



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

**“EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE
CÁÑAMO (*Cannabis sativa*), CON SOLVENTES ORGÁNICOS PARA
USO AGRÍCOLA”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**Línea de investigación: Gestión, producción, productividad, innovación y
desarrollo socioeconómico**

AUTOR:

JHOSELYN MARIBEL PUPIALES CACUANGO

DIRECTOR:

ING. JIMMY NUÑEZ PÉREZ MSc.

Ibarra – Ecuador 2026



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004213391		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pupiales Cacuango Jhoselyn Maribel		
DIRECCIÓN:	Ibarra – La Esperanza		
EMAIL:	jmpupialesc1@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0980534236

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación del método de extracción de aceite de cáñamo (<i>Cannabis sativa</i>), con solventes orgánicos para uso agrícola
AUTOR (ES):	Pupiales Cacuango Jhoselyn Maribel
FECHA: DD/MM/AAAA	03/03/2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agroindustrial
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Jimmy Nuñez Pérez MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 03 días del mes de marzo de 2026

EL AUTOR:

Pupiales Cacuango Jhoselyn Maribel

C.I:1004213391

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, 03 de marzo de 2026

Ing. Jimmy Nuñez Pérez MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte, en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f).....

Ing. Jimmy Nuñez Pérez MSc.

C.I: 1756606339

APROBACIÓN DELCOMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador del trabajo de integración Curricular titulado “Evaluación del método de extracción de aceite de cáñamo (*Cannabis sativa*), con solventes orgánicos para uso agrícola”, elaborado por Pupiales Cacuango Jhoselyn Maribel, como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, aprueba el presente informe de investigación en representación de la Universidad Técnica del Norte.

(f).....

Ing. Jimmy Nuñez Pérez MSc.

C.I: 1756606339

(f).....

Ing. José Manuel País Chanfrau PhD.

C.I: 0959747320

PRESENTACIÓN

Yo, JHOSELYN MARIBEL PUIPIALES CACUANGO como autora de la Tesis Titulada **“EVALUACIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CÁÑAMO (*Cannabis sativa*), CON SOLVENTES ORGÁNICOS PARA USO AGRÍCOLA”**, me hago responsable de los resultados, discusión, conclusiones y demás parte de la investigación; y pongo este documento como fuente de apoyo para consultas dirigidas a todos los estudiantes.

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte por brindarme la formación académica y las herramientas necesarias para mi desarrollo profesional y crecimiento personal a lo largo de la carrera.

Mi profundo reconocimiento a mi tutor y asesor de tesis, por su guía, orientación constante, paciencia y valiosos aportes, que hicieron posible la culminación exitosa de este trabajo de investigación.

A mis docentes, gracias por compartir sus conocimientos y experiencias, los cuales fueron fundamentales para mi crecimiento académico.

A mis padres y hermanos, por su amor, sacrificio y apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, siendo el pilar fundamental para alcanzar esta meta.

A mi círculo social, quienes de manera directa o indirecta formaron parte de esta etapa estudiantil, gracias por sus palabras de aliento en los momentos de dificultad y por su apoyo oportuno cuando más lo necesité.

Jhoselyn Pupiales Cacuango

DEDICATORIA

Agradezco, en primer lugar, a Dios, por la vida, la salud, la fortaleza y el valor que me concedió para afrontar cada obstáculo académico y personal. Por darme la fuerza en aquellos días de desesperación en los que dudé de mí misma y por levantarme una y otra vez frente a situaciones que no comprendía, pero que formaron parte de mi crecimiento.

A mis padres, Delia Cacuango y Daniel Pupiales, por su apoyo incondicional, su esfuerzo constante y por creer en mí incluso cuando el camino parecía difícil. Su sacrificio y amor han sido el pilar fundamental para alcanzar esta meta.

A mis hermanos, Sonia y Andrés, por ser ejemplo, apoyo emocional y compañía en los días de estrés. Gracias por sus palabras de aliento y por motivarme a seguir adelante, incluso en los momentos más desafiantes.

A esos seres que no pueden hablar, pero que con solo mover su colita me esperaban cada noche, brindándome amor incondicional y convirtiendo los días más ajetreados en momentos de paz y tranquilidad.

Hoy comprendo que cada dificultad fue parte del proceso y que este logro no es solo mío, sino de todos quienes caminaron conmigo en esta etapa de mi vida; representa el esfuerzo, la dedicación y la determinación de no rendirme ante las adversidades.

Jhoselyn Pupiales Cacuango

ÍNDICE

RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Problema	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Hipótesis	4
1.4.1 Hipótesis nula	4
1.4.2 Hipótesis alternativa	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Historia del <i>Cannabis</i>	5
2.2 Producción y cultivo del cáñamo.....	5
2.3 Regulaciones internacionales, regionales	6
2.4 Marco normativo en Ecuador	7
2.4.1 Tipos de licencias.....	7
2.5 Cáñamo Industrial (<i>Cannabis sativa</i> L.)	8
2.5.1 Requerimientos climáticos en el cultivo	9
2.5.2 Taxonomía	9
2.5.3 Variedad Cherry Oregon.....	10
2.6 Compuestos bioactivos	10
2.7 Descarboxilación	11
2.8 Métodos de extracción.....	12
2.8.1 Soxhlet	13
2.8.2 Maceración dinámica.....	14
2.8.3 Extracción con fluidos supercríticos	14
2.8.4 Extracción asistida por microondas	14
2.8.5 Extracción asistida por ultrasonido	15
2.8.6 Extracción con líquido presurizado	15
2.9 Análisis de los aceites esenciales.....	15

2.9.1 Cromatografía de gases (GC)	15
2.9.2 Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)	16
2.10 Solventes orgánicos	17
2.11 Clasificación de productos derivados de <i>Cannabis sativa</i> según el órgano vegetal....	18
2.11.1 Flores e Inflorescencias	18
2.11.2 Semillas.....	19
2.11.3 Hojas	19
2.11.4 Tallos, raíz y resina.....	20
2.12 Requerimiento en la agricultura de los componentes bioactivos	21
2.13 Actividad insecticida.....	21
2.14 Caracterización del extracto	22
2.14.2 Densidad absoluta	22
2.14.3 Índice de refracción	23
CAPÍTULO III	24
MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1 Tipo de investigación.....	24
3.2 Ubicación del lugar.....	24
3.3 Materiales, equipos y software	24
3.4 Procedimiento de la investigación.....	25
3.4.1 Estandarización de la materia prima	25
3.4.2 Evaluación del rendimiento de extracción con el uso de distintos solventes orgánicos.....	26
3.4.3 Análisis de la calidad del aceite extraído, según sus propiedades fisicoquímicas.	28
3.5 Método de procesamiento.....	29
3.5.1 Diagrama de flujo de la extracción de aceite esencial de cáñamo.....	30
3.5.2 Descripción del proceso.....	30
CAPÍTULO IV	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1 Caracterización de la materia prima estandarizada	34
4.2 Rendimiento de extracción de aceite de cáñamo.....	35
4.1 Análisis del extracto del aceite esencial del <i>Cannabis sativa</i>	38
4.1.1 Caracterización organoléptica.....	38
4.1.2 Determinaciones físicas	39
4.1.3 Determinaciones químicas	43

CAPÍTULO V	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1 Conclusiones.....	46
5.2 Recomendaciones	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica	10
Tabla 2 Materiales y equipos utilizados	25
Tabla 3 Descripción de niveles de factor A	26
Tabla 4 Descripción de niveles del factor B.....	26
Tabla 5 Descripción de tratamientos a evaluarse	27
Tabla 6 Caracterización fisicoquímica	29
Tabla 7 Rendimiento del acondicionamiento previo a la extracción	34
Tabla 8 Rendimiento de extracción por tratamiento	35
Tabla 9 Propiedades organolépticas	38
Tabla 10 Densidad por tratamiento	39
Tabla 11 Índice de refracción de los tratamientos.....	42
Tabla 12 Perfil terpénico del extracto de cannabis.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Conversión estructural de cannabinoides ácidos a sus formas neutras.....	12
Figura 2 Equipo de extracción Soxhlet	13
Figura 3 Partes de la planta del Cannabis	20
Figura 4 Diagrama de flujo del proceso	30
Figura 5 Cábamo previo a la descarboxilación	31
Figura 6 Proceso de descarboxilación.....	31
Figura 7 Almacenado del material para la extracción.....	32
Figura 8 Pesado de la inflorescencia.....	32
Figura 9 Separación del extracto.....	33
Figura 10 Evaluación de los supuestos del modelo ANOVA para el rendimiento.....	36
Figura 11 Porcentaje de rendimiento de extracción por tratamiento	36
Figura 12 Evaluación de los supuestos del modelo ANOVA para la densidad.....	40
Figura 13 Comparación de las densidades del extracto	41
Figura 14 Evaluación de los supuestos del modelo ANOVA para el índice de refracción	42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Certificado de análisis de terpenos	56
Anexo 2 Extracto con solvente y extracto puro	68
Anexo 3 Determinación del Índice de refracción	68
Anexo 4 Tallos retirados de la inflorescencia	68

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Rendimiento del extracto (%).....	28
Ecuación 2 Densidad absoluta.....	29

RESUMEN

El uso intensivo de pesticidas sintéticos en la agricultura ha generado impactos ambientales y riesgos para la salud, lo que ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles basadas en compuestos bioactivos de origen vegetal. En este contexto, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia del método de extracción de aceite de cáñamo (*Cannabis sativa* L.) mediante solventes orgánicos para su potencial aplicación agrícola. Se desarrolló un estudio experimental con diseño completamente al azar y arreglo factorial 2×3, considerando como factores el tipo de solvente (etanol 96% y acetato de etilo) y el número de ciclos de extracción (4, 8 y 12) mediante el método Soxhlet. Se determinó el rendimiento de extracción y se evaluaron propiedades organolépticas y fisicoquímicas como densidad, índice de refracción y perfil terpénico. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA). Los resultados evidenciaron efectos significativos del tipo de solvente, del número de ciclos y de su interacción sobre el rendimiento de extracción ($p < 0.05$). El etanol presentó los mayores valores a partir de ocho ciclos, alcanzando un rendimiento máximo de 20.87%. Las propiedades fisicoquímicas se ubicaron dentro de rangos reportados para extractos de cannabis y el perfil terpénico confirmó la presencia de compuestos asociados a actividad biológica. Se concluye que la extracción Soxhlet con etanol y un mayor número de ciclos optimiza la recuperación de compuestos bioactivos del cáñamo. Las variables evaluadas influyen significativamente en la eficiencia del proceso, y la técnica constituye una alternativa viable para el aprovechamiento agroindustrial del cáñamo con fines agrícolas.

Palabras clave: *Cannabis sativa*, extracción Soxhlet, etanol, acetato de etilo, rendimiento, biopesticida.

ABSTRACT

The intensive use of synthetic pesticides in agriculture has generated environmental impacts and health risks, promoting the search for sustainable alternatives based on plant-derived bioactive compounds. In this context, the present study aimed to evaluate the efficiency of hemp oil extraction (*Cannabis sativa* L.) using organic solvents for potential agricultural application. An experimental study was conducted under a completely randomized 2×3 factorial design, considering solvent type (96% ethanol and ethyl acetate) and number of extraction cycles (4, 8, and 12) using the Soxhlet method. Extraction yield was determined, and organoleptic and physicochemical properties including density, refractive index, and terpene profile were evaluated. Data were analyzed through analysis of variance (ANOVA). The results showed significant effects of solvent type, extraction cycles, and their interaction on yield ($p < 0.05$). Ethanol achieved the highest yields from eight cycles onward, reaching a maximum value of 20.87%. Physicochemical properties were within reported ranges for cannabis extracts, and the terpene profile confirmed the presence of biologically active compounds. It is concluded that Soxhlet extraction using ethanol and a higher number of cycles optimizes the recovery of bioactive compounds from hemp. The evaluated variables significantly influence extraction efficiency, and the method represents a viable alternative for agroindustrial hemp valorization in agricultural applications.

Keywords: *Cannabis sativa*, Soxhlet extraction, ethanol, ethyl acetate, extraction yield, biopesticide.

LISTA DE SIGLAS

THCA: Ácido tetrahidrocannabinólico

CBDA: Ácido cannabidiólico

THC: Δ^9 -tetrahidrocannabinol

CBD: Cannabidiol

CBG: Cannabigerol

CBN: Cannabinol

CBC: Cannabicromeno

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la extracción asistida por microonda de aceite esencial de cáñamo, obtienen el material vegetal de inflorescencia que fueron secados en la oscuridad a 20 °C y 50% de humedad relativa hasta alcanzar un peso constante (Fiorini et al., 2020) para evitar reacciones de fotooxidación y la pérdida de compuestos volátiles, se trituraron y se pasaron por un tamiza de 1 mm de diámetro (Pieracci et al., 2023).

