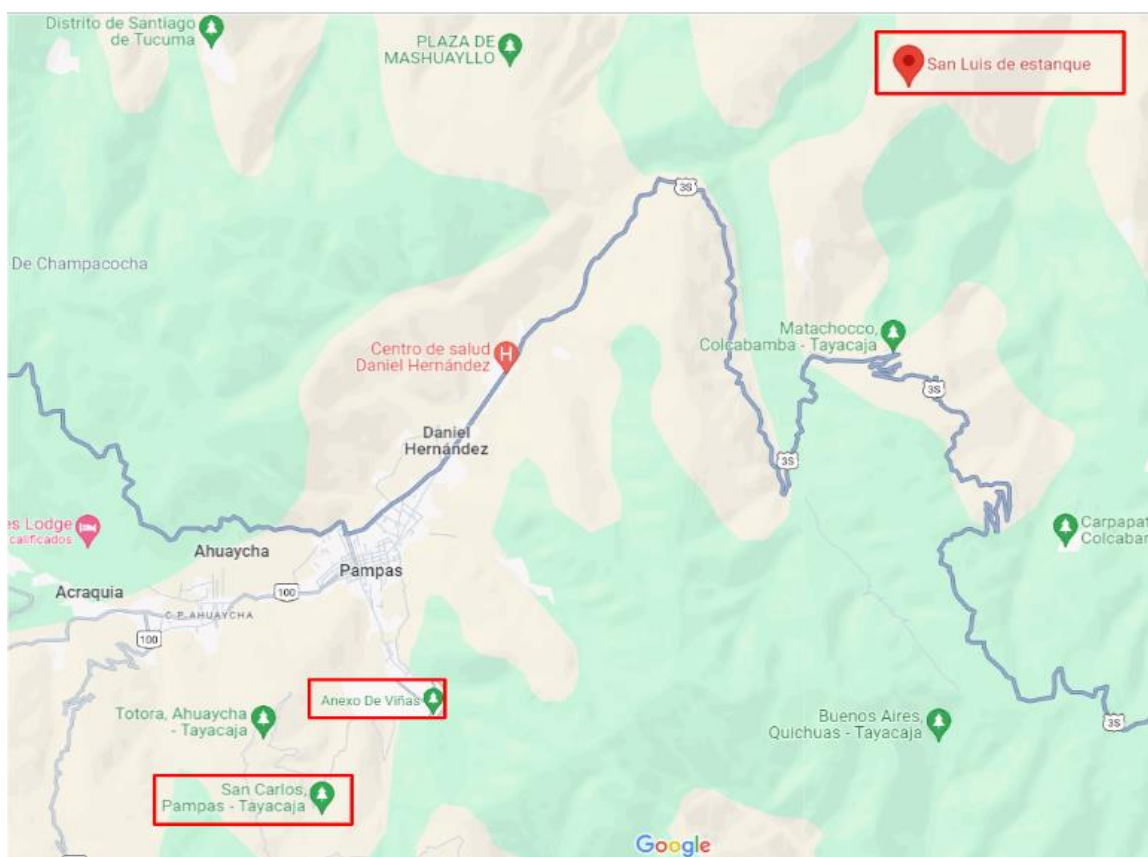
3.4.1 Procedimiento utilizado para extraer el AE de la planta *Minthostachys mollis*

3.4.1.1 Recolección de la muña.

Para llevar a cabo la recolección de las muestras, se comenzó por identificar los lugares con mayor crecimiento de muña. Posteriormente, se visitaron estos puntos estratégicos para realizar la colecta de las muestras, previamente autorizadas por parte de las comunidades y SERFOR (Anexo 10,11,12 y 13). Estas muestras fueron recogidas entre junio a julio del año 2023, cuando la muña estaba en etapa de floración para aprovechar la mayor concentración de sus compuestos volátiles, se recogieron aproximadamente 30 kg de hojas de muña de cada una de las altitudes (2867 m.s.n.m., 3381 m.s.n.m. y 3887 m.s.n.m.), totalizando 90 kg de muestra. Se recolectó en un día soleado, entre las 2:00 pm y las 5:00 pm, utilizando un hoz y guantes de campo. Por otro lado, la delimitación de las áreas de recolección fue realizado utilizando mapeos satelitales disponibles en Google Maps. Además, se utilizó la aplicación Not cam y timestamp para precisar la ubicación exacta de los lugares de recolección, proporcionando datos como la altitud, latitud, longitud, coordenadas y fecha de la recolección. La figura 19 presenta la localización del centro poblado de San Luis de Estanque, Viñas y San Carlos donde se recolectaron las muestras para el trabajo de investigación.

Figura 19

Ubicación geográfica de los tres niveles altitudinales de donde se obtuvo la muestra.



Nota: En la figura se observa la ubicación geográfica de dónde fueron recolectadas las muestras de la planta para el presente estudio, destacando que las muestras fueron obtenidas a diferentes altitudes. Fuente: Google Maps (2023).

3.4.1.2 Pesado.

El pesado de la materia prima se realizó utilizando una balanza romana.

3.4.1.3 Traslado.

Una vez pesado la muña se realizó el traslado en costales enmallados previo una inspección visual de las hojas, ya que debe presentar las condiciones adecuadas para extraer el aceite esencial.

3.4.1.4 Lavado.

Se usó abundante agua para eliminar cualquier impureza que estuviera presente en la superficie de la planta, como polvo u otras sustancias que pudieran contaminarla. El objetivo era asegurar que la planta alcanzara un nivel óptimo de calidad y limpieza en términos de higiene.

3.4.1.5 Secado.

En este proceso, las muestras se secaron en secadero de plantas (Figura 20) durante 7 días a temperatura ambiente y bajo sombra. Después de este proceso, la cantidad inicial de muestra fresca recolectada por altitud que era de 30 kg, se redujo a 6 kg en forma seca. Esto significa que la relación de secado fue de 5 kg de muestra fresca por cada 1 kg de muestra seca obtenida. Por lo tanto, se obtuvo 6 kg de muña seca por altitud.

Figura 20

Secado de las hojas de muña.



Nota: Las muestras están siendo sometidas a un proceso de secado natural en un secadero de plantas. Fuente: Asociación de productores de hierbas aromáticas “La pampina” (2023).

3.4.1.6 Acondicionamiento.

Se pesó 2 kg de muestra para el proceso de extracción y se añadió agua al equipo, este procedimiento se repitió de la misma manera para cada altitud y por triplicado como parte del experimento.

3.4.1.7 Extracción y separación.

Se extrajo el AE utilizando el equipo destilador a vapor (Figura 21), siguiendo el método descrito por Huamani (2015). El proceso extractivo duro 60 minutos aprox. desde la primera gota que fue recolectada en un vaso precipitado. A una temperatura de 90° C. Después de finalizar el tiempo de extracción, se separó el AE del agua con ayuda de una pera de decantación.

Figura 21

Equipo destilador por arrastre de vapor.



Nota: Este equipo se usa específicamente para realizar procesos de extracción que permitan obtener los AE presentes en diversas partes de plantas. Fuente: Asociación de productores de hierbas aromáticas “La pampina” (2023).

3.4.1.8 Envasado.

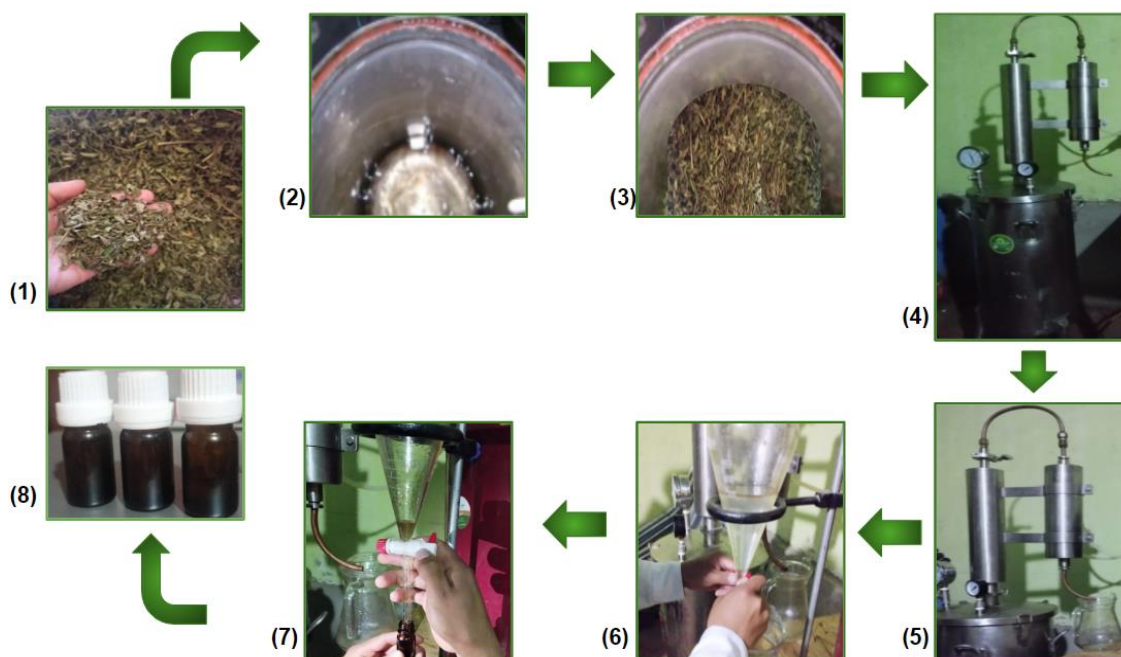
El AE se envasó cuidadosamente en frascos pequeños de color ámbar. Este tipo de envase ayuda a proteger el AE de la luz, cambios de temperatura que podrían afectar su calidad y degradación de sus componentes. Cabe mencionar que, antes y después de envasar el aceite en los frascos, se roció con nitrógeno comprimido (anexo 8).

3.4.1.9 Almacenado.

El aceite esencial fue almacenado en refrigeración (5° C.) para garantizar su óptima conservación, seguido a ello, cada muestra fue rotulada correctamente para facilitar los análisis posteriores. La figura 22 ilustra de manera resumida el proceso extractivo del AE de la planta *M. mollis* mediante extracción a por vapor. 1) tratamiento inicial de la muestra 2) Cantidad de agua en el equipo 3) muestra seca 4) Destilador por arrastre a vapor 5) Inicio del proceso de destilación 6) Extracción y separación 7) Envasado 8) Almacenado.

Figura 22

Proceso extractivo del aceite esencial de M. mollis mediante destilación a vapor.



Nota: En la figura se describe el método utilizado para extraer el AE de la *M. mollis*, que es la extracción a vapor.

3.4.2 Cálculo de humedad de las muestras

Se emplearon dos métodos, en la termobalanza y en la estufa (Anexo 7). Para la determinación en la estufa, se tomaron 5 gramos de muestra y se colocaron en una placa Petri que fue previamente pesada. Luego, la placa con la muestra se introdujo en una estufa mantenida a una temperatura constante de 105°C durante un período de 5 horas. Después de este tiempo, se pesó nuevamente la placa con la muestra ya seca para determinar el contenido de humedad utilizando una fórmula específica.

$$H\% = \frac{\text{peso de muestra inicial}(gr) - \text{peso de muestra seca}(gr)}{\text{peso de muestra inicial}(gr)} \times 100$$

3.4.3 Cálculo del rendimiento del aceite esencial

Se determinó siguiendo la metodología de Cama et al. (2020).

$$R \% = \frac{\text{Peso del aceite esencial obtenido}}{\text{Peso de las hojas secas}} * 100$$

3.4.4 Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del AE

Se ha determinado la densidad relativa del AE extraído de la planta *Minthostachys mollis* utilizando el método desarrollado por Mozombite y Sahuaraura (2015) (Anexo 9). Además, se ha medido el índice de refracción del AE siguiendo el enfoque metodológico propuesto por Boukhatem et al. (2014). Estos análisis proporcionan información crucial sobre las propiedades físicas y características del AE para su evaluación y aplicación en diversas industrias (Tabla 8).

Tabla 8

Metodología utilizada para analizar las características fisicoquímicas del AE

Análisis	Método
Densidad	<p>Se empleó el método gravimétrico a una temperatura de 20°C. Con el uso picnómetros (pt) y ejecutando el siguiente cálculo.</p> $d = \frac{p_{(aceite)} - p_{(vacío)}}{p_{(agua)} - p_{(vacío)}}$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $P =$ pt vacío • $p_1 =$ pt con agua • $p_2 =$ pt con aceite esencial
Índice de refracción	Refractómetro de mesa ABBE a una temperatura de 20 °C.

3.4.5 Análisis del perfil de componentes volátiles del aceite esencial

Se analizó el perfil de los componentes presentes en el AE de muña recolectado a varias altitudes. Este análisis se realizó utilizando CG/EM (cromatografía de gases Agilent GC System modelo 7890B integrado a un detector de masas cuadrupolo MSD 5977B), siguiendo los procedimientos detallados por Dogenski et al. (2016) y Cornelio-Santiago et al. (2017). El AE fue diluido con hexano (1µL de AE + 99 µL de hexano) y se separó en una columna capilar DB-5MS UI (60 m x 0.25 mm) con helio como gas de arrastre (1ml/min).

El volumen de inyección fue 0.5 µL. Se mantuvieron diferentes temperaturas en el inyector, detector, línea de transferencia y fuente de ionización (220, 150, 240 y 280 °C). La temperatura del horno inicialmente fue programado a 60° C. Hasta alcanzar gradualmente los 300 °C por 5°C/min. Los compuestos detectados se identificaron comparándolos con la base de datos NIST Library 17 y se confirmaron mediante la determinación del índice de retención utilizando estándares de n-alcános.

3.5 Recursos utilizados en la investigación

3.5.1 Lugar de ejecución

El AE de la *M. mollis* fue extraído en el laboratorio de la asociación APOHAAB del Perú “La Pampina”. La determinación del contenido de humedad de la muestra y la densidad del aceite se efectuaron en el laboratorio de fisicoquímica de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo (UNAT). Por otro lado, el análisis mediante CG/EM y el índice de refracción del AE se llevaron a cabo en el laboratorio de la Facultad de Agroindustrias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).

3.5.2 Materiales, equipos y reactivos

3.5.2.1 Material experimental.

Muña (*Mínthotachys mollis*)

3.5.2.2 Materiales de campo.

- ❖ Costales enmallados
- ❖ Machete
- ❖ Guantes de campo
- ❖ Hoz

3.5.2.3 Materiales de laboratorio.

- ❖ Viales color ámbar
- ❖ Desecador de cristal
- ❖ Fiolas de 100 mL
- ❖ Matraz de 250 mL
- ❖ Peras de decantación de 250 mL
- ❖ Pipetas de 5 y 10mL
- ❖ Probetas de 25 y 100 mL
- ❖ Vasos de precipitados de vidrio 100 mL

- ❖ Micropipetas
- ❖ Utería: mandil, gorra, guantes, cuchillo, servilletas, libreta de apuntes.

2.6.2.4 Equipos de laboratorio.

- ❖ Destilador por arrastre con vapor
- ❖ Balanza digital
- ❖ Balanza analítica
- ❖ Estufa
- ❖ Termómetro
- ❖ Cronometro

3.6.2.5 Reactivos de laboratorio.

- ❖ Etanol
- ❖ Agua destilada

3.6 Análisis estadístico

3.6.1 Hipótesis estadísticas (Nula y Alterna)

3.6.1.1 Hipótesis Nula.

La humedad, rendimiento, densidad relativa y el índice de refracción del AE de muña (*M. mollis*) de las tres altitudes: Altitud 1 (2867 m.s.n.m), Altitud 2 (3381 m.s.n.m) y Altitud 3 (3887 m.s.n.m) son similares.

3.6.1.2 Hipótesis Alterna.

Al menos de una de las tres altitudes: Altitud 1 (2867 m.s.n.m), Altitud 2 (3381 m.s.n.m) y Altitud 3 (3887 m.s.n.m) difieren en la humedad, rendimiento, densidad relativa y en el índice de refracción del AE de *M. mollis*.