Según (Benelli et al., 2018a, 2018b) investigaron el aceite esencial de subproductos del cáñamo industrial (*Cannabis sativa* L.) como herramienta eficaz para el control de plagas de insectos en cultivos orgánicos en el cual el aceite estuvo dominado por dos grupos principales de componentes, a saber, hidrocarburos monoterpénicos (54.0%) e hidrocarburos sesquiterpénicos (44.2%). En general, los componentes más abundantes que exhibieron valores porcentuales superiores al 10% fueron (E)-cariofileno (23.8%), α -pineno (16.4%) y mirceno (14.2%), que juntos representaron más de la mitad de la composición del aceite. Otros componentes que se encontraron en cantidades notables fueron terpinoleno (9.6%), α -humuleno (8.3%), β -pineno (5.2%), (E)- β -oci-meno (5.1%) y (E)- β -farneseno (3.0%). En dicho estudio mencionan que los cannabinoides casi no estuvieron presentes en esta muestra de aceite; solo estuvieron representados por el cannabidiol (0.1%). Los autores en sus resultados demuestran que el aceite esencial puede actuar como un buen pesticida verde particularmente contra pulgones y moscas domésticas.

En otro estudio realizado por (Mazzara et al., 2023) titulado aceite esencial de cáñamo (*Cannabis sativa* cv. Kompolti) y su nanoemulsión: perspectivas de desarrollo de insecticidas e impacto en microcrustáceos no objetivo, se identificaron un total de 44 constituyentes, que representan el 98.1% de la composición química total. El sesquiterpeno (E)-cariofileno representó el compuesto más abundante (20.4%), aunque la clase predominante en este aceite esencial fue la de los monoterpenos. Entre ellos, los más representativos fueron el mirceno (18.9%), el α -pineno (16.9%), el terpinoleno (8.1%) y el β -pineno (6.7%). Otros monoterpenos menores fueron el limoneno y el (E)- β -ocimeno, que representaron el 4.4% y el 3.2% de todo el perfil químico, respectivamente. Los otros componentes pertenecientes a esta fracción representaron el 0.3% como máximo. Además del (E)-cariofileno, se detectaron otros sesquiterpenos, especialmente el α -humuleno (6.1%), el óxido de cariofileno (3.6%), la selina-

3,7(11)-dieno (1.8%), el β -selineno (1.4%) y el α -selineno (1.1%). Los sesquiterpenos restantes se encontraron en cantidades insignificantes (no más del 0.8%). Los cannabinoides faltaron casi por completo, solo se detectó un bajo contenido de cannabidiol (CBD) (0.2%), el presente trabajo demostró por primera vez la eficacia del aceite esencial Kompolti y nanoemulsión contra larvas *Cx. quinquefasciatus*. Además, los ensayos de toxicidad no objetivo mostraron un impacto limitado en el microcrustáceo acuático *D. magna*.

1.1 Problema

En la actualidad, en el ámbito agrícola, se han utilizado cerca de 2 millones de toneladas de pesticidas al año en todo el mundo para resguardar las cosechas y mejorar la productividad. Sin embargo, el uso descontrolado y excesivo de los pesticidas químicos causa daños a largo plazo; entre ellos está la contaminación del suelo y las fuentes de agua, poniendo en riesgo la salud humana y el medio ambiente (Sharma et al., 2019). Estos efectos negativos han causado alarma y han llevado a buscar alternativas sostenibles y menos tóxicas para el control de plagas.

En este sentido, los productos derivados del cáñamo industrial, especialmente sus aceites esenciales, han ganado atención por sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, las cuales los convierten en ingredientes activos potenciales en la elaboración de biopesticidas (Crini et al., 2020; Mikulcová et al., 2017).

Pese a su prometedor potencial, el cáñamo no psicoactivo (con <1% de THC) y junto con sus derivados como los aceites y extractos, aún necesitan una evaluación rigurosa para ser implementados satisfactoriamente en el sector agroquímico. Estos productos se caracterizan por su alto contenido en cannabinoides, terpenos y otros compuestos bioactivos; por tal razón, proporcionan una opción viable para reemplazar los pesticidas convencionales (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2020, art. 3). Sin embargo, se necesita investigar métodos eficaces y sostenibles para la extracción rentable de estos compuestos, asegurando la conservación de sus propiedades y su eficacia como biopesticidas.

La extracción con solventes orgánicos tiende a ser un método mayormente empleado en investigaciones, permite obtener aceites de cáñamo con las características deseadas, la eficiencia, la calidad y la viabilidad son factores que deberán ser evaluadas rigurosamente. En referencia a lo dicho, el objetivo de esta investigación es estudiar el método de extracción

Soxhlet para determinar su capacidad de producción con propiedades pesticidas adecuadas para el uso agrícola y antioxidantes para poder garantizar la estabilidad y calidad del producto, contribuyendo a la búsqueda de alternativas más ecológicas y menos perjudiciales para el medio ambiente y la salud pública.

1.2 Justificación

En Ecuador a partir del año 2020, se encuentra regulado el cannabis no psicoactivo o cáñamo para uso industrial como lo refiere el artículo 1 del Acuerdo Ministerial N.º 109 emitido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería: esta normativa permite actividades como importación, siembra, cultivo, cosecha, post cosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, comercialización y exportación de esta especie. En este contexto, se abre la posibilidad de aprovechar el cáñamo como materia prima en actividades de investigación y desarrollo agroindustrial.

La oleoresina secretada por los tricomas glandulares del cannabis ha evolucionado como una defensa química contra los insectos, según lo expuesto por (Potter, 2009). Estudio de (Isman y Machial, 2006) destaca que el uso de pesticidas botánicos ha contribuido a la disminución de la demanda de agroquímicos convencionales para el control de insectos y plagas agrícolas.

Señalan Benelli et al. (2018a, 2018b) que la fracción volátil de la oleoresina está compuesta principalmente por hidrocarburos monoterpénicos y sesquiterpénicos con estructuras químicas variables (lineales, monocíclicas y bicíclicas), bajo peso molecular y elevada hidrofobicidad. Estas propiedades favorecen su penetración en la superficie del insecto, su difusión en el cuerpo y su ingreso a las células, lo que refuerza su efectividad como defensa natural.

En concordancia con lo manifestado por varios autores, quienes afirman que “el verdadero progreso es el que pone la sostenibilidad en el centro de la productividad”, este estudio pretende brindar al sector agrícola una alternativa sostenible para el control biológico de plagas mediante el uso de aceite de cáñamo. De este modo, se busca minimizar el empleo de agroquímicos y promover prácticas agrícolas más responsables y amigables con el medio ambiente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar el método de extracción de aceite de cáñamo (*Cannabis sativa*), con solventes orgánicos para uso agrícola.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estandarizar la materia prima.
- Evaluar el rendimiento de extracción con el uso de distintos solventes orgánicos.
- Analizar la calidad del aceite extraído, según sus propiedades fisicoquímicas.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis nula

El tipo de solvente y su relación soluto-solvente no influye en el rendimiento de la extracción del aceite de cáñamo.

1.4.2 Hipótesis alternativa

El tipo de solvente y su relación soluto-solvente influye en el rendimiento de la extracción del aceite de cáñamo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del *Cannabis*

El cannabis ha sido identificado en China desde tiempos neolíticos, con una historia de cultivo que abarca aproximadamente hace 6000 años con evidencias arqueológicas únicas en la región (Li, 1974). Siendo una de las primeras plantas domesticadas por el ser humano, se utilizaron principalmente para la obtención de fibra, elaboraciones de textiles, cuerdas y papel, así como con fines medicinales tradicionales o rituales (Clarke & Merlin, 2016).

A principios de la era cristiana, el cáñamo ya se cultivaba en los países de la cuenca del Mediterráneo, logrando una expansión total por Europa durante el periodo de la Edad Media (Promhuad et al., 2022). Posteriormente los colonos europeos de los siglos XVI y XVII introdujeron el cáñamo en el nuevo mundo. A mediados del siglo XX tras, las restricciones legales impuestas por las convenciones internacionales de narcóticos tendieron a un fenómeno que ha afectado la diversidad genética del cannabis durante más de 50 años. Antes de esto, el cannabis era el único cultivado en América del Norte (hasta la década de 1890) y se manejaba bajo regímenes agrícolas tradicionales sin el carácter clandestino que adquirió (Clarke & Merlin, 2016).

En la actualidad, el cannabis ha adquirido una notable relevancia científica debido a su transición de un mercado clandestino a uno legal, lo que ha convertido el desarrollo de productos y los métodos de extracción en un punto focal de investigación. Este interés se ha visto reforzado por la compleja composición química de la planta, en la que se han identificado miles de constituyentes con diferentes propiedades fisicoquímicas, lo que exige condiciones específicas de procesamiento y extracción para su adecuada preservación (Lazarjani et al., 2021).

2.2 Producción y cultivo del cáñamo

El cultivo de cáñamo industrial a nivel global ha demostrado un crecimiento constante durante la última década, principalmente debido a los cambios regulatorios y la creciente demanda de materias primas de origen vegetal. En la Unión Europea, el cáñamo ha sido el

cultivo estratégico durante los últimos años, según los registros ha incrementado en cuanto a la superficie cultivada de 20 540 hectáreas en 2015 a más de 33 020 hectáreas en 2022, en tanto que la producción destinada para fibra aumentó de 97 130 toneladas a 179 020 toneladas en el mismo período. Francia lidera la producción de cáñamo para fibra, seguido de Alemania y los Países Bajos destinando gran parte de su biomasa a aplicaciones industriales y de transformación (Comisión Europea, s.f.). En América del Norte específicamente en Estados Unidos se registró en el 2021 un valor total en producción de cáñamo de 824 millones de dólares. Dando a conocer que la superficie de cáñamo cultivada al aire libre alcanzó 54 152 acres, de los cuales se cosecharon 33 480 acres, generando un valor aproximado de 712 millones de dólares. Para la producción de cáñamo bajo protección los productores utilizaron 15.6 millones de pies cuadrados, así generando 112 millones de dólares (Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas [NASS], 2022).

Desde el punto de vista agrícola y productivo, la proliferación del cultivo demuestra el potencial del cáñamo como una alternativa en sistemas sostenibles. Sin embargo, diversos autores señalan que las estadísticas globales aún presentan limitaciones debido a la heterogeneidad en los sistemas de reporte y a la diferenciación entre cáñamo que son destinados a diferentes usos (Burton et al., 2022).

2.3 Regulaciones internacionales, regionales

El marco regulatorio internacional del cannabis se fundamenta principalmente en la Convención Única sobre Estupefacientes de 1961, adoptada en el seno de las Naciones Unidas. En su artículo 1, el término “Cannabis” se define como las sumidades floridas o con fruto de la planta de cannabis, excluyendo las semillas y las hojas cuando no estén acompañadas de dichas estructuras. Asimismo, el artículo 28 establece que el cultivo destinado a fines industriales, como la obtención de fibra o semillas, no se encuentra sujeto al mismo régimen de fiscalización (Naciones Unidas, 1961). Esta diferenciación ha permitido que numerosos países desarrollen normativas específicas para el cultivo de cáñamo industrial, destinado a fines agrícolas e industriales.

A nivel regional, tanto la Unión Europea como Estados Unidos han establecidos regulaciones basados principalmente en el contenido de tetrahidrocannabinol (THC) para diferenciar el cáñamo del cannabis psicoactivo. En la Unión Europea, el límite permitido se

establece en $\leq 0,3\%$ de THC, mientras que en Estados Unidos se mantiene el mismo umbral conforme a lo dispuesto en el Farm Bill (Comisión Europea, s. f.; Agricultural Marketing Service [AMS], 2021). Estos marcos regulatorios han permitido al desarrollo de toda una cadena de producción, investigación científica y productos derivados asociados al cáñamo.

2.4 Marco normativo en Ecuador

En el Ecuador, se encuentra regulado mediante el Acuerdo Ministerial N.º 109-2020, emitido por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, se establece en el artículo 1 el reglamento para regular las actividades de importación, siembra, cultivo, cosecha, post cosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, comercialización y exportación de cannabis no psicoactivo o cáñamo y de cáñamo para uso industrial (MAG, 2020). Este instrumento legal constituye la base normativa para el desarrollo de actividades agroindustriales relacionadas con el cáñamo en el país.

El reglamento define en su artículo 3, numeral 10, como cannabis no psicoactivo o cáñamo a la parte de la planta de la especie *Cannabis*, incluyendo sus semillas y todos los productos derivados, tales como extractos, cannabinoides, terpenos, isómeros, ácidos, sales y sales de isómeros, ya sea en cultivo o biomasa cuyo contenido de tetrahidrocannabinol (THC) es inferior al 1% en peso seco, así permitiendo su utilización con fines industriales, científicos y productivos (MAG, 2020).

Complementariamente, la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria ha emitido la Resolución-ARCSA-DE-002-2021-MAFG normativas técnico-sanitarias destinada a la regulación y control de productos terminados destinados al consumo humano que contengan cannabis no psicoactivo o cáñamo en sus derivados, determinando los niveles de concentración de THC permitidos (Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria [ARCSA], 2021).

2.4.1 Tipos de licencias

En el artículo 22 se dan a conocer los tipos de licencias que emitirá la autoridad agraria nacional.

1. Licencia para la importación y comercialización de semillas de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de esquejes de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de semillas de cáñamo para uso industrial.
2. Licencia para la siembra y producción de semillas de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de esquejes de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de semillas de cáñamo para uso industrial.
3. Licencia para el cultivo de cannabis no psicoactivo o cáñamo.
4. Licencia para el cultivo de cáñamo para uso industrial.
5. Licencia para el procesamiento de cannabis no psicoactivo o cáñamo y producción de derivados de cannabis no psicoactivo o cáñamo.
6. Licencia para fitomejoramiento y/o bancos de germoplasma e investigación.
7. Licencia para la adquisición de derivados y/o biomasa o flor de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de biomasa de cáñamo para uso industrial, para exportación (MAG, 2020).

2.5 Cáñamo Industrial (*Cannabis sativa* L.)

El cáñamo y la marihuana son las dos variedades más importantes de *Cannabis sativa* y se diferencian principalmente por su contenido de Δ 9-tetrahidrocannabinol (THC), el componente psicoactivo primario de la planta. Según las leyes federales actuales, el *C. sativa* que contiene más del 0.3% de THC se clasifica como marihuana y se considera una sustancia controlada, mientras que el material vegetal con un porcentaje de THC menor o igual al 0.3% se define como cáñamo, un producto agrícola legal (Chambers et al., 2023). En este sentido el contenido del THC puede variar según las leyes establecidas por cada país.

Cannabis sativa L. fue descrita y clasificada botánicamente por primera vez en el año 1753 por Carl Linnaeus. Posteriormente, en 1785 Jean-Baptiste Lamarck propuso la existencia de una segunda especie, a la que denominó *Cannabis indica*. En la actualidad, el Jardín Botánico de Missouri reconoce la existencia de trece especies dentro del género cannabis, entre las que se incluyen *C. sativa* y *C. indica*, así como *C. american*, *C. chinensis*, *C. erratica*, *C. faetens*, *C. generalis*, *C. gigantea*, *C. intersita*, *C. kafiristanica*, *C. lupulus*, *C. macrosperma* y *C. ruderalis*.e. Asimismo, se describen múltiples variedades botánicas dentro de las especies *C. sativa* y *C. indica*, lo que refleja la amplia diversidad genética (Ángeles et al., 2014).

Cannabis sativa se caracteriza por ser una planta herbácea anual que puede alcanzar hasta los 4 m de altura, generalmente de condición dioica. Presenta un tallo erecto y hojas palmeadas provistas de estípulas bien definidas. En términos morfológicos, las hojas basales se disponen de forma opuesta, mientras que las hojas ubicadas en las partes superiores adoptan una disposición alterna. Las inflorescencias se desarrollan tanto en las axilas de las hojas superiores como en los extremos de las ramas. Las inflorescencias masculinas se distinguen por su estructura ramificada, conformación laxa y abundancia de flores, en contraste con las inflorescencias femeninas, que presentan una disposición más compacta y un número reducido de flores, generalmente entre cinco y ocho (Ángeles et al., 2014).

2.5.1 Requerimientos climáticos en el cultivo

Ángeles et al. (2014) menciona que el *Cannabis sativa* cumple el ciclo en diferentes épocas del año, en primavera se da la germinación de las semillas, en verano la etapa del crecimiento y posteriormente el desarrollo floral se mantiene dos o tres meses, para la cosecha lo más ideal es el otoño. Por otro lado, el cultivo controlado permite garantizar las condiciones óptimas necesarias para el desarrollo adecuado de las plantas de *C. sativa*. La planta tiene mejor desarrollo en suelos con pH entre 6 y 7 (Merino et al., 2024). También se evidencia que influyen factores ambientales como la temperatura (25-20 °C), humedad (60-70%), incluyendo el fotoperiodo que puede ajustarse desde 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad hasta 12 horas de luz y oscuridad, e intensidad luminosa (400-700 nm) y el control adecuado de plagas entre ellas los áfidos, arañas, caracoles, chapulines, moscas blancas, entre otros (Ángeles et al., 2014). Las enfermedades fúngicas, bacterianas y víricas que se presentan durante el periodo de desarrollo de la planta (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2025).

2.5.2 Taxonomía

La taxonomía comprende los procesos de identificación y categorización de organismos, así como el establecimiento de una nomenclatura que permite la asignación de denominaciones científicas estandarizadas (McPartland, 2018), por lo cual se describe en la Tabla 1.

Tabla 1*Clasificación taxonómica*

<i>Cannabis sativa L.</i>	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheophyta (plantas vasculares)
División	Magnoliophyta (plantas con flores)
Clase	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Orden	Rosales
Familia	Cannabaceae
Género	<i>Cannabis</i>
Especie	<i>Sativa</i>
Autoridad taxonómica	L.

Nota. Adaptado de *Phytocannabinoids Unraveling the Complex Chemistry and Pharmacology of Cannabis sativa* (Kinghorn et al.,2017).

2.5.3 Variedad Cherry Oregon

Según Merino et al. (2024), la variedad Cherry Oregon es originaria de Estados Unidos, se define como un cultivar de cannabis medicinal de la familia Cannabaceae que destaca por su elevado potencial de producción de cannabidiol (CBD) que oscilo entre 13.76% y el 15.29% además de un reducido contenido de tetrahidrocannabinol (THC). Debido a que sus niveles de THC se mantienen generalmente por debajo del 1% entre 0.06% y 0.51% en estudios realizados en Ecuador, esta planta cumple con la normativa ecuatoriana que puede ser considerar para ser clasificada como cáñamo medicinal, quedando excluida de la categoría de sustancias sujetas a control. Agronómicamente, es una planta robusta que presenta resistencia a plagas, se desarrolla bien sin necesidad de tutores y optimiza su rendimiento de biomasa y altura cuando es expuesta a un fotoperiodo complementario de 16 horas de luz durante tres semanas.

2.6 Compuestos bioactivos

Las extensas investigaciones han permitido identificar cientos de compuestos diferentes con actividad biológica potencial, incluyendo más de 120 terpenoides, 100 cannabinoides, 50 hidrocarburos, 34 compuestos glicosídicos, 27 compuestos nitrogenados, 25 fenoles no

cannabinoides, 22 ácidos grasos, 21 ácidos simples, 18 aminoácidos, 13 cetonas simples, 13 ésteres y lactonas simples, 12 aldehídos simples, 11 proteínas, glucoproteínas y enzimas, 11 esteroides, 9 oligoelementos, 7 alcoholes simples, 2 pigmentos y vitamina K, 189 lípidos, entre los cuales se han identificado 52 fosfolípidos y 80 sulfolípidos y 147 clases de flavonoides (Cerino et al., 2021).

El contenido de compuestos volátiles del aceite esencial extraída de las flores frescas de cáñamo por destilación y el análisis de cromatografía de gases- espectrometría de masas (GC-MS) se identificaron las siguientes sustancias principales: β -mirceno (26.66%), β -(E)-cariofileno (17.50%), limoneno (10.45%), α -humuleno (7.26%), óxido de cariofileno (3.79%), β -pineno (2.51%), terpinoleno (2.50%) y α -pineno (2.16%). En menores concentraciones, (E, E)- α -farneseno (1.80%), α -selineno (1.65%), β -chamigreno (1.41%), epóxido de humuleno II (1.25%), pseudowiddreno (1.24%) y β -trans-ocimeno (1.12%) (Kwásnica et al., 2020).

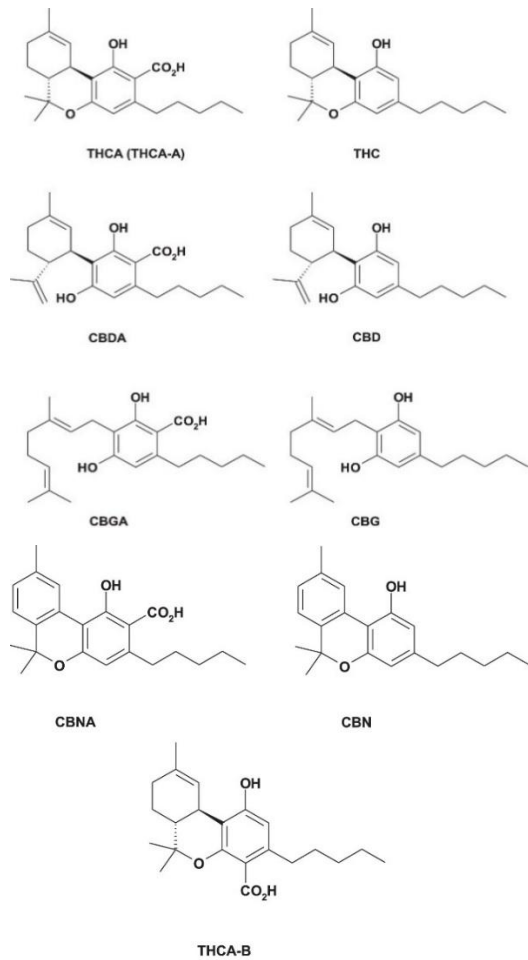
2.7 Descarboxilación

Los principales fitocannabinoides presentes en la planta son el Δ^9 -tetrahidrocannabinol (THC) y el cannabidiol (CBD) las cuales se encuentran en sus formas ácidas, THCA y CBDA. Para hacerlos más eficaces, es necesario convertir estas formas ácidas en sus estructuras descarboxiladas, comúnmente denominadas neutras, eliminando un grupo carboxilo (-COOH) en forma de CO₂ (Figura 1). Este proceso de descarboxilación se lleva a cabo mediante un tratamiento térmico, que debe realizarse a temperaturas superiores a 100 °C, pero por debajo de los 230 °C para evitar la formación de toxinas generadas por la combustión del humo (Binello et al., 2023).

De acuerdo con Žitek Makoter et al. (2025), las concentraciones más altas de CBD se obtienen a temperaturas y tiempos óptimos de 140 °C y 10 a 40 minutos. Para el componente THC, se alcanzan temperaturas de 100 a 120 °C y un tiempo de 15 minutos.

Figura 1

Conversión estructural de cannabinoides ácidos a sus formas neutras



Fuente: Filer (2022)

Se han identificado más de 100 cannabinoides en *Cannabis sativa*, siendo la mayoría de ellos localizados principalmente en las inflorescencias femeninas. No obstante, solo una pequeña fracción de estos cannabinoides se encuentra en concentraciones significativamente altas, entre los cuales destacan el cannabidiol (CBD), el cannabigerol (CBG), el cannabinol (CBN), el Δ^9 -tetrahidrocannabinol (Δ^9 -THC) y el cannabicromeno (CBC) (Motiejauskaitė et al., 2023).

2.8 Métodos de extracción

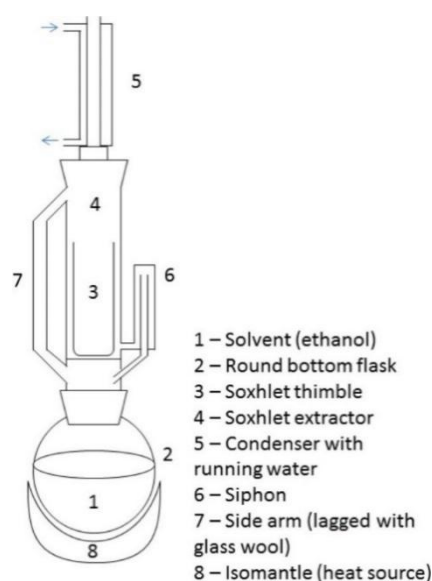
En el apartado se describirá los diferentes métodos utilizados para la extracción de componentes objetivos del cannabis.