3.6.2 Estadístico

Todos los datos fueron expresados como valores medios \pm desviación estándar. Los datos de humedad, rendimiento, densidad relativa y el índice de refracción fueron analizados mediante el análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación múltiple Tukey, con un nivel de confianza del 95% para determinar cuál es el mejor tratamiento. Los datos se evaluaron y compararon usando el software Minitab versión 18.1.0.0. Además, se empleó el programa Microsoft Excel 2016 (Microsoft Office Profesional Plus 2016) para procesar los resultados de la CG/EM.

IV. Resultados y discusión

4.1 Ubicación geográfica de los lugares de recolección de la muña

A continuación, se presenta información detallada sobre la procedencia de las muestras recolectadas, la cual ha sido registrada utilizando la aplicación Note cam y timestamp camera.

Tabla 9

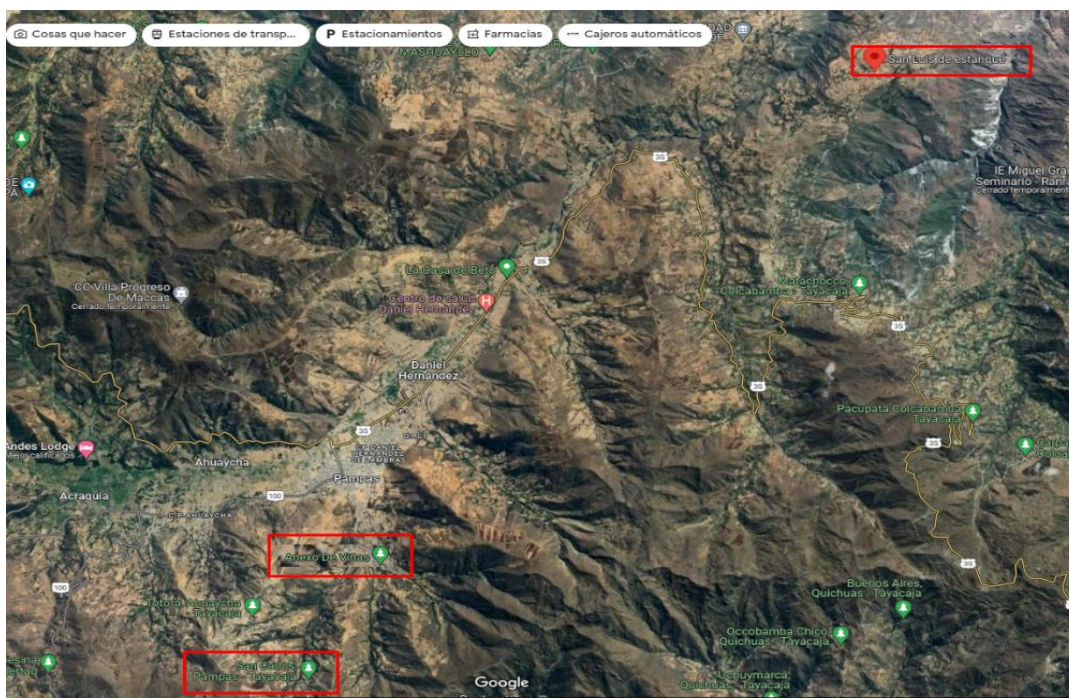
Referencia de las muestras

Altitud	Nivel (m.s.n.m)	Latitud	Longitud	Cordenadas
Altitud 1	2867	-12,31763149°	-74,77379602°	12° 19' 0,5" S y 74° 46' 40,3" W
Altitud 2	3381	-12,41679957°	-74,86010830°	12° 25' 0,5" S y 74° 51' 36,4" W
Altitud 3	3887	-12,43714839°	-74,92640769°	12° 26' 25,3" S y 74° 52' 28,2" W

En la tabla 9 se visualiza las tres altitudes de donde se recolectaron las muestras. Estas altitudes fueron específicamente 2867 m.s.n.m, 3381 m.s.n.m y 3887 m.s.n.m, con una diferencia de 500 metros de altitud aproximadamente, abarcando zonas quebradizas del distrito Pampas-Colcabamba. El mapa que indica la ubicación exacta de los puntos de recolección de la muestra (Figura 23).

Figura 23

Mapeo satelital de los lugares de colecta de la muña.



Nota: La figura ilustra la imagen obtenida por satélite de las ubicaciones precisas de donde se han recolectado muestras de la planta muña. Fuente: Google Maps (2023).

4.2 Rasgos generales de las muestras recolectadas

Tabla 10

Rasgos generales de las muestras

Altitud	Etapa	Condición	Tamaño del corte
Altitud 1	Floración	Fresco	20 - 30 cm
Altitud 2	Floración	Fresco	20 - 30 cm
Altitud 3	Floración	Fresco	20 - 30 cm

4.3 Determinación de humedad de las muestras

Tabla 11

Humedad de las muestras

Altitud	Humedad (%)	Materia seca (%)
Altitud 1	11,52 ± 0,14 ^a	88,48 ± 0,14 ^a
Altitud 2	11,50 ± 1,28 ^a	88,50 ± 1,28 ^a
Altitud 3	11,11 ± 0,24 ^a	88,89 ± 0,24 ^a

Según la Tabla 11, los porcentajes de humedad fueron (11,52%) para la Altitud 1, (11,50%) para la Altitud 2 y (11,11%) para la Altitud 3. Sin embargo, desde el punto de vista estadístico las tres altitudes presentan el mismo porcentaje de humedad (Anexo 14). Estos resultados se alinean con la investigación de Castro–Alayo et al. (2019), quienes reportaron un 11,6% de humedad en muestras secas de *Minthostachys mollis*. Estos autores mencionan que un contenido de humedad entre el 10% y el 12% es ideal para obtener un rendimiento óptimo en la extracción de aceite esencial. La consistencia de nuestros resultados con los de Castro–Alayo et al., 2019 puede atribuirse a métodos de secado similares y a un control cuidadoso de las condiciones ambientales. Mantener la humedad dentro de este rango es importante, ya que niveles de humedad inferiores pueden hacer que las hojas sean frágiles y quebradizas, dificultando así la extracción del aceite esencial, como se observó en el estudio de Castro (2012), donde las muestras con un 7,81% de humedad presentaban estas dificultades. Por otro lado, el estudio de Elechosa et al. (2007) encontró que las muestras secadas al ambiente alcanzaron un contenido de humedad entre el 12% y el 15%. Aunque estos valores son ligeramente superiores a los nuestros, aún se encuentran relativamente

cerca y pueden ser considerados aceptables para la extracción de aceite esencial. Las diferencias pueden deberse a variaciones en las condiciones ambientales y los métodos de secado utilizados, destacando la importancia de estandarizar estos procesos para obtener resultados consistentes. Nuestros resultados subrayan la relevancia de controlar el contenido de humedad de las hojas secas para asegurar un buen rendimiento y calidad del aceite esencial obtenido. Mantener la humedad dentro del rango óptimo no solo facilita la extracción, sino que también garantiza la integridad del material vegetal y la eficiencia del proceso. Por lo tanto, los valores de humedad obtenidos en este estudio son adecuados y refuerzan la necesidad de un manejo preciso de las condiciones de secado para optimizar la producción de aceites esenciales de alta calidad.

4.4 Extracción del aceite esencial

4.4.1 Rendimiento del aceite esencial

Tabla 12

Rendimiento del aceite esencial

Altitud	Rendimiento (%)
Altitud 1	0,49 ± 0,03 ^b
Altitud 2	0,73 ± 0,05 ^a
Altitud 3	0,79 ± 0,05 ^a

En la Tabla 12 se detalla el rendimiento obtenido durante el proceso de extracción del aceite esencial (AE) de muña. Los datos reportan rendimientos de (0,49%) para la altitud 1, (0,73%) para la altitud 2 y (0,79%) para la altitud 3. Estadísticamente las altitudes (2 y 3) muestran igual rendimiento. En cambio, la altitud 1 si evidencia un menor rendimiento diferente a los dos primeros (Anexo 15). Comparando estos resultados con estudios previos, el estudio de Huamani (2015) reportó rendimientos de (0,76%) para el nivel 1, (0,61%) para el nivel 2 y (0,68%) para el nivel 3. Estos rendimientos son similares a los obtenidos en la altud 3 (0,79%) y la altitud 2 (0,73%), aunque superiores al rendimiento de la altitud 1. Por otro lado, en el estudio realizado por Fuentes y Munguía (2001) se comparó el AE de muña de tres regiones peruanas, obteniéndose rendimientos notablemente más bajos: (0,27%) en Tarma, (0,21%) en Huaraz y (0,21%) en Pampas. Además, Encarnación (2009) reportó rendimientos muy reducidos: (0,07%) en Chuquiribamba, (0,29%) en el Tambo y (0,21%) en Villonaco. Por su parte, Cano (2008) investigó la actividad antimicótica in vitro y los metabolitos del AE extraído de la hoja de muña, obteniendo un rendimiento del proceso de

extracción de 0,19%. Adicionalmente, Pino et al. (2019) realizaron un análisis del AE de *Minthostachys acris* Schmidt-Leb. y evaluaron su eficacia antimicótica contra *Sporothrix schenckii*, alcanzando un rendimiento del AE de 0,21%. Es importante mencionar que los resultados obtenidos en los estudios mencionados son relativamente bajos en comparación con los resultados de nuestra investigación. Sin embargo, el rendimiento del AE de muña puede verse afectado significativamente por una variedad de factores. Estos factores incluyen las condiciones específicas de cultivo de la planta, el momento de la cosecha, la altitud a la que la planta crece y los métodos específicos empleados para extraer el AE. Las diferencias en los rendimientos pueden deberse a varios factores. En primer lugar, las condiciones climáticas y de suelo en la altitud 3 y la altitud 2 pueden ser más favorables para la producción de AE, lo que explica los rendimientos más altos observados en estas altitudes. En segundo lugar, el momento de la cosecha juega un papel crucial; cosechar las plantas en su punto óptimo de madurez puede maximizar el contenido de AE. Además, la altitud a la que crece la planta puede influir en la composición y cantidad del AE, como se observa en los rendimientos más bajos reportados por Encarnación (2009) en altitudes más elevadas. Por último, los métodos de extracción utilizados también son determinantes clave. Técnicas más avanzadas y controladas pueden mejorar significativamente el rendimiento del AE, lo cual es evidente al comparar nuestros resultados con los de estudios que utilizaron métodos más tradicionales o menos precisos. Por ello, nuestros resultados sugieren que las condiciones de cultivo y los métodos de extracción en la altitud 3 y la altitud 2 son especialmente efectivos para maximizar el rendimiento del AE de muña.

4.4.2 Caracterización fisicoquímica del aceite esencial muña

4.4.2.1 Densidad relativa del aceite esencial.

Tabla 13

Densidad relativa del aceite esencial

Altitud	Densidad relativa (g/ml)
Altitud 1	0,9291 ± 0,0179 ^a
Altitud 2	0,9413 ± 0,0050 ^a
Altitud 3	0,9368 ± 0,0042 ^a

Los datos de la Tabla 13 reflejan los resultados de la densidad relativa del aceite esencial de *Minthostachys mollis* a diferentes altitudes. Los valores registrados fueron

(0,9291 g/mL) para la altitud 1, (0,9413 g/mL) para la altitud 2 y (0,9368 g/mL) para la altitud 3. Sin embargo, estadísticamente no existen diferencias significativas en los valores de densidad relativa de las muestras (Anexo 16). Al comparar estos resultados con el estudio de Huamani (2015), se observa una ligera variación: (0,9401 g/mL) para el nivel 1, (0,9090 g/mL) para el nivel 2 y (0,9043 g/mL) para el nivel 3. Este estudio evidencio que, a mayor altitud, la densidad del AE de *Minthostachys mollis* tiende a ser menor. Sin embargo, nuestros resultados presentan una tendencia diferente, con la altitud 2 mostrando la mayor densidad relativa (0,9413 g/mL), seguido por la altitud 3 y la altitud 1. En un estudio previo, Encarnación (2009) encontró que, a menor altitud, el AE de *Minthostachys mollis* presenta una mayor densidad relativa: (0,894 g/cm³) en Chuquiribamba, (0,935 g/cm³) en Tambo y (0,917 g/cm³) en Villonaco. Estos resultados refuerzan la importancia de considerar la altitud como un factor influyente en las propiedades del AE. Ahora bien, el análisis de la densidad relativa del AE es importante para comprender su composición química y sus propiedades físicas, ya que los aceites esenciales con densidades inferiores a 0,9 g/cm³ generalmente contienen una variedad de compuestos como hidrocarburos, alcoholes, ésteres y cetonas, en cambio, aquellos con densidades superiores a 1,0 g/cm³ suelen estar dominados por fenoles, sus derivados y algunos ésteres aromáticos. Nuestros resultados resaltan la complejidad de los factores que afectan la densidad relativa del AE de *Minthostachys mollis*. Las variaciones en la densidad podrían deberse a diferencias en las condiciones climáticas, el tipo de suelo y los métodos de extracción utilizados en cada estudio.

4.4.2.2 Índice de refracción del aceite esencial de muña.

Tabla 14

Índice de refracción del aceite esencial

Altitud	Índice de refracción (n)
Altitud 1	1,4720 ± 0,0012 ^b
Altitud 2	1,4729 ± 0,0020 ^b
Altitud 3	1,4804 ± 0,0021 ^a

Los resultados presentados en la Tabla 14 muestran los valores del índice de refracción del aceite esencial de muña, los cuales fueron (1,4720) para la altitud 1, (1,4729) para la altitud 2 y (1,4804) para la altitud 3. Desde un punto de vista estadístico, la altitud 3 presenta un valor de índice de refracción diferente al de las altitudes 1 y 2, los cuales tienen valores estadísticamente idénticos (Anexo 17). Estos resultados indican que, a medida que

aumenta la altitud, también lo hace el índice de refracción del AE. Esta tendencia puede estar relacionada con cambios en la composición volátil del aceite esencial debido a las diferentes condiciones ambientales a distintas altitudes. Según Céspedes y Cruz (2019), los aceites esenciales generalmente tienen índices de refracción que varían entre 1,43 y 1,61 a una temperatura de 20° C. Los aceites con índices de refracción inferiores a 1,47 suelen contener un alto porcentaje de hidrocarburos terpénicos o compuestos alifáticos, mientras que aquellos con índices superiores a 1,47 suelen contener compuestos alifáticos oxigenados, e incluso algunas sustancias no deseadas en ciertos casos. Los resultados de nuestro estudio coinciden con los obtenidos por Fuertes y Munguia (2001), quienes reportaron índices de refracción similares: (1,4727) para el aceite esencial de Tarma, (1,4746) para Huaraz y (1,4725) para Pampas. Estos hallazgos sugieren que la mayor altitud podría estar asociada con una mayor presencia de compuestos oxigenados aromáticos en el aceite esencial. Es por ello, que el análisis del índice de refracción es importante para comprender la composición química del aceite esencial, ya que este parámetro proporciona información valiosa sobre la pureza y la calidad del aceite, así como sobre la presencia de diferentes tipos de compuestos. Por lo tanto, la variabilidad observada en el índice de refracción a diferentes altitudes resalta la importancia de considerar la altitud como un factor significativo que influye en las propiedades físicas y químicas del aceite esencial de muña.