2.8.1 Soxhlet

Este método se utiliza comúnmente en diversas tareas de extracción, especialmente para la separación de compuestos bioactivos presentes en la materia vegetal (Figura 2) (Promhuad et al., 2022).

Figura 2

Equipo de extracción Soxhlet



Fuente: (Redfern *et al.*, 2014)

El método propuesto por Franz Ritter Von Soxhlet, quien sugirió con el propósito de obtener extracciones de lípidos corresponde a una técnica de extracción sólido-líquido basado en ciclos de reflujo que permite la recuperación de compuestos solubles en el solvente seleccionado, en la actualidad se utiliza en diversas tareas, particularmente para la separación de sustancias químicas bioactivas de matrices vegetales (Promhuad et al., 2022).

La polaridad del solvente constituye uno de los factores determinantes del rendimiento obtenido. Dewi et al. (2023) mediante la extracción Soxhlet con etanol, acetato de etilo y n-hexano reportaron rendimientos de 2.74%, 0.74% y 0.41% respectivamente de *Ocimum Americanum L.*, esto demuestra que el etanol tiene la mayor capacidad extractiva asociada a su polaridad. El rendimiento promedio obtenido por Soxhlet de las semillas de *Cannabis sativa L.* cultivados en los Andes ecuatorianos es de 37.52% y la extracción por ultrasonido 31.58% (p/p) (Solís García et al., 2025).

2.8.2 Maceración dinámica

La maceración dinámica es un método convencional de extracción de lípidos y sólidos tras el principio de remojar una muestra sólida con solventes orgánicos la cual debe ser seleccionada dependiendo del componente objetivo y su polaridad, durante un tiempo y temperatura específico y agitación. El proceso de separación es económico y el método es reconocido por utilizar para obtener aceites esenciales y compuestos bioactivos. En este sentido el aceite de oliva es reportado como el disolvente de extracción apto para obtener mayores cantidades de terpenos que los disolventes alcohólicos, seguido del etanol que reporta mayores rendimientos al emplearse dos veces en comparación con otros métodos de extracción (Promhuad et al., 2022). En la extracción con hexano de cannabis de fibra y droga mencionan el 3% y 17% de rendimiento respectivamente (Hazekamp et al., 2009).

2.8.3 Extracción con fluidos supercríticos

El uso de solventes orgánicos tradicionales para la extracción ha llevado a controversias por preocupaciones ambientales, riesgos de seguridad y los costos de producción. Tras esto surge la tecnología verde, la extracción con fluidos supercríticos (SFE), el método utiliza solventes seguros y eficientes para extraer compuestos de interés en su estado crítico, el dióxido de carbono supercrítico (SC-CO₂) ha sido uno de los más utilizados (Valizadehderakhshan et al., 2021). Se registran comparaciones de rendimientos de extractos en dos variedades de cannabis (girl scout cookie y durga mata II), extracciones convencionales basados en disolventes orgánicos 37% y 31%, en la extracción con SC-CO₂ y la ayuda de un codisolvente registran 32% y 26% y la extracción con SC-CO₂ puro en las muestras descarboxiladas antes de la extracción son de 18% y 17% respectivamente (Sainz Martinez et al., 2023).

2.8.4 Extracción asistida por microondas

La extracción asistida por microondas (MAE) se basa en la conversión de energía electromecánica en calor, tras la penetración en el tejido vegetal y absorción, se expanden y desintegran la matriz de biomasa así facilitando la transferencia de masa, en este método los parámetros que se deben controlar están la polaridad del solvente, el tiempo de extracción, la potencia de irradiación, la temperatura y la superficie de contacto con el material vegetal (Valizadehderakhshan et al., 2021). En dicho método se evidencian rendimientos para

Cannabis sativa L, de tres cultivares (1, 2 y 3) de 22.5%, 19.6% y 24.4% respectivamente realizada a 150 °C durante 20 min (Lewis-Bakker et al., 2019).

2.8.5 Extracción asistida por ultrasonido

La extracción asistida por ultrasonido (UAE) se caracteriza por el empleo de ondas sonoras, generalmente en un rango de frecuencia entre 20 y 100 kHz. Esto hace que el disolvente penetre en la matriz de la muestra para extraer los compuestos de interés, los parámetros a considerar son la frecuencia, la longitud de onda, la amplitud, la potencia y la forma del reactor en la eficiencia del extracto (Sainz Martínez et al., 2023; Lazarjani et al., 2021). En el experimento de *Cannabis sativa* L. de tres cultivares, el cultivar 1 se sometió a hexano, isopropanol/hexano (1:1) y etanol con rendimientos de 24. 48% y 30%, el cultivar 2 y 3 con etanol con 24% y 40% respectivamente (Lewis-Bakker et al., 2019).

2.8.6 Extracción con líquido presurizado

La extracción con líquido presurizado (PLE), este método se basa en el uso de temperaturas elevadas (50-200 °C) y presiones (35-200 bar) para compuestos de interés específicas con muestras sólidas y semisólida. Para un mejor rendimiento y velocidad de extracción los parámetros a controlar están la temperatura, la presión, el tipo de solvente y el número de ciclos (Sainz Martínez et al., 2023). En la extracción de CBD de residuos de trilla del cáñamo demostraron buenos rendimientos a presiones bajas 100 °C y 60 min, logrando 19.8 mg de CBD por gramos de cáñamo de residuos de trilla (Serna-Loaiza et al., 2020).

2.9 Análisis de los aceites esenciales

Entre los métodos analíticos más usados para el análisis cualitativo de los aceites esenciales se describen a continuación.

2.9.1 Cromatografía de gases (GC)

Según Pino Alea (2015), la cromatografía de gases es uno de los métodos instrumentales más empleados en el análisis de aceites esenciales, ya que permite la separación de sus constituyentes volátiles de forma eficiente para su posterior identificación y cuantificación

mediante diferentes detectores. La identificación de los componentes se basa en la comparación de los tiempos o índices de retención obtenidos para los compuestos del aceite con los de estándares de referencia analizados bajo las mismas condiciones cromatográficas.

Del mismo modo, la cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) permite identificar los compuestos a partir de sus espectros de fragmentación. En esta técnica, las moléculas se ionizan y se fragmentan, generan patrones característicos de iones que se comparan con bibliotecas espectrales, esto facilita el análisis selectivo de distintos compuestos presentes en mezclas complejas (Pino Alea, 2015).

Por su parte, la cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID) se utiliza principalmente para cuantificar los compuestos volátiles presentes en el aceite. El detector de ionización por llama (FID) se caracteriza por su alta sensibilidad y estabilidad operativa; no obstante, su respuesta puede variar ligeramente según la estructura química de los analitos, por lo que suele utilizarse en conjunto con GC-MS para lograr identificación y cuantificación más confiables (Pino Alea, 2015).

2.9.2 Cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC)

Es una técnica empleada para el fraccionamiento y análisis de aceites esenciales basada en la separación de compuestos según sus propiedades fisicoquímicas. Su uso es especialmente importante para separar sustancias no volátiles o sensibles al calor. El proceso se desarrolla generalmente a temperatura ambiente, lo que favorece la estabilidad de los analitos y permite obtener una mayor resolución cromatográfica. La reducción del tamaño de partícula del adsorbente incrementa la eficiencia de separación, aunque exige el uso de presiones más elevadas en la fase móvil y columnas de menor longitud. Entre sus limitaciones se encuentra la baja sensibilidad de algunos detectores, como el refractométrico y el UV, particularmente cuando los compuestos analizados carecen de grupos cromóforos (Pino Alea, 2015).

Además de las técnicas cromatográficas convencionales, en el análisis de aceites esenciales se emplean otros métodos como la cromatografía en capa fina (TLC), la cromatografía en columna y la cromatografía de gases acoplada a espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (GC-FTIR). Asimismo, se han descrito técnicas destilativas y

procedimientos de separación química como herramientas complementarias para la caracterización de estos compuestos (Pino Alea, 2015).

2.10 Solventes orgánicos

El procedimiento de extracción mediante disolventes se fundamenta en la utilización de un disolvente líquido apropiado que pueda solubilizar los compuestos de interés presentes en la matriz vegetal. Los disolventes utilizados comprenden etanol, metanol, butano, propano, hexano, éter de petróleo, metil terbutil éter, éter dietílico, dióxido de carbono (CO₂), aceite de oliva, así como disolventes gaseosos como butano y propano (Promhuad et al., 2022).

El etanol constituye uno de los solventes más utilizados en la extracción de compuestos bioactivos del cáñamo debido a su baja toxicidad relativa frente a otros disolventes orgánicos, según la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) (Motiejauskaitė et al., 2023). Su eficiencia se atribuye a su polaridad intermedia (0.654), que permite solubilizar metabolitos de distinta naturaleza química, tanto compuestos hidrofílicos solubles en agua como fracciones lipofílicas, incluyendo grasas y otros compuestos apolares. Además, sus propiedades antimicrobianas reducen el riesgo de contaminación del extracto y contribuyen a preservar su calidad. Desde el punto de vista operativo, el etanol resulta seguro, económico y de fácil eliminación por evaporación posterior a la extracción, lo que simplifica la etapa de concentración (Lee et al., 2024)

Por otro lado, el acetato de etilo es un solvente de polaridad intermedia a baja (semipolar) con afinidad por compuestos menos polares, tales como terpenoides y resinas. La constante dieléctrica de un disolvente está relacionada con su polaridad y determina su capacidad de interacción eléctrica con la materia; en este sentido, el acetato de etilo ($\epsilon = 6.02$) ha demostrado mayor capacidad de extracción, logrando recuperar más de 28 compuestos en comparación con cloroformo y n-hexano en extractos de *Citrus aurantifolia* (Jaya Jayashika, 2025; Asmah et al., 2020).

Diversos estudios reportan rendimientos variables dependiendo del solvente y del método de extracción. Pino et al, (2023) obtuvieron rendimientos de 11.2%, 11.4% y 13.1% de aceite de cannabis a partir de inflorescencias secas mediante extracción sólido-líquido con

etanol al 96%. De manera similar, Lewis-Bakker et al. (2019) reportaron rendimientos de 21% y 31% utilizando Soxhlet con etanol en flores secas de la planta.

En contraste, el empleo de acetato de etilo suele producir rendimientos menores, Meringolo et al. (2022) registraron rendimientos de 6.1% y 4.2% en extractos de hojas frescas de *Juniperus macrocarpa* y *J. oxycedrus* mediante maceración. Asimismo, la extracción Soxhlet de hojas de *Premna integrifolia* L. con acetato de etilo presentó un rendimiento de 5.2%, demostrando además que el extracto resultante es seguro en estudios de toxicidad aguda y subaguda (Singh et al., 2021).

2.11 Clasificación de productos derivados de *Cannabis sativa* según el órgano vegetal

Las distintas partes de la planta contienen compuestos químicos diferentes, por lo que suelen emplearse con distintos fines.

2.11.1 Flores e Inflorescencias

La flor e inflorescencia de la planta se las describe por mantener composición química similar de metabolitos, en este grupo se encuentran los terpenos, polifenoles y cannabinoides. La mayor composición de terpenos se las ha determinado en aceites esenciales obtenidas por hidrodestilación o destilación por arrastre de vapor (Hourfane et al., 2023). En contraste el aceite de cannabis obtenida por Soxhlet se ha reportado que contienen cannabinoides, fenoles, flavonoides, ceras y clorofila (Tiago et al., 2022).

Los aceites esenciales y extractos de cáñamo poseen una versatilidad de aplicaciones que abarcan desde la agroquímica hasta la medicina avanzada. Los aceites esenciales se utilizan como agentes aromatizantes en la industria alimentaria y cosmética para la fabricación de perfumes, jabones y velas, destacando además como biopesticidas eficaces con propiedades insecticidas, nematocidas y antimicrobianas contra plagas y vectores de enfermedades como la malaria y el dengue. Por su parte, los extractos se valoran por su alto contenido de compuestos bioactivos y potencial antioxidante, empleándose en el ámbito médico para tratar dolores crónicos, reumáticos y menstruales, así como para reducir convulsiones epilépticas y brindar neuroprotección en enfermedades como el Parkinson o el Alzheimer (Crini et al., 2020).