4.4.3 Perfil de los compuestos volátiles del aceite esencial de la muña

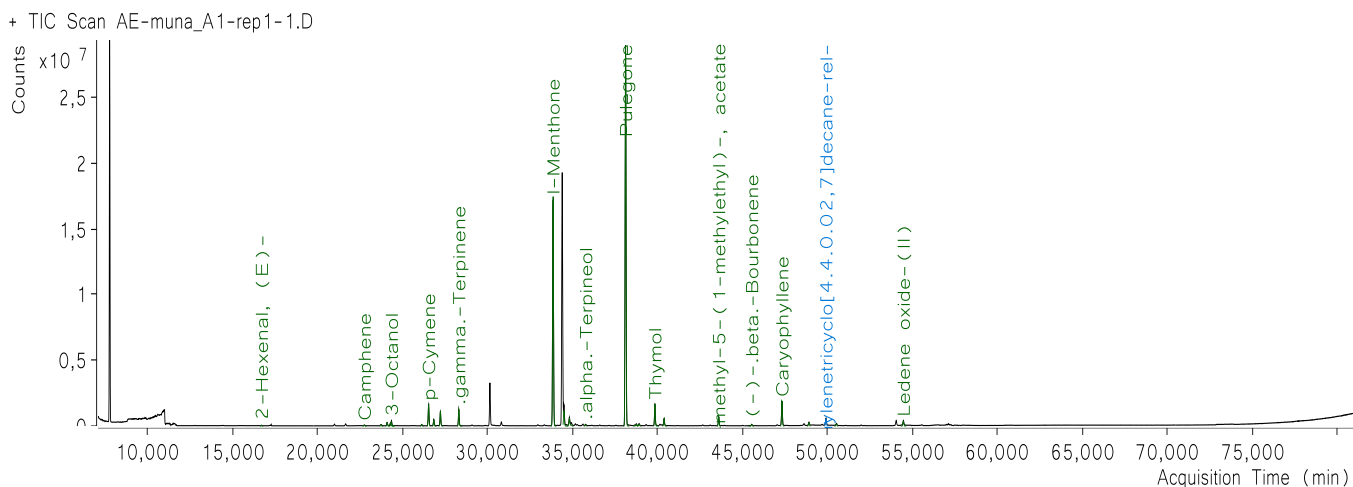
A continuación, se presenta los resultados derivados por el laboratorio de la Facultad de Agroindustrias de la UNTRM de las tres altitudes mencionadas anteriormente.

Tabla 15

Compuestos volátiles del aceite esencial de la M. mollis de la altitud 1

Componentes	Tiempo retención (min)	Índice de retención calculado	Índice de retención de la biblioteca	Cantidad (%)
2-Hexenal, (E)-	16,72	852	854	0,04± 0,01
Camphene	22,76	966	952	0,09± 0,0
.beta.-Phellandrene	23,74	984	1031	0,11± 0,03
Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-, (1S)-	24,10	990	943	0,42± 0,02
3-Carene	24,30	994	1011	0,26± 0,02
3-Octanol	24,36	995	994	0,45± 0,09

1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	26,14	1028	1017	0,17± 0,04
p-Cymene	26,55	1035	1025	2,91± 0,49
D-Limonene	26,85	1041	1018	0,79± 0,03
1,3,6-Octatriene, 3,7-dimethyl-, (Z)-	27,24	1048	1038	1,89± 0,35
.gamma.-Terpinene	28,32	1068	1060	2,56± 0,52
3-Octanol, acetate	30,83	1114	1123	0,31± 0,01
I-Menthone	33,87	1173	1148	30,41± 3,90
Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-,	34,51	1185	1164	2,62± 0,56
(1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-(./-.)-				
Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, trans-	34,82	1191	1177	1,02± 0,07
.alpha.-Terpineol	35,79	1210	1189	0,12± 0,00
Pulegone	38,14	1258	1237	44,45± 7,01
7-Oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-one, 6-methyl-3-(1-methylethyl)-	38,76	1270	1256	0,47± 0,34
2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-	38,93	1274	1253	0,20± 0,04
Thymol	39,86	1293	1291	4,19± 1,29
3-Methyl-4-isopropylphenol	40,400302	1304	1334	0,53± 0,27
Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, acetate	40,400302	1352	1355	0,05± 0,01
Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, acetate	43,61559	1372	1371	0,50± 0,23
(-).beta.-Bourbonene	45,557477	1415	1384	0,15± 0,03
Caryophyllene	47,337384	1455	1419	4,00± 1,23
Humulene	48,919966	1491	1454	0,53± 0,25
(1R,2S,6S,7S,8S)-8-Isopropyl-1-methyl-3-methylenetricyclo[4.4.0.0 ^{2,7}]decane-rel-	49,926632	1515	1432	1,43± 0,40
(1S,2E,6E,10R)-3,7,11,11-Tetramethylbicyclo[8.1.0]undeca-2,6-diene	50,543992	1530	1495	0,34± 0,07
Ledene oxide-(II)	54,477722	1626	1631	0,42± 0,26

Figura 24*Cromatograma correspondiente a la altitud 1.***Tabla 16***Compuestos volátiles del aceite esencial de la M. mollis de la altitud 2*

Componentes	Tiempo retención (min)	Índice de retención calculado	Índice de retención de la biblioteca	Cantidad (%)
Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	21,67	946	929	0,21± 0,03
Camphene	22,77	966	952	0,05± 0,00
.alpha.-Phellandrene	23,74	984		0,12± 0,02
.beta.-Myrcene	24,10	990	991	0,27± 0,02
3-Carene	24,30	994		0,24± 0,03
3-Octanol	24,36	995	994	0,29± 0,02
1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	26,15	1028		0,51± 0,18
p-Cymene	26,54	1035		4,95± 1,21
D-Limonene	26,85	1041	1018	0,86± 0,04
.beta.-Ocimene	27,24	1048	1037	0,39± 0,10
.gamma.-Terpinene	28,32	1068	1060	6,74± 1,82
Bicyclo[3.1.0]hexan-2-ol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2.alpha.,5.alpha.)-	29,10	1082	1070	0,14± 0,07
Linalool	30,15	1102		4,38± 0,57
l-Menthone	33,86	1173	1148	7,92±1,07
Cyclohexanone, 5-methyl-2-(1-methylethenyl)-, trans-	34,82	1191	1177	0,85± 0,14
Terpinen-4-ol	35,18	1198	1177	0,26± 0,05
.alpha.-Terpineol	35,79	1210	1189	0,09± 0,01
Pulegone	38,14	1258		52,37± 5,39
2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethyl)-	38,94	1274	1253	0,05± 0,00
Thymol	39,86	1292	1291	11,32± 1,85

Phenol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, acetate	42,67	1352	1355	2,70± 1,58
2-Cyclohexen-1-one, 3-methyl-6-(1-methylethylidene)-	43,12	1362	1340	0,06± 0,01
Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, acetate	43,61	1372	1371	0,07± 0,04
(-)-.beta.-Bourbonene	45,55	1415	1384	0,09± 0,01
Caryophyllene	47,33	1455	1419	3,23± 0,16
Humulene	48,92	1491	1454	0,39± 0,06
(1R,2S,6S,7S,8S)-8-Isopropyl-1-methyl-3-methylenetricyclo[4.4.0.0.2,7]decane-rel-	49,92	1515	1432	1,14± 0,13
Isospathulenol	54,05	1615		0,17± 0,04
Caryophyllene oxide	54,48	1626	1581	0,43± 0,10

Figura 25

Cromatograma correspondiente a la altitud 2.

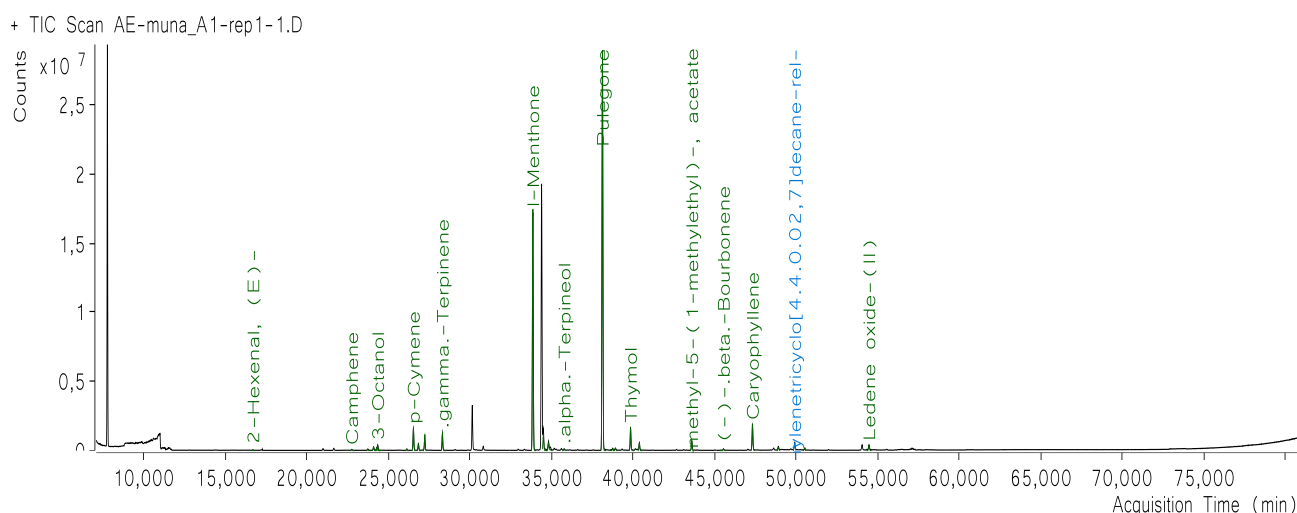


Tabla 17

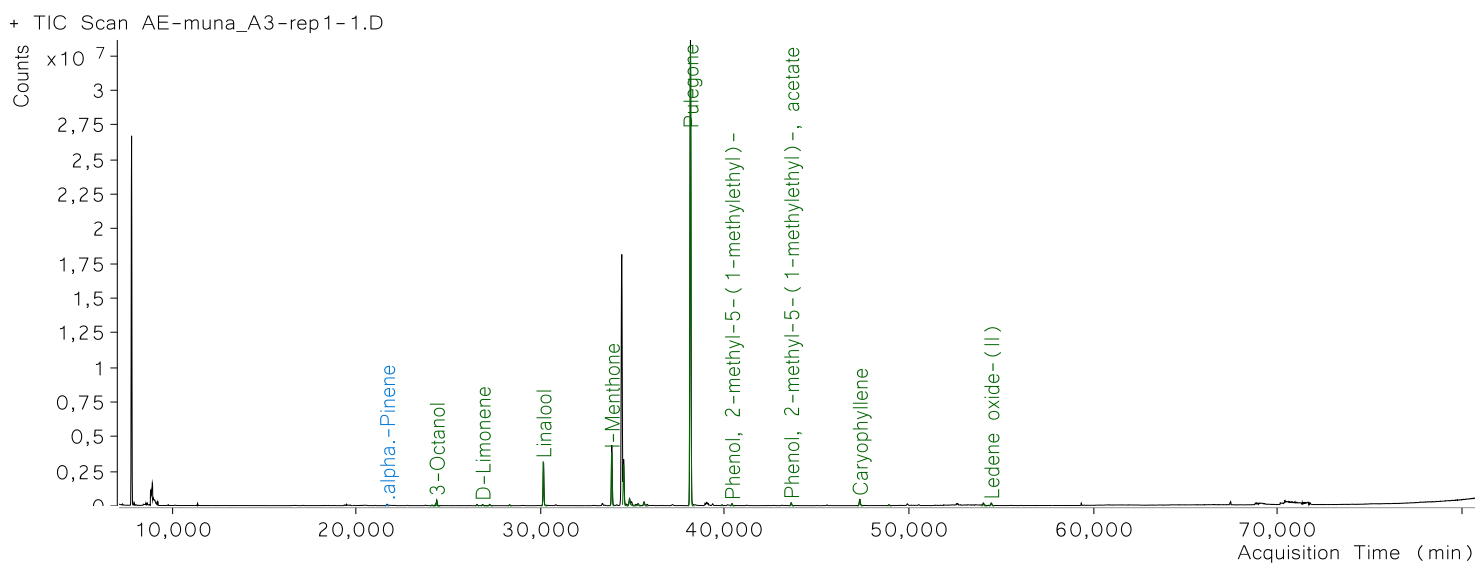
Compuestos volátiles del aceite esencial de la M. mollis de la altitud 3

Componentes	Tiempo retención (min)	Índice de retención calculado	Índice de retención de la biblioteca	Cantidad (%)
.alpha.-Pinene	21,66	946	929	0,15± 0,01
.beta.-Myrcene	24,09	990	991	0,07± 0,01
3-Carene	24,29	994	1011	0,24± 0,03
3-Octanol	24,36	995	994	0,88± 0,14
p-Cymene	26,55	1035	1015	2,91± 0,49
D-Limonene	26,85	1041	1018	0,15± 0,04
.beta.-Ocimene	27,23	1048		0,17± 0,02
.gamma.-Ter.gamma.	28,32	1068	1060	0,08± 0,04

Linalool	30,15	1105		5,408±0,57
l-Menthone	33,86	1173	1164	11,35±2,27
Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-(./-.)-	34,51	1185	1164	8,38± 1,47
Isopulegol	35,29	1200	1146	0,36± 0,06
Levomenthol	35,62	1207		0,69± 0,23
Pulegone	38,14	1258	1237	73,90± 1,32
Citral	38,92	1274		0,18± 0,02
Thymol	39,85	1292	1291	0,08± 0,03
Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	40,39	1304	1299	0,20± 0,08
Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-, acetate	43,61	1372	1371	0,23±0,15
Caryophyllene	47,33	1455		0,86± 0,19
Humulene	48,91	1491	1454	0,11± 0,00
Isospathulenol	54,05	1615	1576	0,40± 0,02
Ledene oxide-(II)	54,48	1626	1631	0,42±0,26

Figura 26

Cromatograma correspondiente a la altitud 3.



4.4.3.1 Compuestos principales del aceite esencial de muña

La siguiente tabla muestra una comparación de la concentración de los compuestos según CG/EM de las diferentes altitudes (Altitud 1, altitud 2 y altitud 3).

Tabla 18

Componentes más destacados del aceite esencial de muña

Especie	Altitud m.s.n.m	Compuestos más predominantes	%	Análisis instrumental
		Pulegone	44,45	

<i>Minthostachys mollis</i> (Kunth)	Altitud 1 2867 m.s.n.m	I-Menthone	30,41	Cromatógrafo Agilent GC System modelo 7890B, acoplado al detector de masas cuadrupolo MSD 5977B.
		Thymol	4,19	
		Caryophyllene	4,00	
		p-Cymene	2,91	
	Altitud 2 3381 m.s.n.m	Pulegone	52,37	
		Thymol	11,32	
		I-Menthone	7,92	
		.gamma.-Terpinene	6,74	
		p-Cymene	4,95	
	Altitud 3 3887 m.s.n.m	Pulegone	73,90	
		I_Menthone	11,35	
		Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)-, (1.alpha.,2.beta.,5.alpha.)-(./-.)-	8,38	
		Linalool	5,41	
		p-Cymene	2,91	

La Tabla 18 presenta una comparación detallada de los compuestos volátiles predominantes en el aceite esencial de *M. mollis* de las tres altitudes diferentes. En el aceite esencial de la Altitud 1, los principales compuestos identificados fueron pulegona, l-mentona y timol. En contraste, el aceite esencial de la Altitud 2 mostró una concentración de pulegona, timol y l-mentona. Para el aceite esencial de la Altitud 3, los compuestos mayoritarios fueron pulegona, seguido por l-mentona y ciclohexanol. En términos de concentración, el compuesto mayoritario, pulegona, alcanzó el 44,45% en la altitud 1, el 52,37% en la altitud 2 y el 73,90% en la altitud 3, lo que sugiere una tendencia de incremento en la concentración de pulegona con la altitud. Estos resultados revelan variaciones respecto a estudios anteriores. Como se detalla en la Tabla 19, algunos compuestos identificados concuerdan con investigaciones previas, aunque las proporciones pueden variar en función de la región geográfica del aceite esencial. El análisis comparativo de la composición volátil del aceite esencial de *M. mollis* destaca la influencia de la altitud sobre la concentración de compuestos volátiles. La presencia predominante de pulegona, l-mentona y timol en diferentes proporciones sugiere que las condiciones ambientales y geográficas afectan

significativamente la biosíntesis de estos compuestos. La tendencia observada de un aumento en la concentración de pulegona con la altitud puede estar relacionada con factores abióticos específicos de cada altitud, como la temperatura, la radiación solar y el estrés hídrico, que influyen en la expresión de genes involucrados en la biosíntesis de monoterpenos. Estos resultados resaltan la importancia de considerar la altitud como un factor determinante en la calidad y composición del aceite esencial de *M. mollis*, lo cual es crucial para su aplicación en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria.

Tabla 19

Investigaciones realizadas sobre los compuestos volátiles mediante CG/EM

Especie vegetal	Lugar de recolección	Altitud m.s.n.m	Compuestos mayoritarios	%	Fuente
<i>Minthostachys mollis</i> (Kunth)	Huando - Huancavalica	N1 (3080) m.s.n.m	Ciclobutil denacealdeido	26,62	Huamani (2015).
			Menthol	24,06	
			Ciclobutil denacetaldeido	9,42	
			Mentona	8,88	
			Cariofileno	5,29	
		N2 (3351) m.s.n.m	Metil hidroquinona, dimetil éter	22,19	
			Menthol	20,91	
			Pulegona	12,34	
			Mentona	9,93	
			Carane	4,54	
		N3 (3622) m.s.n.m	Alcanfor	30,87	
			2,6-Octadiene	21,35	
			Linalol	11,57	
			Mentona	9,24	
			Cariofileno	4,75	
<i>Minthostachys mollis</i> (Kunth)	Tarma- Junín	-	1-tetradeceno	23,14	Fuertes y Munguía (2001)
			2S-trans-mentona	23	
			Pulegona	13,21	
			2S-trans-mentona	41,48	
			Pulegona	16,02	
Huaraz- Ancash	-	γ -terpineno	7,55		

<i>Minthostachys mollis</i> (Kunth)	Pampas - Hvca	-	2S-trans-mentona	34,51	Encarnación, (2009).
			Pulegona	28,62	
			Nerolidol	5,08	
	Chuquiribamba-Ecuador	2725 m.s.n.m	Cis-dihydrocarvone	13,48	
			Limonene	9,3	
			B-caryophyllene	9,07	
			geranyl acetate	7,82	
			Pulegone	3,56	
	El tambo - Ecuador	875 m.s.n.m	Menthone	3,05	
			Carvacrol	27,27	
			thymol acetate	10,99	
			B-caryophyllene	6,76	
			p-cymene	5,47	
	Villonaco-Ecuador	975 m.s.n.m	Pulegone	2,8	
			menthone	22,8	
pulegone			20,94		
B-caryophyllene			9,68		
beta-gamma terpinene			2,89		
		carvacrol	1,72		

La Tabla 19 presenta un análisis exhaustivo del perfil de compuestos volátiles en el aceite esencial de muña de tres investigaciones, utilizando CG/EM. Según Huamani (2015), los principales compuestos identificados fueron ciclobutildenacetaldehído (26,62%) en el nivel 1, metilhidroquinona y dimetil éter (22,19%) en el nivel 2, y alcanfor (30,87%) en el nivel 3. En contraste, Encarnación (2009) reportó como componentes principales cis-dihidrocarvona (13,48%) a 2725 m.s.n.m., carvacrol (27,27%) a 875 m.s.n.m., y mentona (22,8%) a 975 m.s.n.m. Estas diferencias en los perfiles de compuestos volátiles resaltan la variabilidad química del aceite esencial de muña dependiendo de la altitud y otros factores abióticos. A pesar de estas diferencias, la literatura científica sobre el aceite esencial de muña destaca consistentemente la presencia de compuestos como pulegona, mentona, mentol y limoneno. En el estudio de Lupaca et al. (2009), se identificaron 52 componentes en el aceite esencial de muña, incluyendo mentona, pulegona y thymyl acetate. Fuertes y Munguía (2001) también detectaron 1-tetradeceno, 2S-trans-mentona y pulegona en diversas proporciones, lo que coincide parcialmente con nuestros resultados. La variación en la cantidad y tipo de compuestos volátiles identificados en comparación con nuestro estudio puede atribuirse a diversos factores, tales como las diferencias en el origen específico de la muña, así como las condiciones experimentales, incluyendo las temperaturas utilizadas en

el detector y el inyector. En nuestro análisis, los tiempos de retención de mentona y pulegona fueron casi idénticos a los reportados por Fuertes y Munguía (2001). Sin embargo, Cano (2007), utilizando una columna similar, pero con parámetros de temperatura diferentes, observó tiempos de retención más cortos para pulegona y mentona en comparación con nuestros resultados. Otros estudios también han informado resultados congruentes. Campo et al. (2019) encontraron que el aceite esencial de muña contiene un 28,42% de pulegona y un 19,32% de mentona, demostrando que las plantas jóvenes tienen una concentración más alta de pulegona. Sánchez et al. (2021) identificaron que el AE de muña está compuesto principalmente por mentona (32,9%) y eucaliptol (28,1%), además de discutir su actividad antimicrobiana. Chaquilla et al. (2019) informaron que el aceite esencial de *M. setosa* contiene 18 compuestos volátiles, siendo los más prominentes mentona (39%), pulegona (32%), isopulegona (6%) y timol (5%), destacando también el contenido de fenoles totales en su estudio. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar la altitud y las condiciones específicas de cultivo y procesamiento en la evaluación de la composición del aceite esencial de muña. Esta investigación contribuye al entendimiento de cómo la altitud y otros factores ambientales influyen en el perfil químico del aceite esencial de muña, proporcionando una base para futuras aplicaciones y estudios en esta área.

V. Conclusiones

- ❖ Se logró con éxito la recolección de la muña (*Minthostachys mollis*) de tres altitudes diferentes en la provincia de Tayacaja, región Huancavelica. Las altitudes seleccionadas fueron 2867 m.s.n.m., 3381 m.s.n.m., y 3887 m.s.n.m. La recolección se llevó a cabo en condiciones controladas durante los meses de junio y julio de 2023, asegurando la obtención de muestras en la etapa de floración para maximizar la concentración de compuestos volátiles.
- ❖ Se determinó que el rendimiento del aceite esencial de la muña (*Minthostachys mollis*) usando extracción por arrastre de vapor que varía según la altitud de recolección. Los rendimientos obtenidos fueron del (0,49%) en la altitud 1, (0,73%) en la altitud 2 y (0,79%) en la altitud 3. Estos resultados evidencian una variación significativa en el rendimiento de extracción, que se relaciona con los factores climáticos y geográficos específicos de cada altitud. A mayor altitud, se observa un mayor rendimiento, destacando la altitud como un factor importante que influye en el rendimiento del aceite esencial de muña.
- ❖ Se determinó el perfil de compuestos volátiles del aceite esencial de muña (*M. mollis*) mediante CG/EM donde en la altitud 1 se identificaron 29 compuestos, con la pulegona como el componente mayoritario (44,45%). En la altitud 2, se identificaron 29 compuestos, siendo la pulegona el predominante con un 52,37%. En la altitud 3 se encontraron 22 compuestos, destacando la pulegona con una concentración del 73,90%. Estos resultados demuestran que la altitud influye notablemente en el perfil de compuestos volátiles del aceite esencial de muña. A medida que aumenta la altitud, la concentración de ciertos compuestos volátiles, como la pulegona, tiende a incrementarse.
- ❖ Como conclusión final, la investigación demostró que la altitud tiene un impacto significativo en el rendimiento y la composición del aceite esencial de *M. mollis*. Se observó un incremento en el rendimiento del aceite esencial con la altitud, alcanzando su punto máximo en la altitud 3. Esto demuestra que las condiciones ambientales a mayores altitudes pueden favorecer la producción de aceite esencial en esta especie. El análisis mediante CG/EM mostró variaciones notables en el perfil de compuestos volátiles según la altitud. Específicamente, se encontró una mayor concentración de pulegona en el aceite esencial recolectado en la altitud 3, indicando una influencia directa de la altitud en la composición volátil del aceite.

VI. Recomendaciones

- ❖ Se recomienda determinar el efecto antibacteriano del aceite esencial de muña "*Minthostachys mollis*" de las tres altitudes.
- ❖ Se recomienda determinar la capacidad antioxidante del aceite esencial de muña "*Minthostachys mollis*" de las tres altitudes.
- ❖ A los pobladores de la comunidad de San Carlos (altitud 3) se recomienda realizar la propagación vegetativa de la muña para su aplicación en diversas actividades agroindustriales.

VII. Referencias bibliográficas

- Alcalá-Marcos, K., Alvarado-Gamarra, A., Alejandro-Paredes, L., y Huayané-Linares, E. (2011). Actividad antimicótica del aceite esencial de las hojas de *minthostachys mollis* (muña) comparado con el fluconazol en cultivo de candida albicans. *CIMEL Ciencia e Investigación Médica Estudiantil Latinoamericana*, 16(2), 83-86. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=71723601004>
- Alipio-Rodríguez, A., Mostacero-León, J., López-Medina, E., Anthony, J. y Gil-Rivero, A. (2020). Valor de uso etnomedicinal de la flora del Cerro “La Botica” empleada por la Comunidad Andina de Cachicadán-Perú. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas*, 19(6), 601-613. <https://doi.org/10.37360/blacpma.20.19.6.43>
- Al-Rubaye, A., Hameed, I., & Kadhim, M. (2017). A review: Uses of Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) technique for analysis of bioactive natural compounds of some plants. *International journal of toxicological and pharmacological research*, 9(01). <https://doi.org/10.25258/ijtp.v9i01.9042>
- Álvarez-Martínez, F., Barrajon-Catalán, E., Herranz-López, M., & Micol, V. (2021). Antibacterial Plant compounds, Extracts and Essential Oils: An Updated review on their effects and putative mechanisms of action. *Phytomedicine*, 90, 153626. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153626>
- Alvino Borja, J., y Brioso Canteño, W. (2018). *Caracterización de los principales componentes del Aceite Esencial de Muña (Minthostachys mollis) y su aplicación para alargar la vida útil del queso fresco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huanuco] <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/3294>
- Angeles Queirolo, C., y Rangel Morales, F. (2019). "Cinética del *secado convectivo de hojas de Minthostachys mollis (Muña)*". [Tesis de posgrado, Universidad Nacional del Callao] <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/3365>
- Angulo Flóres, A. (2014). *Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales Extraídos de Plantas Medicinales Y Aromáticas. Aceites esenciales extraídos de las plantas*

medicinales y *aromáticas*, 1.
https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/

- Apaza, V. (2019). Análisis de la difusión del aceite esencial de muña (*Clinopodium bolivianum*) en vapor de agua. *Ciencia y desarrollo*, 17, 47-55. <https://doi.org/10.33326/26176033.2014.17.381>
- Aquije Huaroto, L. (2015). *Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial de las hojas de Minthostachys mollis Muña*. [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas] <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/1123>
- Arones Jara, M. (2019). Modos y maneras del uso de medicamentos en las familias del cercado del distrito de Ayacucho. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facenf>
- Asl, R., Niakousari, M., Gahrue, H., Saharkhiz, M., & Khaneghah, A. (2018). Study of two-stage ohmic hydro-extraction of essential oil from *Artemisia Aucheri* boiss.: antioxidant and antimicrobial characteristics. *Food Research International*, 107, 462-469. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.02.059>
- Atif, M., Ilavenil, S., Devanesan, S., AlSalhi, M., Choi, K., Vijayaraghavan, P., Alfuraydi, A., & Alanazi, N. (2019). Essential oil of four medicinal plants and protective properties in plum fruits against the spoilage bacteria and fungi. *Industrial Crops and Products*, 133, 54-62. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.03.018>
- Azaña Espinoza, I. (2010). *Efectividad antibacteriana in vitro del aceite esencial de Minthostachys mollis griseb (muña) sobre bacterias prevalentes en patologías periapicales crónicas de origen endodóntico*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos] <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/218>
- Bagade, S., & Patil, M. (2019). Recent advances in microwave assisted extraction of bioactive compounds from complex herbal samples: a review. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 51(2), 138-149. <https://doi.org/10.1080/10408347.2019.1686966>

- Benavides Villavicencio, C. (2019). *Usos tradicionales de la diversidad vegetal; bases de la etnobotánica - en el distrito de Cajatambo, provincia de Cajatambo, Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina] <https://repositorio.la.molina.edu.pe/handle/20.500.12996/4234>
- Boukhatem, M.N.; Amine, F.M.; Kameli, A.; Saidi, F.; Walid, K.; Mohamed, S.B. 2014. Quality assessment of the essential oil from *Eucalyptus globulus* Labill of Blida (Algeria) origin. *Int. Lett. Chem. Phys. Astron.* 36: 303- 315. [file:///C:/Users/USER/Downloads/Quality_Assessment_of_the_Essential_Oil_from_Eucal%20\(1\).en.es.pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Quality_Assessment_of_the_Essential_Oil_from_Eucal%20(1).en.es.pdf)
- Božović, M., Navarra, A., Garzoli, S., Pepi, F., & Ragno, R. (2017b). Essential Oils extraction: A 24-hour steam distillation systematic methodology. *Natural Product Research*, 31(20), 2387-2396. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1309534>
- Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Cama, D., Villanueva-Quejia, E., Sakoda, B., y Monzón, L. T. (2020). Extracción y caracterización química del aceite esencial de eucalipto obtenido por microondas y ultrasonido. *Revista de investigaciones altoandinas*, 22(3), 274-284. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.661>
- Campo, M., Ambuludí, D., Cepeda, N., Márquez, I., San Martín, D., y Cuesta, O. (2019). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Minthostachys mollis* Griseb contra el *Staphylococcus aureus*. *Revista Cubana de Farmacia*, 51(4). <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/183/175>
- Cano, C., Bonilla, P., Roque, M., y Ruiz, J. (2008). Actividad antimicótica in vitro y metabolitos del aceite esencial de las hojas de *Minthostachys mollis* (muña). *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 25(3), 298-301. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000300008
- Cardoso-Ugarte, G., Juárez-Becerra, G., Sosa-Morales, M., & López-Malo, A. (2013). Microwave-assisted extraction of essential oils from herbs. *Journal of Microwave*

Power and Electromagnetic Energy, 47(1), 63-72. <https://doi.org/10.1080/08327823.2013.11689846>

Casignia, R., Falconí, P., Núñez, T., y Guerrero, R. (2019). Utilización de aceites esenciales de la planta tipo (*Minthostachys mollis*) para la conservación de carne de hamburguesa. *Ciencia Digital*, 3(2.6), 332-348. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i2.6.570>

Castro Mattos, M. (2012). *Comparación de los compuestos terpénicos del aceite esencial de muña (minthostachys mollis) extraídos de las hojas frescas y secas*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/2659>

Castro- Alayo, E., Chavez-Quintana, S., Auquiñivín-Silva, E., Fernández-Jerí, A., Acha-De La Cruz, O., Rodríguez-Hamamura, N., Olivas-Orozco, G., & Sepúlveda-Ahumada, D. (2019). Essential oils of native plants from Peru: Effect of the place of cultivation on the physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Scientia Agropecuaria*, 10(4), 479-487. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.04.04>

Cedeño A., Moreira, C., Muñoz, J., Muñoz, A., Pillasaguay, S., y Riera, M. A. (2019). Comparación de métodos de destilación para la obtención de aceite esencial de eucalipto. *Revista Colón Ciencias, Tecnología Y Negocios*, 6(1), 1–13. https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/472

Cejo Calixto, V., Diaz Arenas, F., Duran Villar, P., y Ignacio Carhuancho, J. (2020). *Infusión filtrante hecho a base de muña y llantén endulzado con stevia en polvo* – *Mullantén*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/9946>

Céspedes Pérez, F., y Cruz Coral, D. (2019). *Microencapsulado de aceite esencial de perejil (petroselinum crispum) como agente antimicrobiano en la conservación de carne de res*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/5460>