2.11.2 Semillas

Las semillas de *Cannabis sativa* se caracterizan por un elevado contenido lipídico de 40%, acompañado de 30% de fracción fibrosa, el 25% de proteínas polifenoles, tocoferoles, fitoesteroles y minerales. Estos aceites se caracterizan por ser ricos en triacilgliceroles (TAG), ácidos grasos poliinsaturados, entre los ácidos grasos predomina el ácido linoleico, seguido del ácido oleico y palmítico en cuanto a los minerales se encuentran el fósforo, potasio, magnesio, azufre calcio, hierro y zinc (Hourfane et al., 2023).

El aceite de semilla de cáñamo es uno de los productos que destaca en la alimentación humana como un alimento funcional rico en ácidos grasos, por esta razón son utilizados en suplementos y aderezos crudos para preservar sus nutrientes. En el sector de la cosmética y cuidado personal, es un ingrediente clave para jabones, champús y cremas con propiedades hidratantes y antienvjecimiento. Además, posee importantes usos industriales en la fabricación de pinturas, barnices, tintas y lubricantes, así como en la producción de biodiésel y en la alimentación de animales (Crini et al., 2020).

2.11.3 Hojas

Las hojas tienen compuestos muy similares al de las flores y las inflorescencias estas contienen terpenos, polifenoles, cannabinoides y alcaloides, por ende, los aceites esenciales obtenidos de esta parte de la planta se caracterizan por la presencia destacada del (e)-cariofileno, α -humuleno, β -selineno, óxido de cariofileno, α -selineno y α -trans-bergamoteno, los polifenoles están los flavonoides y glucósidos con apigenina y luteonina y los cannabinoides están el cannabidiol (CBD), cannabidivarina (CBDV), tetrahidrocannabinol (THC) y cannabicromeno (CBC) (Hourfane et al., 2023).

Entre las aplicaciones de las hojas de cáñamo tradicionalmente son utilizados como mantillo, compost y alimento para rumiantes y caballos. Sus aceites esenciales y extractos se aprovechan como aromatizantes en la industria alimentaria y cosmética, destacando también por su potente actividad insecticida contra plagas y vectores de enfermedades como la malaria. Además, desempeñan un papel fundamental en la fitorremediación, ya que son la parte de la planta que acumula las mayores concentraciones de metales pesados (como níquel, plomo y cadmio) al limpiar suelos contaminados (Crini et al., 2020).

2.11.4 Tallos, raíz y resina

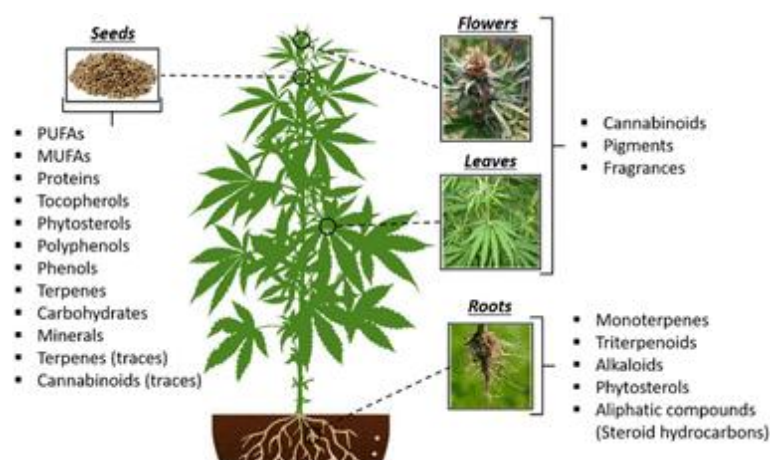
A pesar de que no se obtenga aceites de estas partes de la planta se demuestran que contienen amidas fenólicas, lignanamidas, triterpenos (friedelina y epifriedelanol) en los frutos y raíces, la resina por su parte en una sustancia amarilla y pegajosa que contiene los principios activos si composición química en algunos estudios destaca alta concentración de THC y CBD esto depende de la edad, tipo de tejido, variedad, condiciones de crecimiento y almacenamiento (Hourfane et al., 2023).

El tallo del cáñamo, distinguido por suministrar fibras indispensables para la industria textil, la producción de papel de alta calidad y la creación de materiales de construcción sustentables como el hormigón de cáñamo, además de su utilidad en la generación de biocompuestos para el sector automotriz, biocombustibles y lechos para animales. Adicionalmente, la raíz tiene usos históricos en la medicina y se investiga como materia prima para el papel, mientras que la resina se utiliza en bioplásticos especializados para la producción de muebles e instrumentos musicales (Crini et al., 2020).

La variedad de compuestos presentes en *Cannabis sativa* facilita su utilización en diversas aplicaciones, tanto en la utilización directa de la planta como a través de los productos derivados de su procesamiento (Figura 3).

Figura 3

Partes de la planta del *Cannabis*



Fuente: (Sainz Martínez et al., 2023)

2.12 Requerimiento en la agricultura de los componentes bioactivos

En las últimas décadas, numerosos estudios se han centrado en explorar la actividad biológica del *Cannabis sativa* principalmente en los extractos o aceites de toda la planta, los cuales contienen una combinación de cannabinoides y terpenos naturales. Este enfoque busca aprovechar las interacciones sinérgicas entre estos compuestos (Pino et al., 2023).

Cada vez más estudios se han interesado por el aceite esencial de cáñamo por sus posibles aplicaciones a nivel industrial (Pieracci et al., 2021). En la agricultura sostenible, el aceite esencial de cáñamo se está explorando como una alternativa a los pesticidas sintéticos. Estudios han demostrado que los aceites del cáñamo industrial pueden ser una fuente de compuestos con actividad insecticida, siendo prometedores como insecticidas botánicos (Benelli et al., 2018b). Además, se ha informado que el cáñamo tiene efectos alelopáticos por sus metabolitos secundarios, que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de otras plantas, extendiendo su uso en estrategias agroecológicas (Konstantinović et al., 2021).

2.13 Actividad insecticida

La oleoresina secretada por los tricomas glandulares de *Cannabis sativa* es una forma de defensa química contra insectos en la planta (Potter, 2009). Esta secreción contiene una fracción terpénica compuesta principalmente por hidrocarburos monoterpénicos y sesquiterpénicos, caracterizados por su bajo peso molecular y alta hidrofobicidad, propiedades que facilitan su penetración a través de la cutícula del insecto y su difusión hacia tejidos internos, lo que contribuye a su acción tóxica (Benelli et al., 2018b).

Diversos estudios realizados sobre la fracción volátil del cannabis han reportado que compuestos como el (E)-cariofileno y el α -humuleno presentan elevada toxicidad frente a insectos, ácaros y garrapatas, evidenciando el potencial biocida de estos terpenos (Tabari et al., 2020). Considerando que la extracción con solventes permite recuperar la fracción resinosa de *Cannabis sativa*, en la cual se concentran terpenos y otros metabolitos secundarios, el extracto obtenido reúne compuestos asociados a los mecanismos de defensa química natural de la planta (Lazarjani et al., 2021; Benelli et al., 2018b).

Dado que los terpenos constituyen la oleoresina de la inflorescencia, su perfil químico puede variar en función del solvente utilizado y las condiciones de extracción. Por consiguiente, el análisis cromatográfico del perfil terpénico facilita la caracterización del extracto obtenido y relacionarlo con sus posibles propiedades biológicas.

2.14 Caracterización del extracto

La caracterización del extracto permite conocer sus propiedades y composición general, lo que facilita la evaluación de su calidad y su comportamiento en diferentes aplicaciones.

2.14.1 Organolépticas

La evaluación organoléptica constituye una etapa preliminar en la caracterización de materiales vegetales, permitiendo describir propiedades descriptoras como color, olor, apariencia y textura, las cuales proporcionan información inicial sobre identidad y calidad del extracto (World Health Organization [WHO], 2011)

2.14.2 Densidad absoluta

La densidad es un parámetro fisicoquímico utilizado en la caracterización de aceites y extractos vegetales, definido como la relación entre la masa y el volumen del producto. Su determinación permite evaluar la identidad y estabilidad del extracto, así como detectar variaciones asociadas a cambios en la composición química. En aceites esenciales, este parámetro constituye un indicador de pureza y control de calidad, permitiendo contrastar los productos con estándares internacionales (Carreiro et al., 2020).

En formulaciones agrícolas, la densidad se incluye en los parámetros fisicoquímicos para garantizar uniformidad y reproducibilidad en su aplicación. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial de la Salud [FAO/OMS], 2016).

Diversos estudios reportan densidades a 0.9462 g/mL para aceite de cannabidiol (Ortega, 2017) y 0.945- 0.980 g/mL para CBD puro y 0.960- 1.050 g/mL para THC puro en extractos de cannabis (Idágarra-Vélez.,2023). Por otro lado, aceites esenciales de cáñamo

obtenidas mediante extracción asistida por microonda de las inflorescencias de cáñamo presentan valores de 0.88 g/cm³ y 0.883 g/mL (Ovidi et al., 2022; Mazzara et al., 2022) evidenciando que el método de extracción y la composición química influye directamente en este parámetro.

2.14.3 Índice de refracción

El índice de refracción es un parámetro fisicoquímico utilizado en la caracterización de aceites y extractos vegetales, empleado como criterio de control de calidad y detección de adulteraciones. Se determina mediante la proporción entre la velocidad de la luz en el aire y en el aceite, funcionando como un índice físico muy estable que a diferencia de la composición química no presenta variaciones significativas ante factores bióticos o abióticos (Carreiro et al., 2020).

Este parámetro se relaciona con la composición molecular de los aceites, particularmente con el grado de insaturación y la estructura de los compuestos presentes, por lo que permite evidenciar cambios en su composición química (Gunstone et al., 2007). En extractos destinados a uso agrícola esta verificación resulta relevante para asegurar uniformidad en la composición y reproducibilidad del efecto biológico.

En aceites derivados de *Cannabis sativa* se han reportado valores cercanos a 1.4822 (Ortega, 2017) semejante Ovidi et al. (2022) 1.489 para aceite esencial de cáñamo en una extracción asistida por microondas. Valores comparables también se presentan en aceites esenciales de romero, hierba luisa y citronela con intervalos entre 1.4660 y 1.4915 obtenidos por hidrodestilación (Carreiro et al, 2020).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se describe el enfoque metodológico, los materiales, equipos y procedimiento empleados para el desarrollo del estudio

3.1 Tipo de investigación

El presente estudio tuvo un enfoque cuantitativo experimental, debido a que se manipularon variables independientes bajo condiciones controladas con el fin de evaluar su efecto sobre variables de respuestas medibles. El estudio presentó un alcance explicativo, ya que permitió analizar la incidencia del tipo de solvente orgánico y el número de ciclos del proceso en Soxhlet sobre el rendimiento de extracción y las propiedades fisicoquímicas del aceite de cáñamo obtenido, conforme a metodologías reportadas a investigaciones previas.

3.2 Ubicación del lugar

La etapa experimental se llevó a cabo en el laboratorio de Análisis Fisicoquímico y Microbiológico de la Universidad Técnica del Norte (UTN), situado en el campus San Vicente de Paúl, en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia El Sagrario, con coordenadas 17N 821310.92 E; 38415.82 N.

3.3 Materiales, equipos y software

En la Tabla 2 se clasifica los recursos que se utilizaron para la fase experimental

Tabla 2*Materiales y equipos utilizados*

Equipo	Materiales	Reactivos	Insumos	Software
Balanza digital	Casos	Etanol 96%	Inflorescencia (<i>Cannabis sativa</i>)	Microsoft Excel
Rotaevaporador	Probeta de 100 mL	Acetato de etilo	Papel Aluminio	RStudio
Equipo Soxhlet	Balones de destilación (500, 1000 mL)		Bolsas herméticas	
Balanza analítica	Embudos		Frasco de vidrio color ámbar (10 mL y 250 mL)	
Refractómetro digital de mesa	Mortero y pistilo		Puntas desechables	
Refrigeradora				
Estufa de secado				
Micropipeta				

3.4 Procedimiento de la investigación

En este apartado se detallan las metodologías, procedimientos y formas de obtención de datos aplicadas para el cumplimiento de los objetivos descritos.

3.4.1 Estandarización de la materia prima

Para dar cumplimiento al primer objetivo específico y con el propósito de seguir la metodología establecida por varios autores se utilizó inflorescencia de *Cannabis sativa* L. proporcionada por la UTN. La materia prima vegetal fue sometida a un proceso de descarboxilación a 115 °C durante 45 minutos en una estufa, con el fin de favorecer la

conversión de los cannabinoides ácidos a sus formas neutras, conforme a los principios descritos en la literatura sobre activación térmica de cannabinoides.