- Chaquilla Q., y Cols., G. (2019). Composición química y contenido de fenoles totales en aceites esenciales de muña *Minthostachys setosa* Briq Epl y anís *Pimpinella anisum* L. *Revista ECIPerú*. (s. f.) <https://doi.org/10.33017/RevECIPeru2011.0031/>
- Christian, K., Carole, D., Alain, K., Dahouenon-Ahoussi, E., Avlessi, F., Sohounhloue, D., & Simal-Gandara, J. (2023). Essential oils as natural antioxidants for the control of food preservation. *Food chemistry advances*, 2, 100312. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2023.100312>
- Colina-Márquez, J., Contreras, E., Ruiz, J., y Monroy, L. (2022). Comparación de dos métodos de extracción para el aceite esencial de la cáscara de pomelo (*Citrus maxima*). *Investigación e innovación alimentaria*, 1(1), 85-98. <https://doi.org/10.32997/rin-2022-3729>
- Conde, C., Rueda, X., y Patiño, G. (2012). Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de *Calycolpus moritzianus* y *Minthostachys mollis* de Norte de Santander. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 12-23. <https://doi.org/10.24054/01204211.v1.n1.2012.45>
- Condori Jurado, Y., y Tunque Espinoza, M. (2018). Plantas medicinales usadas durante el puerperio en las comunidades del distrito de Palca a 3650 msnm Huancavelica 2017. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1532>
- Contant, C., Rouabhia, M., Loubaki, L., Chandad, F., & Semlali, A. (2021). Anethole induces anti-oral cancer activity by triggering apoptosis, autophagy and oxidative stress and by modulation of multiple signaling pathways. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92456-w>
- Copacondori Cuayla, E., y Nuñez Del Prado Rivera, J. (2017). *Evaluación de los parámetros para la obtención de una bebida funcional, a partir de malta (Hordeum Vulgare) y muña (Minthostachys Mollis)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3430>
- Cornelio-Santiago, H., Mazalli, M., Da Costa Rodrigues, C., & De Oliveira, A. (2019). Extraction of Brazil nut kernel oil using green solvents: Effects of the process

- variables in the oil yield and composition. *Journal of Food Process Engineering*, 42(7). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13271>
- Corroto, F., Torres, O., & Maciá, M. (2019). Different patterns in medicinal plant use along an elevational gradient in northern Peruvian Andes. *Journal of Ethnopharmacology*, 239, 111924. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.111924>
- Cruz-Ríos, I. (2019). Conocimiento local e importancia del uso de la flora por la comunidad Jaqaru, distrito de Tupe, Lima. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10546>
- De Feo, V., y Soria, R. (2012). Plantas medicinales y fitoterapia en la medicina tradicional de la Provincia de Paruro, Departamento de Cusco, Perú. *Farmacología en línea*, 1, 154-219. <https://acortar.link/YYSX0G>
- Díaz Arcos, J. M., y Martínez Chuquillanqui, J. D. (2013). *Cantidad y calidad de aceites esenciales en hojas de cuatro especies del género eucalyptus - El Mantaro*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3397>
- Dogenski, M., Ferreira, N., & De Oliveira, A. (2016). Extraction of *Corymbia citriodora* essential oil and resin using near and supercritical carbon dioxide. *Journal of Supercritical Fluids*, 115, 54-64. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.04.015>
- Dueñas M., Pino, J., Solís, L., Espinoza, H., y Ramírez, M. (2019). Análisis del aceite esencial de muña (*Minthostachys acris* Schmidt-Leb.) y evaluación de su actividad antimicótica sobre *Sporothrix schenckii*. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 50 (1), 022-032. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181662291002>
- Eid, A., & Hawash, M. (2021). Biological evaluation of Safrole oil and Safrole oil nanoemulgel as antioxidant, antidiabetic, antibacterial, antifungal and anticancer. *BMC complementary medicine and therapies*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12906-021-03324-z>
- Escobar Hernández, A. E. (2012). *Diseño y puesta en marcha de una planta piloto de arrastre con vapor para la obtención de aceites esenciales* (Bachelor's thesis).

<http://mriuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/handle/123456789/8044/aescobar.pdf?sequence=3>

Elechosa, M. A., Molina, A. I. P., Juárez, M. A., Van Baren, C. M., Di Leo Lira, P., & Bandoni, A. L. (2007). Estudio comparativo del aceite esencial de *minthostachys mollis* (kunth.) griseb. «peperina» obtenido de colectas en 21 poblaciones de las provincias de tucuman, córdoba, san luis y catamarca. *Latin American and Caribbean Bulletin of Medicinal and Aromatic Plants*, 6(5), 244-

Elechosa, MA, Molina, AM, Juárez, MA, Baren, CM, Di Leo Lira, P., & Bandoni, AL (2007). Estudio comparativo del aceite esencial de *minthostachys mollis* (kunth.) griseb. "peperina" obtenido de colectas en 21 poblaciones de las provincias de tucuman, córdoba, san luis y catamarca. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 6 (5), 244-245. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85617508056>

Espinoza Carbajal, J. (2019). Efectividad de la medicina herbolaria e impacto en la calidad de vida del poblador de Trujillo, La Libertad, Perú 2019. [Tesis de maestria, Universidad Nacional de Trujillo].https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_5fb0296a77ec6bd19f6bdcb6e949d9d

Fan, Y., & Li, Q. (2022). An efficient extraction method for essential oil from *angelica sinensis* radix by natural deep eutectic solvents-assisted microwave hydrodistillation. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 29, 100792. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100792>

Filly, A., Fernández, X., Minuti, M., Visinoni, F., Cravotto, G., & Chémat, F. (2014). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: from laboratory to pilot and industrial scale. *Food Chemistry*, 150, 193-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.139>

García Jara, J. T. (2017). *Extracción de aceite esencial por fluidos supercríticos y arrastre con vapor de cedrón (aloesia triphylla) en la región Arequipa*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3413>

- Gavahian, M., Farahnaky, A., & Sastry, S. (2016). OHMIC-assisted hydrodistillation: a novel method for ethanol distillation. *Food and Bioproducts Processing*, 98, 44-49. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2015.11.003>
- Gavahian, M., Farahnaky, A., Shavezipur, M., & Sastry, S. K. (2016). Ethanol concentration of fermented broth by OHMic-assisted hydrodistillation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.04.001>
- Gavahian, M., Hashemi, S, Khaneghah, A., y Tehrani, M. (2013). Aceites esenciales Zenyan extraídos óhmicamente como antioxidante natural en mayonesa. *Revista Internacional de Investigación Alimentaria*, 20 (6). <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84891639407&origin=inward&txGid=fbd3a934836849d1985944e01547fba9>
- Ghazanfari, N., Mortazavi, S., Yazdi, F. & Mohammadi, M. (2020). Microwave-assisted hydrodistillation extraction of essential oil from coriander seeds and evaluation of their composition, antioxidant and antimicrobial activity. *Heliyon*, 6(9), e04893. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04893>
- Gonzales Bocángel, P., Mansilla Tafur, A., Rengifo Urbietta, L., y Arévalo Ortiz, F. M. (2010). Extracción de aceite esencial de *Myrtus communis* L. y estudio de su actividad antimicrobiana. *Perú*. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria la Molina].http://www.lamolina.edu.pe/facultad/ciencias/dquimica/pergreenchemistry/?wpfb_dl=6
- Goyal, S., Pathak, R., Pandey, H., Kumari, A., Tewari, G., Bhandari, N. & Bala, M. (2020). Comparative study of the volatile constituents of *Thymus serpyllum* L. grown at different altitudes of Western Himalayas. *SN Applied Sciences*, 2(7). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2938-2>
- Gupta, E., Yacoub, M., Higgins, M., & Al-Katib, A. (2012). Syncytial giant cell hepatitis associated with chronic lymphocytic leukemia: a case report. *BMC Blood Disorders*, 12(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2326-12-8>
- Hashemi, S., Khaneghah, A. & Akbarirad, H. (2016). The effects of amplitudes Ultrasound-Assisted solvent extraction and pretreatment time on the yield and quality of

- <i>Pistacia Khinjuk</i> Hull Oil. *Journal of Oleo Science*, 65(9), 733-738. <https://doi.org/10.5650/jos.ess15252>
- Hashemi, S. M. B., Khaneghah, A. M., Ghahfarrokhi, M. G., & Eş, I. (2017). Basil-seed gum containing *Origanum vulgare* subsp. *viride* essential oil as edible coating for fresh cut apricots. *Postharvest Biology and Technology*, 125, 26-34. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.11.003>
- Hashemi, S., Khaneghah, A., Koubàa, M., Barba, F., Abedi, E., Niakousari, M., & Tavakoli, J. (2018). Extraction of essential oil from *Aloysia citriodora* palau leaves using continuous and pulsed ultrasound: kinetics, antioxidant activity and antimicrobial properties. *Process Biochemistry*, 65, 197-204. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.10.020>
- Hashemi, S., Nikmaram, N., Esteghlal, S., Khaneghah, A., Niakousari, M., Barba, F., Roohinejad, S., & Koubàa, M. (2017). Efficiency of OHMIC assisted hydrodistillation for the extraction of essential oil from oregano (*Origanum vulgare* subsp. *viride*) spices. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 172-178. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.03.003>
- Hernández, A., Antonio, J., Herrera, H., Ignacio, J., Cm, L., Martínez-Salvador, M., y Ríos, H. (2011). Producción y extracción de aceite de orégano (*Lippia graveolens* Kunth) bajo cultivo en la comarca lagunera. *Mex. Cien.* <http://www.redalyc.org/pdf/634/63438956009.pdf>
- Hidalgo Masías, G., y Romero Faya, A. (2016). *Diseño de una planta piloto para la extracción de aceites esenciales mediante destilación por arrastre de vapor.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/items/166f18d9-513b-40fc-aaaa-a3eaed59589b>
- Hill, D. (2020). Manual de química de aceites esenciales dōterra. <https://docer.com.ar/doc/5xeecv>.
- Huamán, K., y Torres, M. (2023). Plantas medicinales originarias de Huancavelica: El conocimiento de los ciudadanos “herboristas” de Huancavelica. *Revista Oeconomicus UNH*, 3(1), 34–46. <https://doi.org/10.54943/revoec.v3i1.208>

- Huamani Quinte, W. (2015). Estudio de compuestos bioactivos del aceite esencial de muña (*minthostachys mollis*) por cromatografía de gases-espectrometría de masas en tres niveles altitudinales del distrito de Huando. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/116>.
- Huanca Miranda, C. R. (2021). *Estudio fitoquímico del aceite esencial de la Aloysia aloysioides Loes & Moldenke y su evaluación de la actividad antibacteriana y antifúngica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17432>
- Hyldgaard, M., Mygind, T., & Meyer, R. (2012). Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in microbiology*, 3, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00012>
- Icochea Solís, S. (2019). *Flora etnomedicinal del distrito de El Porvenir, Trujillo, La Libertad, 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_65b661b32e6611fe6a8623af5d104a8b
- Ilag, P., Sapali, S., & Shikalgar, N. (2023). Design, development and experimentation of distillation unit for essential oil. *Materials Today: Proceedings*, 72, 664-671. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.08.333>
- Isman, M. B., & Machial, C. M. (2006). Chapter 2 Pesticides Based on Plant Essential Oils: From Traditional practice to Commercialization. En *Advances in phytomedicine* (pp. 29-44). [https://doi.org/10.1016/s1572-557x\(06\)03002-9](https://doi.org/10.1016/s1572-557x(06)03002-9)
- Kant, R., & Kumar, A. (2022). Review on Essential oil extraction from Aromatic and Medicinal plants: Techniques, performance and economic analysis. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 30, 100829. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100829>
- Khalil, N., El-Jalel, L., Yousif, M., & Gonaid, M. (2020). Altitude impact on the chemical profile and biological activities of Satureja thymbra L. essential oil. *BMC complementary medicine and therapies*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s12906-020-02982-9>

- Khan, M., Rahman, M., Azmir, J., Mohamed, A., Jahurul, M., Ferdosh, S., & Zaidul, I. (2014). Experimental Design of Supercritical Fluid Extraction – a review. *Journal of Food Engineering*, *124*, 105-116. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.10.003>
- Köse, M., Tekin, B., & Bayraktar, O. (2021). Simultaneous isolation and selective encapsulation of volatile compounds from essential oil during electrospraying of β -Cyclodextrin. *Carbohydrate Polymers*, *258*, 117673. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117673>
- Koubàa, M., Barba, F. J., Mhemdi, H., Grimi, N., Koubaa, W., & Vorobiev, E. (2015). Gas Assisted Mechanical Expression (GAME) as a promising technology for oil and phenolic compound recovery from Tiger Nuts. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *32*, 172-180. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.09.019>
- Kumoro, AC, Hasan, M. y Singh, H. (2010). Extracción de aceite esencial de pimienta negra de Sarawak utilizando dióxido de carbono supercrítico. *Árabe. J. Ciencias. Ing*, *35*, 7-16.
- Kumoro, A., Hasan, & Singh. (2010). Extraction of Sarawak black pepper essential oil using supercritical carbon dioxide. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/235718895_Extraction_Of_Sarawak_Black_Pepper_Essential_Oil_Using_Supercritical_Carbon_Dioxide
- Leander, H., Cesar, L., Arroyo, G., Quintana, J., Martínez-Cifuentes, M., & Salomé, M. (2020). Effect of the Altitude Geographic and Species Type on the Volatile Compounds of the Genus *Origanum* from Southern Perú. *Iranian Journal of Chemistry & Chemical Engineering-international English Edition*, *39*(1), 243-256. <https://doi.org/10.30492/ijcce.2020.33258>
- Li, Y., HanJuanjuan, WangShaokun, BrandleJames, LianJie, LuoYongqing, & Zhang Fengxia. (2014). Soil organic carbon and total nitrogen storage under different land uses in the Naiman Banner, a semiarid degraded region of northern China. *Canadian Journal of Soil Science*, *94*(1), 9-20. <https://doi.org/10.4141/cjss2013-074>

- Linares-Otoya, V. (2020). Consideraciones para el uso y estudio de la “muña” peruana *Minthostachys mollis* (Benth.) Griseb y *Minthostachys setosa* (Briq.) Epling. *Ethnobotany Research and Applications*, 19. <https://doi.org/10.32859/era.19.29.1-9>
- Loja Silva, E. A. (2019). Efecto del aceite esencial y extracto acuoso del poleo (*Minthostachys mollis*) en la estabilidad oxidativa de carne de cuy empacado al vacío.
[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de A.]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/1754>
- Lucchesi, M., Chémat, F., & Smadja, J. (2004). Solvent-free microwave extraction of essential oil from aromatic herbs: comparison with conventional hydro-distillation. *Journal of Chromatography A*, 1043(2), 323-327. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2004.05.083>
- Lupaca, D., Villavicencio, M., Matos, S., & Vilca, D. C. (2009). Componentes químicos de los aceites esenciales de muña *minthostachys mollis* (kunth.) griseb. en Huánuco. *Investigación Valdizana*, 3(2), 100-106. Redalyc.org. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586061880008>
- Luque Llanos, C. (2016). Determinación de polifenoles totales y aceptabilidad sensorial de una infusión a base de muña (*Minthostachys mollis* (Kunth) Griseb.), cola de caballo (*Equisetum arvense* L.), hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y saborizada con maracuyá (*Passifora edulis*).
[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna] <https://repositorio.unjbg.edu.pe/items/fff5ef4b-a7fa-49b6-8575-6699045643f0>
- Malaka, M., Naidoo, K., & Kabuba, J. (2017c). Extraction of *Siphonochilus aethiopicus* essential oil by steam distillation. *Chemical Engineering Communications*, 204(7), 813-819. <https://doi.org/10.1080/00986445.2017.1322962>
- Martínez-Abad, A., Ramos, M., Hamzaoui, M., Kohnen, S., Jiménez, A., & Garrigós, M. (2020). Optimisation of sequential Microwave-Assisted extraction of essential oil and pigment from lemon peels waste. *Foods*, 9(10), 1493. <https://doi.org/10.3390/foods9101493>

- Masyita, A., Sari, R., Astuti, A., Yasir, B., Rumata, N., Emran, T., Nainu, F., & Simal-Gandara, J. (2022). Terpenes and terpenoids as main bioactive compounds of essential oils, their roles in human health and potential application as natural food preservatives. *Food Chemistry*: X, 13, 100217. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100217>
- Mathez-Stiefel S., & Huamán M. 2018. “Qora Hampiyku”: Nuestras plantas medicinales en las comunidades de Pitumarca, Cusco, Perú. Berna, Suiza: Centre for Development and Environment (CDE), University of Bern, en colaboración con Bern Open Publishing (BOP).<https://doi.org/10.7892/boris.117166>
- Mejía Álvarez, J., y Silva Acuña, L. (2019). *Comparación del efecto antibacteriano de los aceites esenciales de las hojas de *Minthostachys mollis* (Kunth) Griseb “Muña” y *Dodonaea viscosa* L. Jacq “Chamana” en cepas de *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa**. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo].<http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/874>
- Moncada, J., Tamayo, J., & Cardona, C. A. (2016). Techno-economic and environmental assessment of essential oil extraction from oregano (*Origanum vulgare*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis*) in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 112, 172-181. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.067>
- Mozombite Rojas, J., y Sahuaraura Añape, I. (2015). *Aislamiento del aceite esencial del rizoma de *Campelia zanonía* (L.) Kunth (Motelillo). Determinación de sus componentes por cromatografía de gases de alta resolución - espectrometría de masa acoplada (HRGC - MS)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/3887>
- Obregon Mariano, E. (2018). *Análisis comparativo de la hidrodestilación con el arrastre de vapor para la extracción de aceites esenciales de la cascara de naranja*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].<https://repositorio.unjpsc.edu.pe/handle/20.500.14067/2088>

- Olmedo, R., Ribotta, P., & Grosso, N. (2018). Antioxidant activity of essential oils extracted from *Aloysia triphylla* and *Minthostachys mollis* that improve the oxidative stability of sunflower oil under accelerated storage conditions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(8), 1700374. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700374>
- Paima Quevedo, C. (2009). Extracción de aromas vegetales, técnicas y comercialización. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/1925>
- Pandey, A., Kumar, P., Singh, P., Tripathi, N., & Bajpai, V. (2017). Essential oils: sources of antimicrobials and food preservatives. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02161>
- Pandey, A., Sonker, N., & Singh, P. (2016). Efficacy of some essential oils Against *Aspergillus flavus* with special reference to *Lippia alba* Oil an inhibitor of fungal proliferation and aflatoxin B₁ Production in green gram seeds during storage. *Journal of Food Science*, 81(4), M928-M934. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13254>
- Paulino, N., Camarena, R., & Carhuapoma, T. (2021). La pacha-muña (Hedeoma mandoniana Wedd), medicina ancestral en pobladores de Huánuco, Perú. *Revista de salud pública*, 23(3), 1-7. <https://doi.org/10.15446/rsap.v23n3.88842>
- Perveen, S., & Al-Taweel, A. (Eds.). (2018). *Terpenes and terpenoids*. BoD—Books on Demand. https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=znuQDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP10&ots=KIe3W_kYx6&sig=VEeWShgXax-XxOq2XEWKjKJiciw&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Phuyal, N., Jha, P., Raturi, P., & Rajbhandary, S. (2020). Comparison between essential oil compositions of *Zanthoxylum armatum* DC. fruits grown at different altitudes and populations in Nepal. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1971-1978. <https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1833032>
- Pino, J., Dueñas-Mendoza, M., & Solís-Quispe, L. (2019). Chemical Composition of the essential oil from *Minthostachys acris* Schmidt-Leb. grown in the Peruvian Andes. *Natural Product Communications*, 14(7), 1934578X19857490. doi: 10.1177/1934578X19857490

- Pourmortazavi, S., & Hajimirsadeghi, S. (2007). Supercritical fluid extraction in plant essential and volatile oil analysis. *Journal of Chromatography A*, 1163(1-2), 2-24. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.06.021>
- Pumaylle, K., Quiroz, L., Luján, D., & Paz, R. (2012). Extracción, caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Senecio Graveolens Wedd* (Wiskataya). *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=357633704003>
- Quezada, W., Quezada, W., Ana, A., Ariasc, G., Cevallosc, E., Zambranoc, Z., Britoa, H., & Salazara, K. (2019). Essential oil of *Minthostachys mollis*: extraction and chemical composition of fresh and stored samples. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 5(1), 59-71. doi: <https://doi.org/10.48347/IMIST.PRSM/ajmap-v5i1.15684>
- Ricaldi J., y Martínez A. (2014). Cromatografía de gases–espectrometría de masas de compuestos fitobioactivos del aceite esencial de *Satureja incana*. *Apuntes De Ciencia & Sociedad*, 4(2). <https://doi.org/10.18259/acs.2014033>
- Rios Gutierrez, D. (2019). “*Etnobotánica e identificación cualitativa de principios activos en plantas medicinales del Refugio De Vida Silvestre Laquipampa, Incahuasi, Ferreñafe, Lambayeque - 2018.*”. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_9d865b5df76176f0f4534e1e9e549383
- Rodas Tantalla, G. (2019). Extracción, caracterización y efecto antibacteriano in vitro del aceite esencial de hojas de muña (*Satureja brevicalyx*) FRENTE A *Escherichia coli* ATCC, *Salmonella typhi* y *Shigella dysenteriae*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. <https://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/726>
- Roselló-Soto, E., Galanakis, C., Brnčić, M., Orlie, V., Trujillo, F., Mawson, R., Knoerzer, K., Tiwari, B., & Barba, F. (2015). Clean recovery of antioxidant compounds from plant foods, by-products and algae assisted by ultrasounds processing. modeling approaches to optimize processing conditions. *Trends in Food Science and Technology*, 42(2), 134-149. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.01.002>

- Rudas Gonzales, D. D. (2017). *Composición química, fraccionamiento y actividad in vitro del aceite esencial de Aloysia citriodora Palau ("Cedrón") sobre las bacterias Escherichia coli y Salmonella typhimurium*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/3869>
- Fuertes Ruitón CM, Munguía Chipana Y. (2001). Estudio comparativo del aceite esencial de *minthostachys mollis* (kunth) griseb" muña" de tres regiones peruanas por cromatografía de gases y espectrometría de masas. *Ciencia e Investigación*, 4(1), 23-39. <https://doi.org/10.15381/ci.v4i1.3389>
- Saldaña-Chafloque, C., Mostacero-León, J., y De la Cruz – Castillo, A. (2022). Plantas medicinales empleadas en el tratamiento de enfermedades del sistema respiratorio por la comunidad andina de Pampas, Tayacaja, Huancavelica. *TAYACAJA*, 5(2), 25–32. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v5i2.199>
- Sánchez, M., Cartagena, R., Flores, E., & Collantes, I. (2021). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oil from *Minthostachys mollis* against oral pathogens. *Revista Cubana de Estomatología*, 58(4), e3647. <http://www.revestomatologia.sld.cu/index.php/est/article/view/3647>
- Schmidt-Lebuhn, A. (2008). Ethnobotany, Biochemistry and Pharmacology of *minthostachys* (Lamiaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, 118(3), 343-353. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.05.030>
- Sedikelo, G., Lenetha, G., & Malebo, N. (2022). Chromatography-mass spectrometry and chemical characteristics of thymus zygis and cymbopogon winterianus essential oils: possible insect repellents. *Scientific African*, 15, e01095. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01095>
- Seneme, E., Santos, D., Silva, E., Franco, Y., & Longato, G. (2021). Pharmacological and therapeutic Potential of myristicin: a literature review. *Molecules*, 26(19), 5914. <https://doi.org/10.3390/molecules26195914>
- Silva, R., Mateo, D., Eccoña, A., & Della, P. (2022). Secado de hojas de muña (*Minthostachys mollis*): modelado, cinética y propiedades termodinámicas. *Enfoque UTE*, 13(4), 60-74. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.827>

- Soltanbeigi, A., & Özliman, S. (2023). Volatile compounds of *Origanum onites* L. herbal tea influenced by brewing durations. *Biochemical Systematics and Ecology*, 110, 104681. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104681>
- Stauffer, É. (2013). Gas Chromatography–Mass Spectrometry. En *Elsevier eBooks* (pp. 596-602). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-382165-2.00249-x>
- Stevanović, Z., Sieniawska, E., Głowniak, K., Obradović, N., & Pajić-Lijaković, I. (2020). Natural macromolecules as carriers for essential oils: from extraction to biomedical application. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.00563>
- Stratakos, A., & Koidis, A. (2016b). Methods for extracting essential oils. En *Elsevier eBooks* (pp. 31-38). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416641-7.00004-3>
- Stratakos, A., & Koidis, A. (2016c). Methods for extracting essential oils. En *Elsevier eBooks* (pp. 31-38). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416641-7.00004-3>
- Tohidi, B., Rahimmalek, M., & Trindade, H. (2019b). Review on essential oil, extracts composition, molecular and phytochemical properties of thymus species in Iran. *Industrial Crops and Products*, 134, 89-99. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.038>
- Toma, M., Vîñătoru, M., Paniwnyk, L., & Mason, T. (2001). Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 8(2), 137-142. [https://doi.org/10.1016/s1350-4177\(00\)00033-x](https://doi.org/10.1016/s1350-4177(00)00033-x)
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014c). Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*, 79(7), R1231-R1249. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>
- Tongnuanchan, P., & Benjakul, S. (2014d). Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of Food Science*, 79(7), R1231-R1249. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>
- Torrenegra, M., Granados, C., Osorio, M., & León, G. (2015). Comparación de la hidrodestilación asistida por radiación de microondas (MWHd) con hidrodestilación convencional (HD) en la extracción de aceite esencial de *Minthostachys*

- Mollis. *Información tecnológica*, 26(1), 117-122. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642015000100013>
- Valderrama, F., & Ruiz, F. (2018). An optimal control approach to steam distillation of essential oils from aromatic plants. *Computers & Chemical Engineering*, 117, 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2018.05.009>
- Van Baren, C., Del Rosario Di Leo Lira, P., Elechosa, M. A., Molina, A., Juárez, M. A., Martínez, A. J., Perelman, S. B., & Bandoni, A. L. (2014). New insights into the chemical biodiversity of *minthostachys mollis* in Argentina. *Biochemical Systematics and Ecology*, 57, 374-383. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2014.09.004>
- Véliz-Jaime, Marlys Y., González-Díaz, Yudith, y Martínez-Despaigne, Yunier. (2019). Evaluación técnica y económica del proyecto de obtención de aceites esenciales. *Tecnología Química*, 39 (1), 207-220. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852019000100207&lng=es&tlng=en.
- Vian, M., Fernández, X., Visinoni, F., & Chémat, F. (2008). Microwave hydrodiffusion and gravity, a new technique for extraction of essential oils. *Journal of Chromatography A*, 1190(1-2), 14-17. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2008.02.086>
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., & Bates, D. (2008). Applications and Opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry — a review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2), 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2007.04.014>
- Yapuchura Mamani, R. (2010). *Estudio de los componentes antioxidantes de las hojas de muña (Minthostachys mollis (Kunth) Griseb.) E inca muña (Clinopodium bolivianum (benth.) Kuntze)*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1700>

VIII. Anexos

Anexo 1. Muña (*Minthostachys mollis*) de la altitud 1 (comunidad San Luis de Estanque).



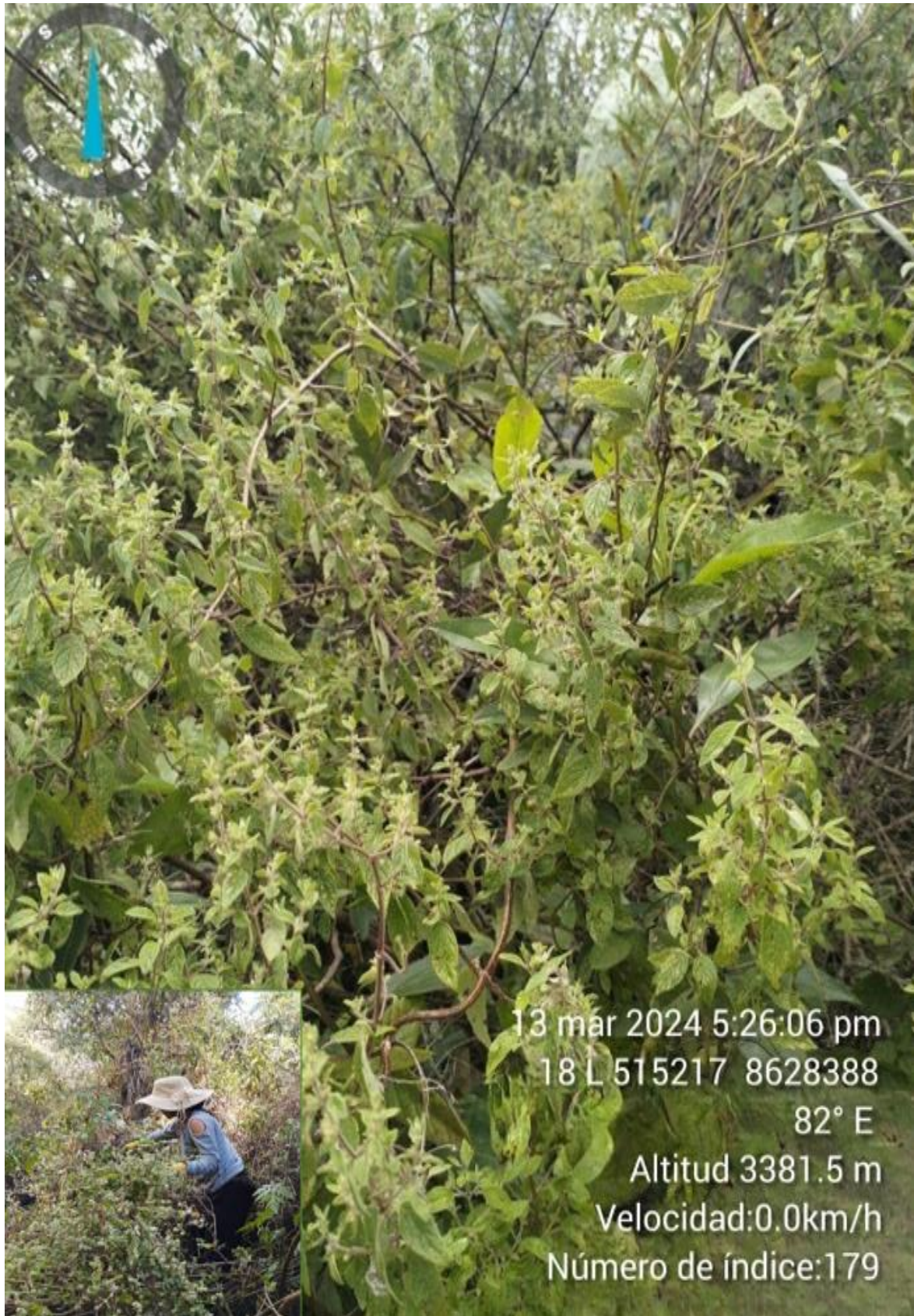
Fotografía 1. Recolección de la muña (*Minthostachys mollis*) de la Comunidad de San Luis de Estanque ubicado a 2867 m.s.n.m.

Anexo 2. Constancia de identificación botánica de la muestra procedente de San Luis de Estanque lo cual fue identificada en el Museo de Historia Natural UNMSM en Lima-Perú.