Posteriormente, el material se dejó reposar a temperatura ambiente durante cinco minutos y se pesó, se procedió a retirar los tallos manualmente y a la reducción del tamaño de partícula mediante trituración con mortero y pistilo hasta obtener tamaños homogéneos aproximado de 2 mm. Finalmente, la muestra se almaceno en bolsas herméticas hasta su usó.

3.4.2 Evaluación del rendimiento de extracción con el uso de distintos solventes orgánicos

Para el desarrollo del segundo objetivo específico se empleó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2×3, el análisis estadístico de los datos se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de evaluar el efecto del tipo de solvente, el número de ciclos y su interacción sobre las variables de respuesta del aceite de cáñamo, los factores y niveles de estudio se describen a continuación:

Factores de estudio

En el desarrollo de la presente investigación se tomaron dos variables

Factor A: Tipo de solvente orgánico

Tabla 3

Descripción de niveles de factor A

Factor A	Solventes orgánicos
A1	Etanol 96%
A2	Acetato de etilo

Factor B: Número de ciclos

Tabla 4

Descripción de niveles del factor B

Factor B	Número de ciclos
B1	4
B2	8
B3	12

Tratamiento de estudio

Los tratamientos resultaron de las combinaciones de los factores A y B, generándose seis tratamientos experimentales el cual se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5

Descripción de tratamientos a evaluarse

Tratamiento	Combinación
1	A1B1
2	A1B2
3	A1B3
4	A2B1
5	A2B2
6	A2B3

Cada tratamiento fue ejecutado por duplicado, considerándose como unidad experimental una corrida independiente de extracción.

- **Extracción por el método de Soxhlet**

Para la fase experimental se emplearon 23 g de material vegetal descarboxilado por unidad experimental, colocados en la cámara de extracción del equipo Soxhlet. Se utilizó un volumen de 180 mL de solvente orgánico por tratamiento, variando el tipo de solvente y el número de ciclos conforme se describe en el diseño experimental.

La concentración del aceite se realizó con un rotoevaporador empleando temperaturas de 40 °C, bajo presión reducida de 247 mbar y 100 rpm para el etanol al 96% y 75 °C y 100 rpm para el acetato de etilo hasta la total evaporación del solvente recuperando el etanol y el acetato de etilo. Finalmente, el aceite fue almacenado en frascos de vidrio color ámbar de 10 mL y conservado a 4 °C hasta su análisis.

El rendimiento de extracción fue determinado en función de la masa de biomasa seca empleada, utilizando la ecuación (1) adaptada de Fiorini et al. (2020):

Ecuación 1

Rendimiento del extracto (%)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{masa del aceite extraído (g)}}{\text{masa de biomasa seca (g)}} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

Masa del aceite extraído (g): corresponde a la masa final del extracto concentrado tras la eliminación del solvente.

Masa de biomasa seca (g): corresponde a la masa inicial del material vegetal seco empleada en la extracción.

3.4.3 Análisis de la calidad del aceite extraído, según sus propiedades fisicoquímicas

Previo a las determinaciones fisicoquímicas, se realizó una evaluación organoléptica descriptiva del extracto obtenido. Se registraron sus características sensoriales correspondientes a estado físico, color, olor y sabor mediante observación directa a temperatura ambiente. La evaluación tuvo carácter cualitativo y se efectuó únicamente con fines de caracterización, sin constituir una variable experimental.

Según Tura et al. (2023) la estandarización de un producto permite transformar la percepción sensorial subjetiva en una herramienta técnica valiosa de control de calidad. En este sentido, la evaluación sensorial del aceite resulta relevante ya que sus atributos dependen de todas las etapas del proceso productivo, desde las condiciones de cultivo, procesamiento y almacenamiento, lo que justifica su empleo como complemento en la caracterización del extracto.

Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del aceite obtenido, considerando como indicadores de calidad del extracto los parámetros que se describen en la Tabla 6.

Tabla 6*Caracterización fisicoquímica*

Determinaciones	Magnitud	Norma
Densidad (20 °C)	g/mL	Método gravimétrico
Índice de refracción	n ₂₀	NTE INEN-ISO 6320:2013
Terpenos	% (m/m)	GC-FID (laboratorio externo)

Se midió la densidad usando la siguiente ecuación (2) mencionada por (Flores, 2022) el cual es utilizada para grasas y aceites comestibles.

Ecuación 2*Densidad absoluta*

$$\text{Densidad} = \frac{\text{masa del aceite (g)}}{\text{volumen del aceite (mL)}} \quad (2)$$

El análisis de perfil de terpenos fue realizado en un laboratorio externo por el método de cromatografía de gases con detector de llama ionizada (CG-FID), las muestras fueron enviadas a un laboratorio en la ciudad de Quito, HEMP Ecuador Labs. Los resultados obtenidos se utilizaron para la caracterización química del aceite.

3.5 Método de procesamiento

El desarrollo experimental se estructuró en una serie de procedimientos secuenciales, los cuales se encuentran esquematizados en el diagrama de flujo del proceso de extracción del aceite de cáñamo.

3.5.1 Diagrama de flujo de la extracción de aceite esencial de cáñamo

Figura 4

Diagrama de flujo del proceso



3.5.2 Descripción del proceso

Recepción de materia prima: La inflorescencia de *Cannabis sativa* L. fue proporcionada por la Universidad Técnica del Norte (UTN), con una masa total de 450 g.

Figura 5

Cáñamo previo a la descarboxilación



Descarboxilación: El material vegetal fue sometido a 115 °C durante 45 minutos en una estufa de secado.

Figura 6

Proceso de descarboxilación



Molienda: Se realizó la reducción del tamaño de partícula con un mortero hasta obtener un tamaño homogéneo. Posteriormente, el material fue pesado y almacenado en fundas herméticas.

Figura 7

Almacenado del material para la extracción



Pesado: Con una balanza digital se pesaron 23 g de biomasa seca por tratamiento, cantidad utilizada para el cálculo del rendimiento de extracción.

Figura 8

Pesado de la inflorescencia



Extracción con Soxhlet: Una vez pesada la muestra, fue colocada en el extractor Soxhlet con gasas en la parte inferior y superior. Se añadieron 180 mL de solvente (etanol al 96% o acetato de etilo) al balón de destilación y el sistema se calentó hasta alcanzar la temperatura de ebullición correspondiente a cada solvente (78.5 °C y 77 °C, respectivamente), estableciendo el número de ciclos según el tratamiento experimental.

Condensación: Al alcanzar la temperatura de ebullición, el solvente comenzó a evaporarse. El vapor ascendió hacia el condensador, donde se enfrió y se transformó nuevamente en fase líquida. El solvente condensado descendió en forma de gotas sobre el material vegetal contenido en el extractor

Separación: Posteriormente, el extracto fue concentrado en un rotoevaporador. Para el etanol al 96%, se empleó una temperatura de 40 °C y una presión de 247 mbar. En el caso del acetato de etilo, se utilizó una temperatura de 75 °C. En todos los tratamientos se trabajó a 100 rpm. Este proceso permitió la recuperación del solvente y la obtención de un extracto concentrado.

Figura 9

Separación del extracto



Envasado y almacenamiento: El balón de destilación de 1000 mL fue pesado con el extracto obtenido. Posteriormente, el extracto concentrado fue transferido a frascos de vidrio ámbar de 10 mL y almacenado a 4 °C hasta su análisis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El presente capítulo expone de forma detallada y ordenada los resultados alcanzados en la investigación, con el fin de analizar el grado de cumplimiento de los objetivos planteados, en concordancia con las metodologías implementadas.

4.1 Caracterización de la materia prima estandarizada

Como parte del acondicionamiento previo a la extracción, en la Tabla 7 se presenta el balance de masa del material vegetal posterior al proceso de descarboxilación.

Tabla 7

Rendimiento del acondicionamiento previo a la extracción

Etapa	Masa (g)
Masa inicial	450.0
Masa post-descarboxilación	408.3
Tallos retirados	28.5
Masa útil para extracción	379.8
Rendimiento útil	84.4%

La disminución de masa observada se atribuye principalmente a la liberación de dióxido de carbono (Binello et al., 2023), la evaporación de humedad residual y compuestos volátiles inducida por el calentamiento. La descarboxilación constituye una etapa crítica en el acondicionamiento de la materia prima, ya que permite la conversión de los cannabinoides en su forma ácida hacia sus formas neutras y bioactivas, proceso que ocurre de manera eficiente bajo estas condiciones (Casiraghi et al., 2018). No obstante, el control estricto de las condiciones de tiempo y temperatura resulta fundamental para minimizar la pérdida de compuestos volátiles, particularmente los terpenos presentes en el cáñamo, los cuales presentan puntos de ebullición entre 119 °C y 198 °C y son susceptibles a la oxidación, pudiendo transformarse en terpenoides (Chen y Pan, 2021).

La posterior eliminación de los tallos corresponde a un acondicionamiento físico del material vegetal y no a una degradación térmica del extracto, por lo que el rendimiento reportado refleja la fracción efectivamente disponible para la extracción por Soxhlet.

4.2 Rendimiento de extracción de aceite de cáñamo

Se evaluó el rendimiento de extracción del aceite de cáñamo mediante el método Soxhlet, considerando como factores el tipo de solvente y el número de ciclos de extracción. Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8

Rendimiento de extracción por tratamiento

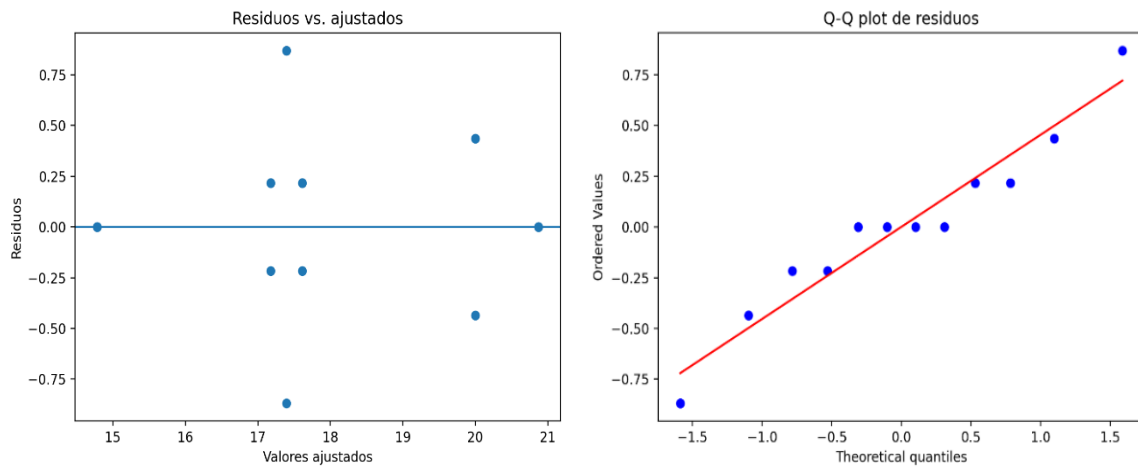
Tratamiento	Solvente	Ciclos	Rendimiento (%)
1	Etanol 96%	4	14.78 ± 0.00
2	Etanol 96%	8	20.00 ± 0.61
3	Etanol 96%	12	20.87 ± 0.00
4	Acetato de etilo	4	17.39 ± 1.23
5	Acetato de etilo	8	17.17 ± 0.31
6	Acetato de etilo	12	17.61 ± 0.31

Donde: $\bar{X} \pm DE$

Previo al análisis de varianza, se verificaron los supuestos del modelo mediante la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk y la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene. El gráfico de residuos vs. valores ajustados muestra una dispersión aleatoria alrededor de cero, sin patrones sistemáticos evidentes, lo que sugiere independencia y homogeneidad de varianza. Asimismo, el Q–Q plot indica que los residuos se alinean aproximadamente con la recta teórica, evidenciando que el supuesto de normalidad se cumple razonablemente para el rendimiento evaluado. Los gráficos diagnósticos correspondientes se presentan en la Figura 10.