		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA) MUSEO DE HISTORIA NATURAL	
“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”			
CONSTANCIA N° 063-USM-MHN-2024			
LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:			
La muestra vegetal (fértil) recibida de Luz Clarita Seguil Gonzales , egresada de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja ha sido estudiada y clasificada como: <i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb. var. <i>mollis</i> y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).			
ORDEN : Lamiales Bromhead			
FAMILIA : Lamiaceae Martinov			
GÉNERO : <i>Minthostachys</i> (Benth.) Spach			
ESPECIE : <i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb.			
VARIEDAD: <i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb. var. <i>mollis</i>			
Nombre vulgar: “Muña 1”			
Procedencia: Comunidad de San Luis de Estanque, ubicado a 2867 m.s.n.m., perteneciente al distrito de Colcabamba, provincia Tayacaja, región Huancavelica.			
Determinado por: Dra. Joaquina Albán Castillo.			
Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.			
Lima, 20 de marzo de 2024			
			
			
Dra. <u>Joaquina Albán Castillo</u>			
JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)			
<hr/>			
Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Perú Código postal Lima 15072	Celular: +51 947 245 652 Lunes a Viernes 8:00 - 15:45	e-mail: herbariousm@unmsm.edu.pe https://museohn.unmsm.edu.pe/herbario.html	

Fotografía 2. Muña (*Minthostachys mollis*) procedente de la comunidad de San Luis de Estanque.

Anexo 3. Muña (*Minthostachis mollis*) de la comunidad de la comunidad de Viñas.



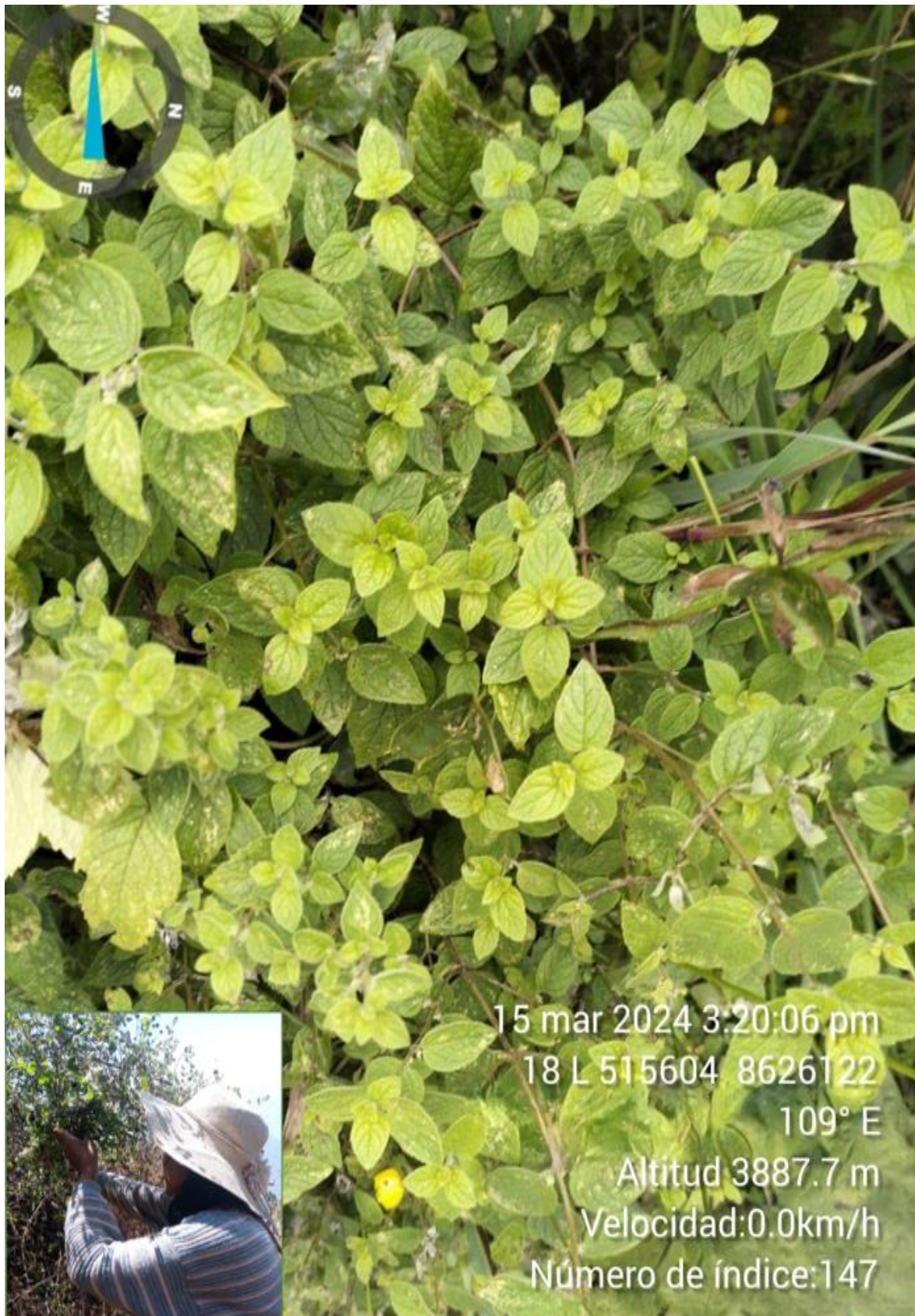
Fotografía 3. Recolección de la muña (*Minthostachis mollis*) de la Comunidad de San Luis de Estanque ubicado a 3381 msnm.

Anexo 4. Constancia de identificación botánica de la muestra procedente de Viñas lo cual fue identificada en el Museo de Historia Natural UNMSM en Lima-Perú.

		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA) MUSEO DE HISTORIA NATURAL	
<p>“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”</p>			
<p>CONSTANCIA N° 064-USM-MHN-2024</p>			
<p>LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:</p>			
<p>La muestra vegetal (fértil) recibida de Luz Clarita Seguil Gonzales, egresada de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja ha sido estudiada y clasificada como: <i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb. var. <i>mollis</i> y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).</p>			
<p>ORDEN : Lamiales Bromhead</p>			
<p>FAMILIA : Lamiaceae Martinov</p>			
<p>GÉNERO : <i>Minthostachys</i> (Benth.) Spach</p>			
<p>ESPECIE : <i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb.</p>			
<p>VARIEDAD: <i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb. var. <i>mollis</i></p>			
<p>Nombre vulgar: “Muña 2”</p>			
<p>Procedencia: Comunidad de Viñas ubicado a 3381 m.s.n.m., perteneciente al distrito de Pampas, provincia Tayacaja, región Huancavelica.</p>			
<p>Determinado por: Dra. Joaquina Albán Castillo.</p>			
<p>Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.</p>			
<p>Lima, 20 de marzo de 2024</p>			
<p>  Dra. <u>Joaquina Albán Castillo</u></p>			
<p>JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)</p>			
<hr/>			
Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Perú Código postal Lima 15072	Celular: +51 947 245 652 Lunes a Viernes 8:00 - 15:45	e-mail: herbariousm@unmsm.edu.pe https://museohn.unmsm.edu.pe/herbario.html	



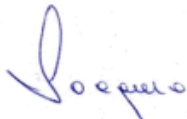

Fotografía 4. Muña (*Minthostachys mollis*) procedente de la comunidad de Viñas.

Anexo 5. Muña (*Minthostachis mollis*) de la comunidad de San Carlos.



Fotografía 5. Recolección de la muña (*Minthostachis mollis*) de la Comunidad de San Luis de Estanque ubicado a 3887 m.s.n.m.

Anexo 6. Constancia de identificación botánica de la muestra procedente de San Carlos lo cual fue identificada en el Museo de Historia Natural UNMSM en Lima-Perú.

		UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)	
MUSEO DE HISTORIA NATURAL			
<p>“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”</p>			
CONSTANCIA N° 064-USM-MHN-2024			
<p>LA JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM) DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS, DEJA CONSTANCIA QUE:</p>			
<p>La muestra vegetal (fértil) recibida de Luz Clarita Seguil Gonzales, egresada de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja ha sido estudiada y clasificada como: <i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb. var. <i>mollis</i> y tiene la siguiente posición taxonómica, según el Sistema de Clasificación APG IV (2016).</p>			
<p>ORDEN : Lamiales Bromhead</p>			
<p>FAMILIA : Lamiaceae Martinov</p>			
<p>GÉNERO : <i>Minthostachys</i> (Benth.) Spach</p>			
<p>ESPECIE : <i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb.</p>			
<p>VARIEDAD: <i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb. var. <i>mollis</i></p>			
<p>Nombre vulgar: “Muña 2”</p>			
<p>Procedencia: Comunidad de Viñas ubicado a 3381 m.s.n.m., perteneciente al distrito de Pampas, provincia Tayacaja, región Huancavelica.</p>			
<p>Determinado por: Dra. Joaquina Albán Castillo.</p>			
<p>Se extiende la presente constancia a solicitud de la parte interesada, para los fines que estime conveniente.</p>			
<p>Lima, 20 de marzo de 2024</p>			
			
			
<p>Dra. <u>Joaquina Albán Castillo</u></p>			
<p>JEFA DEL HERBARIO SAN MARCOS (USM)</p>			
<hr/>			
Av. Arenales 1256, Jesús María, Lima, Perú Código postal Lima 15072	Celular: +51 947 245 652 Lunes a Viernes 8:00 - 15:45	e-mail: herbariousm@unmsm.edu.pe https://museohn.unmsm.edu.pe/herbario.html	

Fotografía 6. Muña (*Minthostachys mollis*) procedente de la comunidad de San Carlos.

Anexo 7. Determinación de humedad de las muestras.



Fotografía 7. Las muestras fueron colocadas en placas petri



Fotografía 8. Analisis de de la humedad utilizando termobalanza



Fotografía 9. Analisis de de la humedad utilizando estufa

Anexo 8. Aplicación de nitrógeno comprimido a cada una de las muestras.



Fotografía 10. Se roceo a los frascos antes y despues despues de colocar las muestras.



Fotografía 11. Balon de nitrógeno comprimido utilizado.

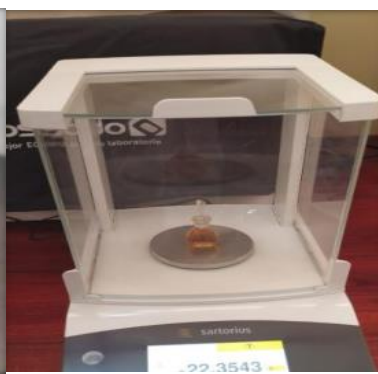
Anexo 9. Determinación de la densidad relativa del aceite esencial de *Minthostachis mollis*



Fotografía 12. Con una micropipeta se colocó aceite en el picnómetro.



Fotografía 13. Agua y aceite esencial en el picnómetro.





Fotografía 14. Peso del picnómetro más AE.

Anexo 10. Autorización para la colecta de muña de la comunidad de San Luis de Estanque (altitud 1).

AUTORIZACIÓN PARA LA COLECTA DE MUÑA DE LA COMUNIDAD DE
SAN LUIS DE ESTANQUE

Yo, Elias Gonzales Amancay..... identificado con DNI
N° 45242756, en mi condición de presidente de la comunidad San Luis de
Estanque, perteneciente al distrito de Colcabamba, departamento Huancavelica,
declaro la autorización a la señorita Luz clarita Seguil Gonzales, identificado con
DNI 71376038, con domicilio en Jr. Huáscar N° 35 - Daniel Hernández, para la
colecta de muña de la comunidad de Estanque con el fin de llevar a cabo su
proyecto de tesis titulado "Influencia de la altitud en el rendimiento del aceite
esencial y perfil de compuestos volátiles de la muña (*Minthostachys mollis*). Así
mismo declaro que toda la información registrada en el presente documento es
veraz.

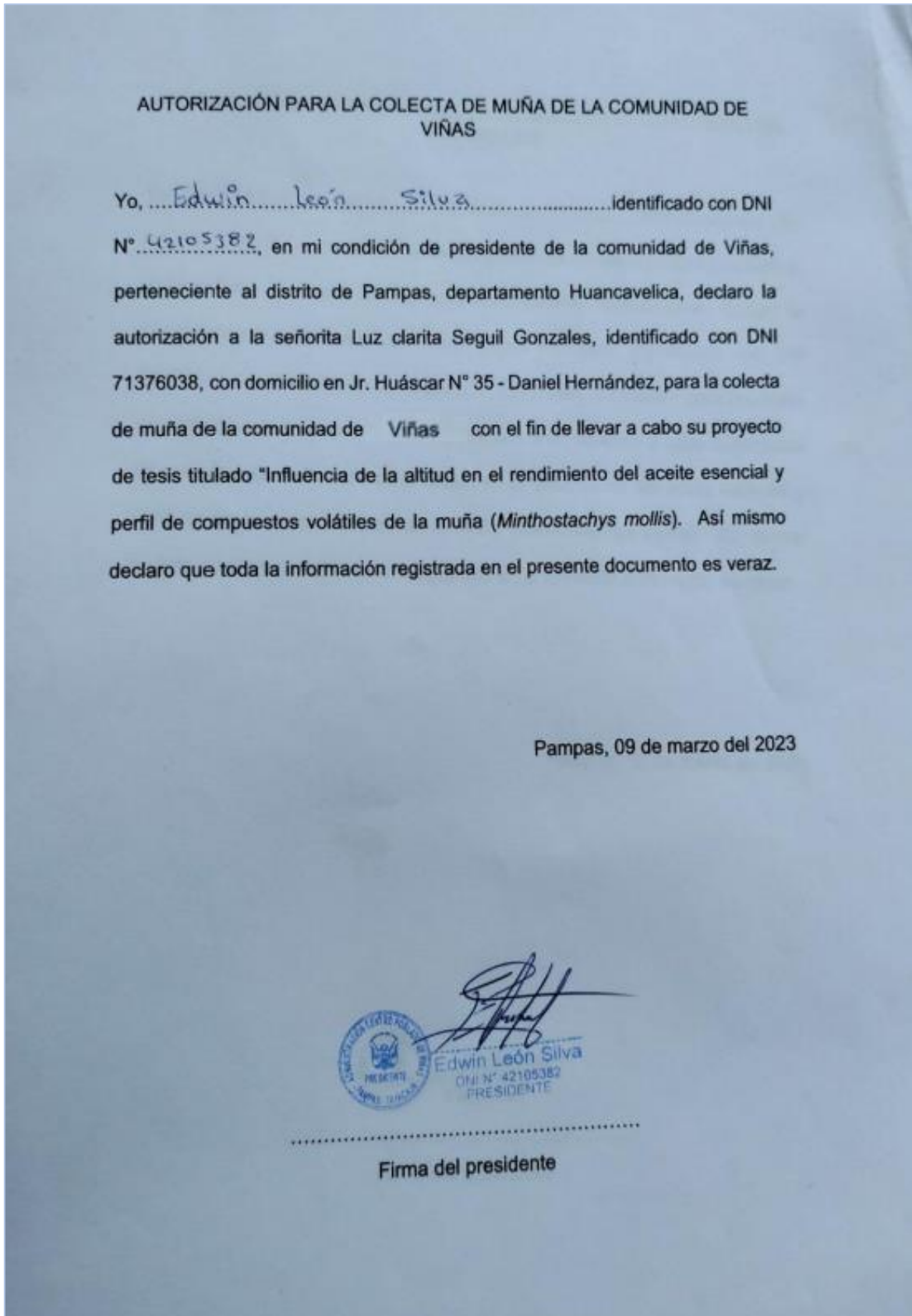
Pampas, 09 de marzo del 2023

 
Elias Gonzales Amancay
DNI: 45242756
PRESIDENTE

Firma del presidente

Fotografía 15. Firma del presidente Sr. Elías Gonzales Amancay.

Anexo 11. Autorización para la colecta de muña de la comunidad de Viñas (altitud 2).





Fotografía 16. Firma del presidente Sr. Edwin León Silva

Anexo 12. Autorización para la colecta de muña de la comunidad de San Carlos (altitud 3).