Figura 10

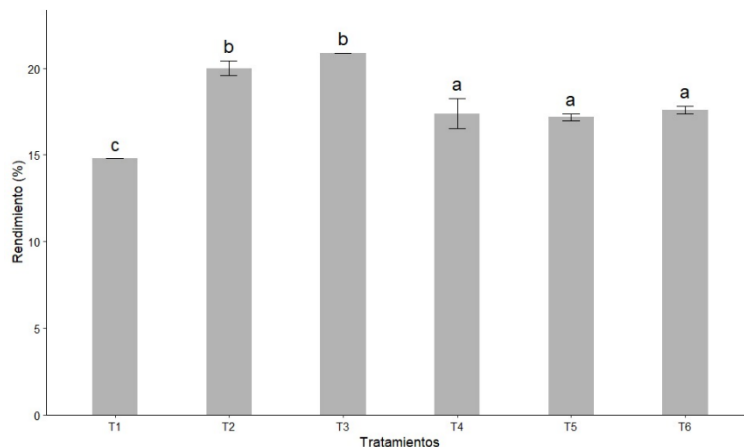
Evaluación de los supuestos del modelo ANOVA para el rendimiento



El análisis de varianza factorial (ANOVA) evidenció diferencias estadísticamente significativas para el tipo de solvente ($p = 0.014$), el número de ciclos ($p < 0.001$) y la interacción solvente \times ciclos ($p < 0.001$). Se observó que la eficiencia del proceso depende tanto del tipo de solvente como del número de ciclos de extracción. Cuando se aumenta la cantidad de ciclos, el solvente tiene más tiempo para interactuar con la materia vegetal, lo que facilita extraer más compuestos y mejora el rendimiento. Al analizar los datos con la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$) que se muestra en la Figura 11, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos destacando entre los rendimientos más altos con etanol después de ocho ciclos de extracción.

Figura 11

Porcentaje de rendimiento de extracción por tratamiento



Nota. Letras diferentes sobre las barras indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los resultados observados muestran una tendencia similar a reportes recientes, los cuales enfatizan que la optimización conjunta del método y del tipo de solvente es un factor determinante en la recuperación de compuestos bioactivos del cáñamo (Selvaraj et al., 2025; Sainz Martínez et al., 2023). Los valores obtenidos confirman que la eficiencia del método Soxhlet está mayormente influenciada por la polaridad del solvente y la dinámica de transferencia de masa durante los ciclos de reflujo.

La diferencia entre las investigaciones puede atribuirse principalmente a las condiciones que fueron sometidas la materia prima en el pretratamiento y a los métodos de extracción empleados. En el presente estudio, la descarboxilación previa junto con la reducción del tamaño favoreció la ruptura de estructuras celulares y aumentó la disponibilidad de compuestos lipofílicos para el solvente, incrementando la eficiencia de transferencia de masa durante los ciclos de Soxhlet.

Los rendimientos de extracción obtenidos con etanol oscilaron entre $14.78 \pm 0.00\%$ y $20.87 \pm 0.00\%$. siendo superiores a los reportados para extracción sólido-líquido convencional con etanol (11.2% – 13.1%) a partir de inflorescencias secas (Pino et al., 2023). No obstante, se ubicaron por debajo del intervalo descrito para extracción Soxhlet con etanol en matrices similares, donde se han registrado valores entre 21% y 31% (Lewis-Bakker et al., 2019).

Por su parte, los tratamientos con acetato de etilo presentaron rendimientos más homogéneos, entre $17.17 \pm 0.31\%$ y $17.61 \pm 0.31\%$. Este comportamiento es coherente con lo reportado para solventes de menor polaridad en matrices vegetales, donde se han obtenido rendimientos entre 4.2% y 6.1% mediante maceración (Meringolo et al., 2022) y el 5.2% en extracción Soxhlet de hojas (Singh et al., 2021).

De manera general, el rendimiento típico de extracción de aceites vegetales mediante Soxhlet oscila entre 10% y 15% del peso seco de la planta. Los valores obtenidos en el presente estudio superan dicho intervalo, lo que sugiere una mayor eficiencia del proceso, probablemente asociada al pretratamiento aplicado a la inflorescencia, particularmente la descarboxilación y

la reducción del tamaño de partícula, los cuales favorecen la disponibilidad de compuestos extraíbles y la transferencia de masa (Selvaraj et al.,2025).

4.1 Análisis del extracto del aceite esencial del *Cannabis sativa*

Se realizó la caracterización del extracto obtenido con el fin de describir sus principales propiedades.

4.1.1 Caracterización organoléptica

El perfil sensorial observado coincide con lo descrito en la literatura para extractos de cáñamo (Tura et al., 2023), como se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Propiedades organolépticas

Propiedad	Observación
Estado físico	Oleorresina viscosa
Color	Verde oscuro homogéneo
Olor	Herbal característico
Sabor	Amargo persistente

La caracterización organoléptica del extracto evidenció una oleorresina de consistencia viscosa, color verde oscuro homogéneo, olor herbal característico y sabor amargo persistente. La apariencia viscosa es propia de extractos ricos en fracciones lipofílicas como ceras, resinas y compuestos de alto peso molecular extraídos durante el proceso Soxhlet. El color verde se asocia directamente a la presencia de clorofilas y pigmentos liposolubles. El olor herbal característico se relaciona con compuestos volátiles terpénicos (monoterpenos y sesquiterpenos) propios del *Cannabis sativa*, mientras que el amargor es un atributo gustativo fundamental identificado en el perfil sensorial de los derivados del cáñamo (Tura et al., 2023).

4.1.2 Determinaciones físicas

Para la caracterización física del extracto se determinaron la densidad y el índice de refracción, como parámetros de apoyo en la evaluación comparativa entre tratamientos.

- **Determinación de la densidad absoluta del aceite de cáñamo**

Se determino la densidad del extracto, obteniendo así los valores descritos en la Tabla 10 para los diferentes tratamientos.

Tabla 10

Densidad por tratamiento

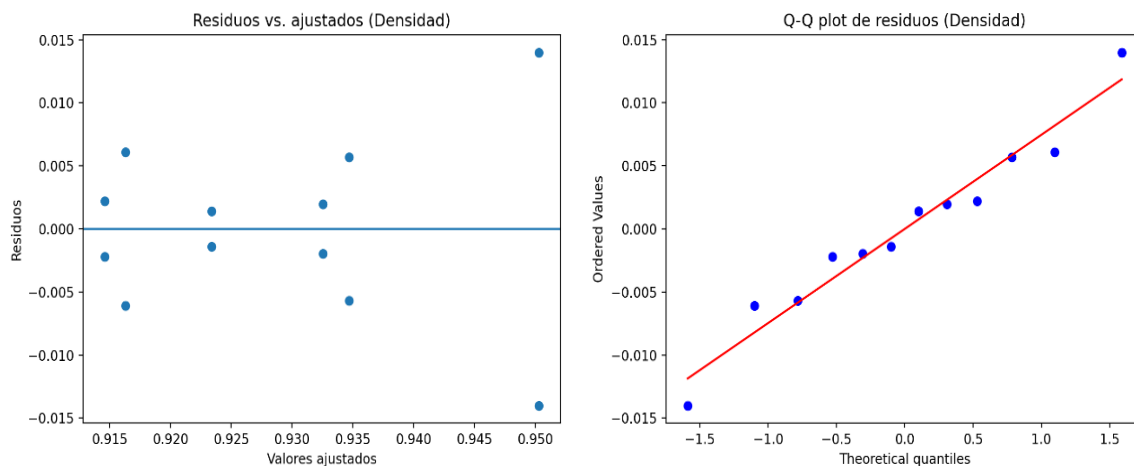
Tratamiento	Solvente	Ciclos	Densidad (g/mL)
1	Etanol 96%	4	0.9146 ± 0.0031
2	Etanol 96%	8	0.9503 ± 0.0198
3	Etanol 96%	12	0.9347 ± 0.0081
4	Acetato de etilo	4	0.9163 ± 0.0086
5	Acetato de etilo	8	0.9234 ± 0.0019
6	Acetato de etilo	12	0.9326 ± 0.0028

Donde: $\bar{X} \pm DE$

Los residuos se distribuyen de manera aproximadamente aleatoria alrededor de cero, sin evidenciar patrones sistemáticos, lo que sugiere estabilidad en la varianza. Además, el Q-Q plot muestra una alineación cercana a la recta teórica, indicando un ajuste adecuado al supuesto de normalidad para la variable densidad, como se muestra en la Figura 12.

Figura 12

Evaluación de los supuestos del modelo ANOVA para la densidad



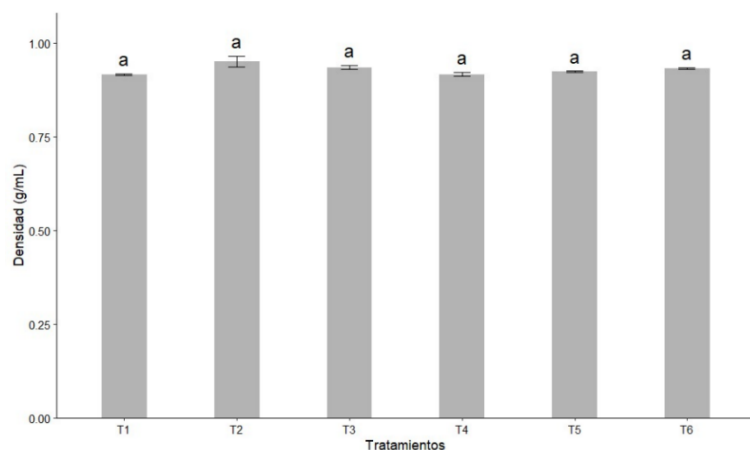
La densidad del extracto obtenido por Soxhlet varió entre 0.9146 y 0.9503 g/mL dependiendo del solvente y número de ciclos. En general, se observó una tendencia al incremento de la densidad con el aumento del número de ciclos, particularmente en el caso del etanol, cuyo valor máximo se registró a los ocho ciclos (0.9503 g/mL). El acetato de etilo mostró variaciones más moderadas y progresivamente a lo largo de los ciclos evaluados. El aumento de la densidad con el tiempo de extracción puede atribuirse a la mayor solubilización de compuestos de mayor peso molecular, tales como ceras, resinas y fracciones lipofílicas pesadas, las cuales incrementan la masa por unidad de volumen del extracto conforme avanza el proceso.

El análisis de varianza indicó que el número de ciclos tuvo efecto significativo sobre la densidad ($p = 0.0399$) mientras que el tipo de solvente no presentó efecto significativo. Esto indica que la variación observada estuvo asociada principalmente al grado de agotamiento de la matriz vegetal durante. El bajo coeficiente de variación (CV) del 1.03% indica una baja variabilidad en los datos.

Sin embargo, la prueba de comparación múltiple de Tukey no evidenció diferencias significativas entre tratamientos individuales (Figura 13), agrupándolos dentro de una misma categoría estadística. Este resultado sugiere que el efecto del número de ciclos se manifiesta como una tendencia global progresiva más que como cambios bruscos entre combinaciones específicas de tratamiento, por lo que las diferencias entre medias no fueron suficientemente amplias para detectarse en comparaciones pareadas.

Figura 13

Comparación de las densidades del extracto



Nota. Letras iguales sobre las barras indican ausencia de diferencias significativas entre tratamientos, de acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos reportados para extractos de cannabis y aceites derivados. Se ha descrito densidades de 0.9462 g/mL para aceite de cannabidiol (Ortega, 2017) 0.945 y 1.050 g/mL para extractor ricos en cannabinoides (Idágarra-Vélez., 2023). Asimismo, aceite esencial de cáñamo obtenidas por extracción asistida por microonda presentas densidades cercanas a 0.88 g/mL (Ovidi et al., 2022; Mazzara et al., 2022). Las diferencias observadas entre estudios se relacionan principalmente con el método de extracción, la proporción de compuestos pesados extraídos y la naturaleza de la matriz vegetal.

- **Determinaciones del índice de refracción**

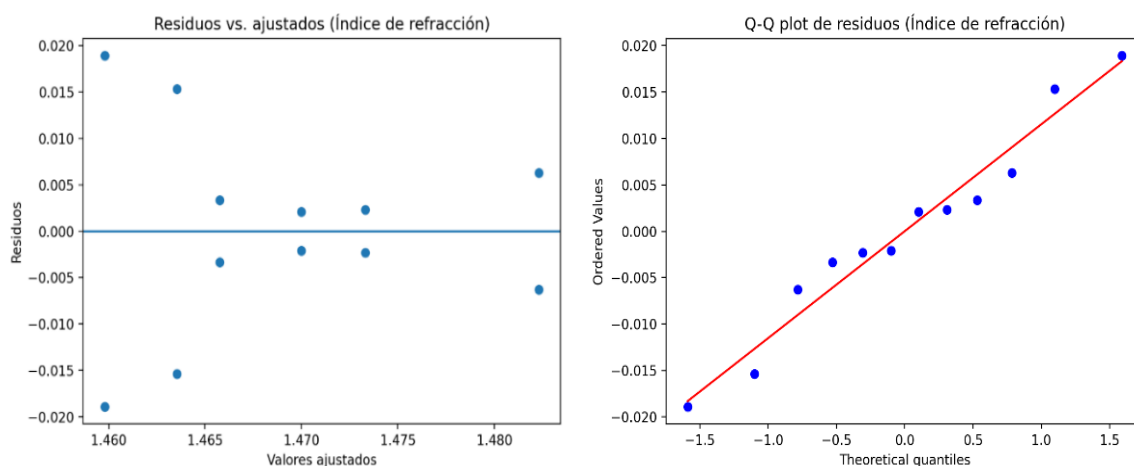
En la Tabla 11 se resume los resultados obtenidos de la fase experimental del índice de refracción que se realizó en un refractómetro digital a 20 °C.