AUTORIZACIÓN PARA LA COLECTA DE MUÑA DE LA COMUNIDAD DE
SAN CARLOS

Yo, Serapio Asto Ayuque.....identificado con DNI
N° 41370008., en mi condición de presidente de la comunidad de San Carlos,
perteneciente al distrito de Pampas, departamento Huancavelica, declaro la
autorización a la señorita Luz clarita Seguil Gonzales, identificado con DNI
71376038, con domicilio en Jr. Huáscar N° 35 - Daniel Hernández, para la colecta
de muña de la comunidad de San Carlos con el fin de llevar a cabo su proyecto
de tesis titulado "Influencia de la altitud en el rendimiento del aceite esencial y
perfil de compuestos volátiles de la muña (*Minthostachys mollis*). Así mismo
declaro que toda la información registrada en el presente documento es veraz.

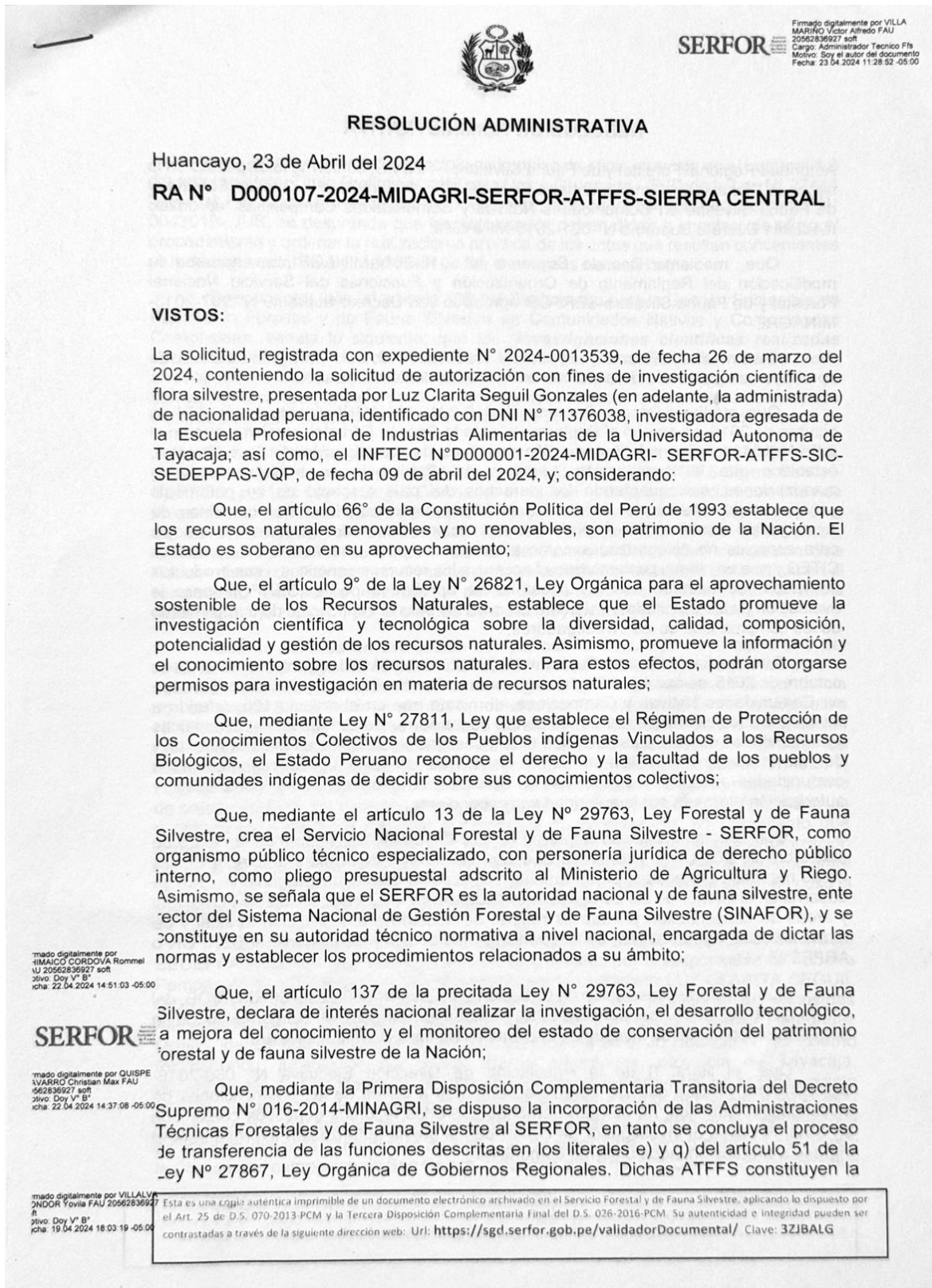
Pampas, 12 de marzo del 2023

 
Asto Serapio
DNI N° 41370008
PRESIDENTE

.....
Firma del presidente

Fotografía 17. Firma del presidente Sr. Serapio Asto Ayuque.

Anexo 13. Autorización emitida por SERFOR para la colecta de muña con fines de investigación.



Fotografía 18. Resolución administrativa aprobada para la colecta de muña.

Anexo 14. Analisis estadístico para la humedad de las muestras.

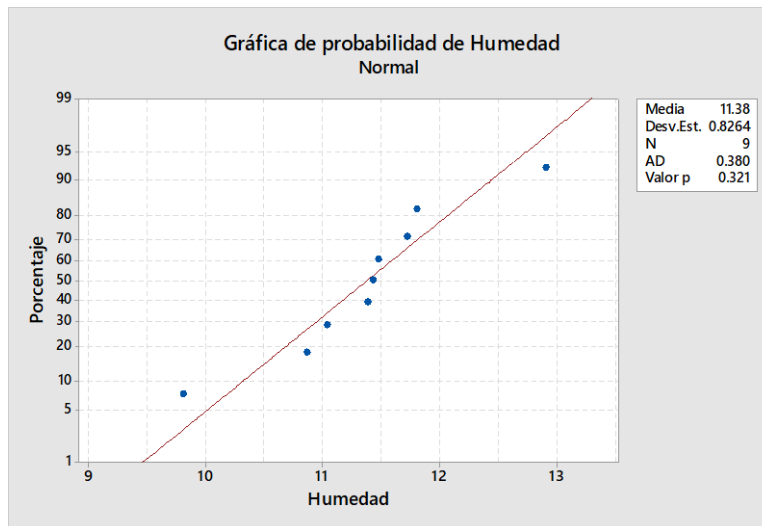
Anova

Humedad					
Fuente	GL	SC. Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Altitud	2	0.3260	0.1630	0.19	0.831
Error	6	5.1379	0.8563		
Total	8	5.4639			

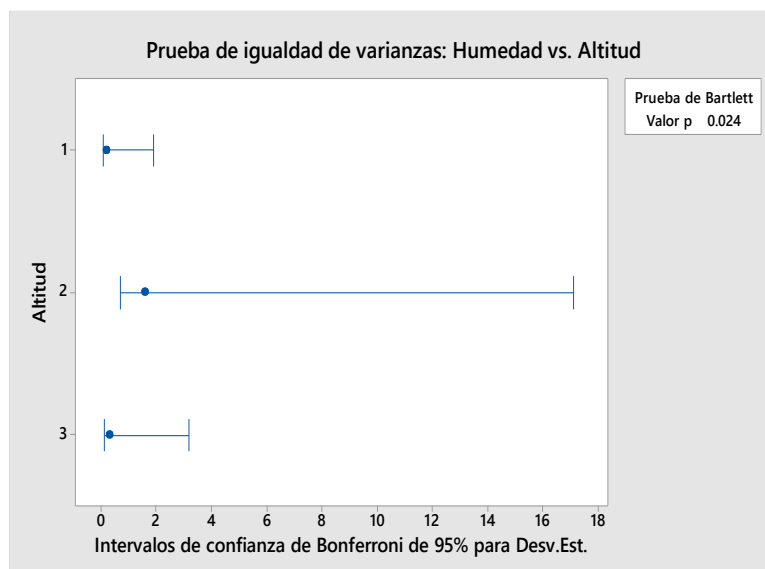
Prueba de comparación múltiple Tukey

Humedad			
1	3	11.523	A
2	3	11.503	A
3	3	11.110	A

Analisis de homogeneidad de varianzas



Analisis de normalidad de errores



Anexo 15. Analisis estadístico para el rendimiento de AE

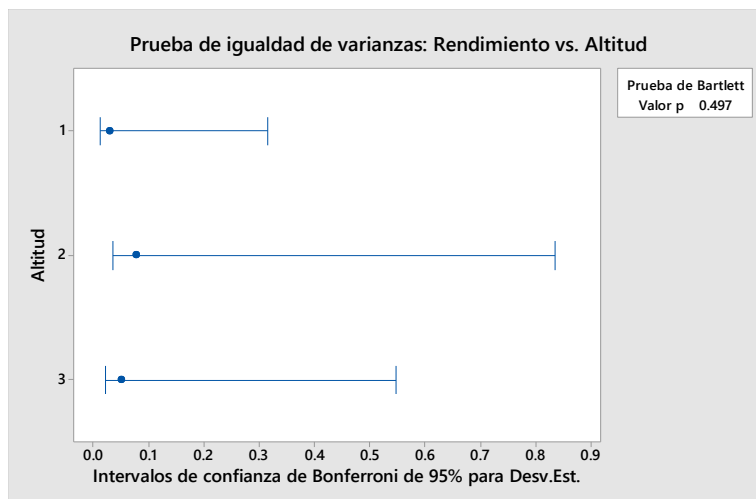
Anova

Rendimiento del aceite esencial					
Fuente	GL	SC. Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Altitud	2	0.12056	0.60278	31.00	0.001
Error	6	0.01167	0.001944		
Total	8	0.13222			

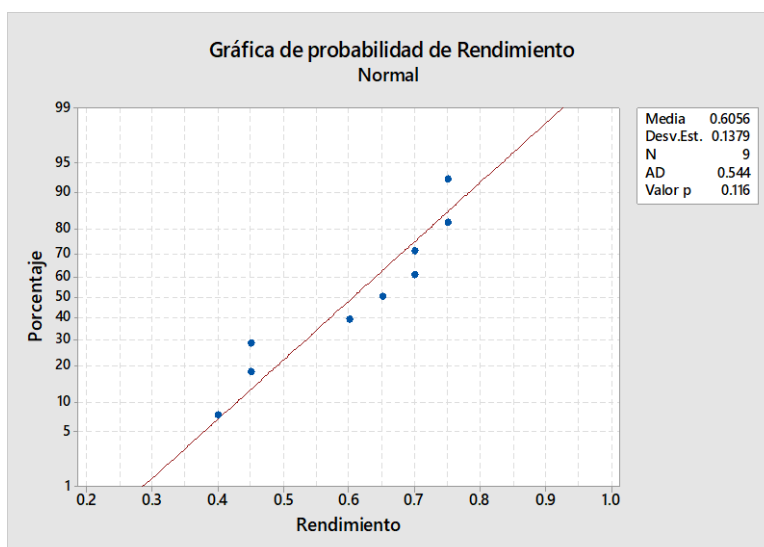
Prueba de comparación múltiple Tukey

Rendimiento del aceite esencial					
	3	3	0.7000	A	
	2	3	0.6500	A	
	1	3	0.4333		B

Analisis de homogeneidad de varianzas



Analisis de normalidad de errores



Anexo 16. Analisis estadístico para la densidad relativa del AE

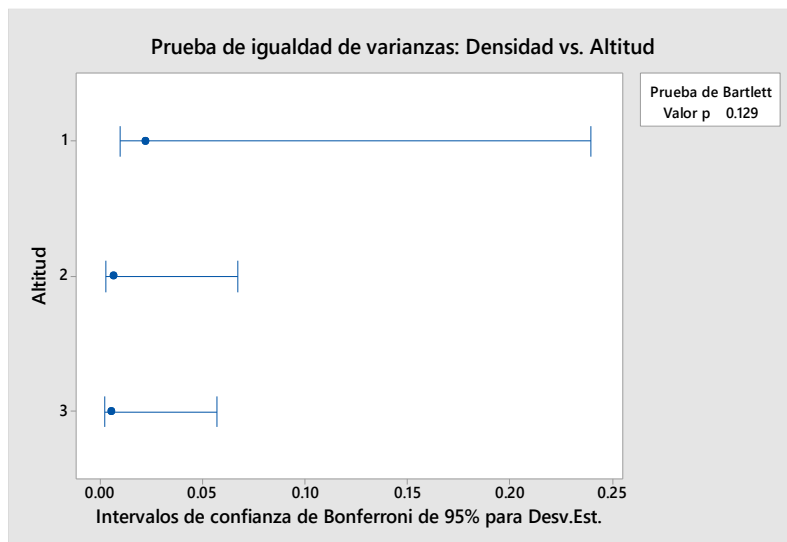
Anova

Densidad relativa					
Fuente	GL	SC. Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Altitud	2	0.000228	0.000114	0.63	0.565
Error	6	0.001091	0.000182		
Total	8	0.001319			

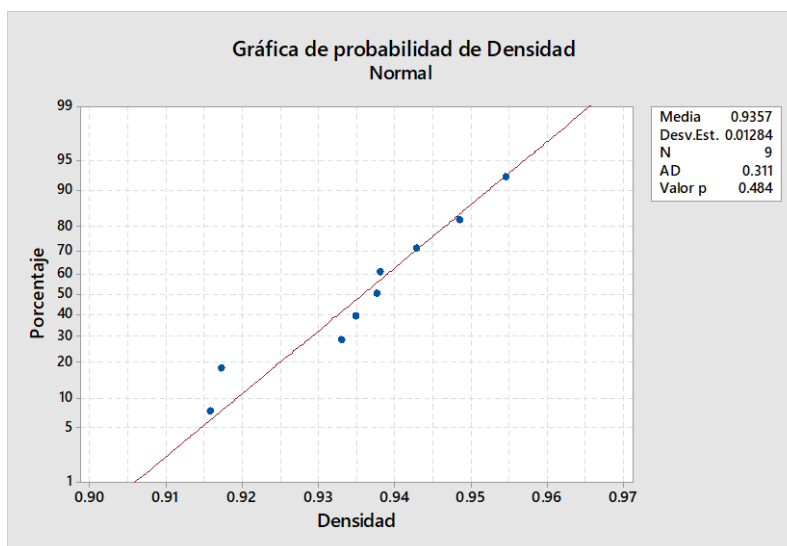
Prueba de comparación múltiple Tukey

Densidad relativa			
2	3	0.94130	A
3	3	0.93680	A
1	3	0.92910	A

Analisis de homogeneidad de varianzas



Analisis de normalidad de errores



Anexo 17. Analisis estadístico para el índice de refracción del AE

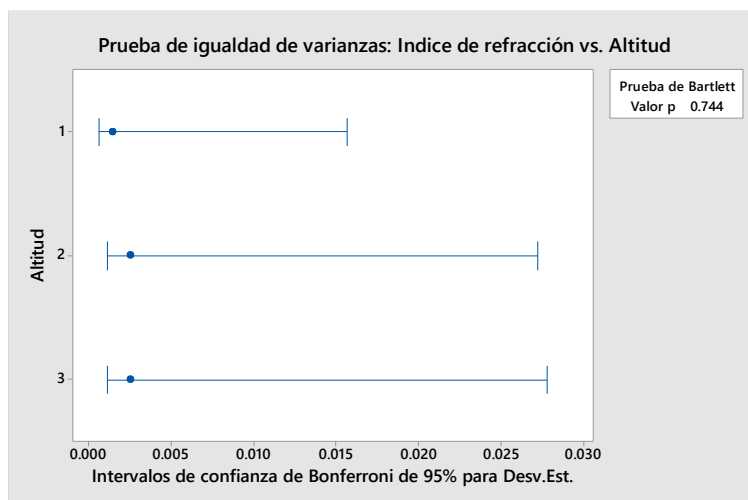
Anova

Índice de refracción					
Fuente	GL	SC. Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor P
Altitud	2	0.000128	0.000064	13.06	0.007
Error	6	0.000029	0.000005		
Total	8	0.000157			

Prueba de comparación múltiple Tukey

Índice de refracción					
3	3	1.48041	A		
2	3	1.47286		B	
1	3	1.47202		B	

Analisis de homogeneidad de varianzas



Analisis de normalidad de errores