Tabla 11*Índice de refracción de los tratamientos*

Tratamiento	Solvente	Ciclos	Índice de refracción
1	Etanol 96%	4	1.4636 ± 0.0217
2	Etanol 96%	8	1.4700 ± 0.0030
3	Etanol 96%	12	1.4823 ± 0.0089
4	Acetato de etilo	4	1.4598 ± 0.0267
5	Acetato de etilo	8	1.4733 ± 0.0033
6	Acetato de etilo	12	1.4658 ± 0.0047

Donde: $\bar{X} \pm DE$

Los residuos del modelo para el índice de refracción se distribuyen sin tendencia definida alrededor de la línea base, lo que indica ausencia de heterocedasticidad evidente. Asimismo, el Q-Q plot refleja una correspondencia aceptable con la distribución normal teórica, respaldando el cumplimiento de los supuestos del ANOVA para esta variable, tal como se observa en la Figura 14.

Figura 14*Evaluación de los supuestos del modelo ANOVA para el índice de refracción*

Los valores del índice de refracción obtenidos variaron entre 1.4598 ± 0.0267 y 1.4823 ± 0.0089 dependiendo del solvente y número de ciclos de extracción. El mayor valor se registró en el tratamiento T3 (etanol, 12 ciclos), mientras que el menor correspondió al tratamiento T4 (acetato de etilo, 4 ciclos).

El análisis de varianza ANOVA, no evidenció diferencias significativas entre las condiciones de extracción evaluadas ($p > 0.05$), indicando que ni el tipo de solvente ni el número de ciclos modificaron de manera apreciable la composición global del extracto. El bajo coeficiente de variación (CV) de 1.00% confirma la estabilidad de parámetros y la buena repetibilidad experimental.

Los valores obtenidos están dentro de los rangos documentados para productos derivados de *Cannabis sativa*, incluyendo 1.4822 para aceite de cannabidiol (Ortega, 2017) y alrededor de 1.489 para aceites esenciales de cáñamo (Ovidi et al., 2022). Además, se encuentra dentro del intervalo descrito para aceites esenciales (1.4660–1.4915) (Carreiro et al., 2020). Esta observación indica consistencia en la composición química del extracto obtenido bajo las condiciones evaluadas.

La estabilidad observada se alinea con lo descrito para aceites esenciales, en los que el índice de refracción se mantiene prácticamente constante a pesar de las variaciones en la proporción de compuestos predominantes (Carreiro et al., 2020). Esto se debe a que el índice de refracción se rige primordialmente por la naturaleza estructural global del extracto más que de mínimas variaciones en sus componentes individuales.

4.1.3 Determinaciones químicas

En los reportes analíticos de terpenos presentan los compuestos identificados y sus respectivos porcentajes relativos (Anexo 1). De manera global, se identificaron 11 terpenos, cuyos resultados se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12*Perfil terpénico del extracto de cannabis*

TERPENOS	Etanol 96%			Acetato de etilo			Tiempo de retención (min)
	4 ciclos	8 ciclos	12 ciclos	4 ciclos	8 ciclos	12 ciclos	
	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE (%)	PORCENTAJE (%)	
α -Pinoeno	-	<LOQ	0.36	<LOQ	1.18	<LOQ	5.10
β -Pinoeno	0.22	0.12	0.36	<LOQ	1.18	0.70	5.30
β -Mirceno	6.12	<LOQ	<LOQ	<LOQ	-	6.01	5.90
Limoneno	3.11	5.64	8.28	5.48	<LOQ	6.01	6.60
Terpinoleno	-	<LOQ	-	<LOQ	-	-	7.30
Linalool	<LOQ	6.76	<LOQ	8.25	1.58	<LOQ	9.00
γ -Elemeno	1.24	0.23	0.53	0.15	1.96	0.70	13.00
β -Cariofileno	<LOQ	<LOQ	0.36	<LOQ	0.79	<LOQ	13.80
α -Humuleno	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.27	3.54	<LOQ	4.60
Eudesma	2.47	0.32	0.68	1.03	3.93	1.19	16.80
α -Bisabolol	1.84	0.43	1.21	0.64	1.58	1.19	17.20
Total	15	13.50	11.78	15.28	15.74	15.80	

Nota. El tiempo de retención se mantienen iguales para todos los tratamientos.

El contenido total de terpenos osciló entre 11.78% y 15.80%. mostrando variaciones dependientes del solvente y del número de ciclos de extracción. En general, el acetato de etilo presentó contenidos totales ligeramente superiores, mientras que el etanol mostró mayor variabilidad en la proporción relativa de los compuestos.

Los compuestos identificados destacaron α -pineno, β -mirceno, limoneno, (E)-cariofileno y α -humuleno, los cuales son terpenos comúnmente descritos como predominantes en derivados de *Cannabis sativa* L. La presencia de monoterpenos y sesquiterpenos sugiere que el procedimiento Soxhlet permitió la extracción tanto de compuestos volátiles como de fracciones menos volátiles de la oleorresina.

El perfil obtenido se alinea cualitativamente con lo reportado para aceites esenciales de cáñamo, en los que los componentes principales comprenden (E)-cariofileno, α -humuleno, mirceno y α -pineno (Fiorini et al., 2020; Benelli et al., 2018b). Sin embargo, las proporciones relativas fueron inferiores a las registradas en aceites esenciales, es un fenómeno anticipado debido a que la extracción mediante solventes orgánicos y el método Soxhlet proporciona una fracción más amplia de compuestos lipofílicos, lo que disminuye la concentración relativa de los terpenos.

La identificación de estos compuestos es de interés, ya que algunos de ellos han sido relacionados como pesticidas entre ellas con la actividad insecticida plaga de importancia agrícola. Estudios anteriores relacionan la toxicidad de extractos de cáñamo principalmente a α -pineno, mirceno, terpinoleno, (E)-cariofileno y α -humuleno (Rossi et al., 2020; Benelli et al., 2018b). Por lo tanto, aunque las concentraciones individuales fueron bajas, la mezcla de terpenos que se encuentra en el aceite sugiere un posible efecto sinérgico biológico de las matrices vegetales complejas.

Estas diferencias encontradas respecto a otros estudios pueden deberse al método de extracción, al estado del material vegetal y al quimiotipo de la planta, ya que se sabe que estos factores modifican en gran medida la composición terpénica del cáñamo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La estandarización de la materia prima fue efectiva, logrando un rendimiento útil del 84.4%, adecuado para la extracción. La disminución de masa respondió a la eliminación de humedad, compuestos volátiles y CO₂ durante la descarboxilación, optimizando la disponibilidad de compuestos bioactivos. La remoción de tallos mejoró la homogeneidad del sustrato sin afectar su calidad química, garantizando un material consistente para la extracción por Soxhlet.

El rendimiento de extracción estuvo determinado principalmente por el tipo de solvente y el número de ciclos, mostrando una interacción significativa entre ambos factores. El etanol presentó la mayor eficiencia extractiva a partir de ocho ciclos, alcanzando el rendimiento máximo, mientras que el acetato de etilo mostró valores menores y más estables. En conjunto, los resultados indican que el incremento de ciclos favorece el proceso únicamente cuando se emplea un solvente de mayor polaridad, confirmando su superior capacidad de extracción.

Las propiedades fisicoquímicas evidenciaron estabilidad general del extracto oleorresinoso. Aunque se observaron variaciones en la detección y cuantificación de algunos compuestos, el perfil terpénico predominante se mantuvo entre tratamientos. En consecuencia, las condiciones de operación influyeron principalmente en el rendimiento del extracto, sin modificar de forma significativa su composición global.

5.2 Recomendaciones

Evaluar bioensayos de actividad insecticida directa del extracto obtenido para confirmar su eficacia agronómica real.

Evaluar otros solventes verdes o mezclas hidroalcohólicas para optimizar selectividad extractiva.

Analizar cuantitativamente cannabinoides y terpenos por GC-MS para correlacionar composición química y actividad biológica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria. (2021). *Resolución ARCSA-DE-002-2021-MAFG: Normativa técnica sanitaria para la regulación y control de productos terminados de uso y consumo humano que contengan cannabis no psicoactivo o cáñamo, o derivados de cannabis no psicoactivo o cáñamo*. <https://www.controlsanitario.gob.ec/>
- Agricultural Marketing Service, U.S. Department of Agriculture. (2021). Establishment of a Domestic Hemp Production Program. *Federal Register*, 86(11), 5596–5691. <https://www.federalregister.gov/documents/2021/01/19/2021-00967/establishment-of-a-domestic-hemp-production-program>
- Ángeles López, G. E., Brindis, F., Cristians Niizawa, S., Ventura Martínez, R., Guadalupe, D., & Ángeles López, E. (2014). Cannabis sativa L., una planta singular. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 45(4), 1–6. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952014000400004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Asmah, N., Suniarti, D. F., Margono, A., Mas'ud, Z. A., & Bachtiar, E. W. (2020). Identification of active compounds in ethyl acetate, chloroform, and N-hexane extracts from peels of *Citrus aurantifolia* from Maribaya, West Java, Indonesia. *Journal of advanced pharmaceutical technology & research*, 11(3), 107–112. https://doi.org/10.4103/japtr.JAPTR_177_19
- Benelli, G., Pavela, R., Lupidi, G., Nabissi, M., Petrelli, R., Ngahang Kamte, S. L., Cappellacci, L., Fiorini, D., Sut, S., Dall'Acqua, S., & Maggi, F. (2018). The crop-residue of fiber hemp cv. Futura 75: from a waste product to a source of botanical insecticides. *Environmental science and pollution research international*, 25(11), 10515–10525. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0635-5>
- Benelli, G., Pavela, R., Petrelli, R., Cappellacci, L., Santini, G., Fiorini, D., Sut, S., Dall'Acqua, S., Canale, A., & Maggi, F. (2018). The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. *Industrial Crops and Products*, 122, 308–315. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2018.05.032>
- Binello, A., Rosso, E., Gandlevskiy, N., Carnaroglio, D., Visinoni, F., di Franco, M., Barge, A., & Cravotto, G. (2023). A new prototype reactor for the fast microwave-assisted

- decarboxylation and extraction of cannabinoids in olive oil from Cannabis inflorescences. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 36(24), 101303. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101303>
- Burton, R. A., Andres, M., Cole, M., Cowley, J. M., & Augustin, M. A. (2022). Industrial hemp seed: from the field to value-added food ingredients. *Journal of cannabis research*, 4(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s42238-022-00156-7>
- Carreiro, G. de O., Rahal, I. L., Bortolucci, W. de C., Gonçalves, J. E., Faria, M. G. I., Fernandez, C. M. M., Ruiz, S. P., Colauto, N. B., Linde, G. A., & Gazim, Z. C. (2020). Determinação dos índices físico-químicos dos óleos essenciais de Rosmarinus officinalis, Cymbopogon citratus e Cymbopogon winterianus. *Research, Society and Development*, 9(11), e4359119959. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9959>
- Casiraghi, A., Roda, G., Casagni, E., Cristina, C., Musazzi, U. M., Franzè, S., Rocco, P., Giuliani, C., Fico, G., Minghetti, P., & Gambaro, V. (2018). Extraction Method and Analysis of Cannabinoids in Cannabis Olive Oil Preparations. *Planta médica*, 84(4), 242–249. <https://doi.org/10.1055/s-0043-123074>
- Cerino, P., Buonerba, C., Cannazza, G., D'Auria, J., Ottoni, E., Fulgione, A., Di Stasio, A., Pierri, B., & Gallo, A. (2021). A Review of Hemp as Food and Nutritional Supplement. *Cannabis and cannabinoid research*, 6(1), 19–27. <https://doi.org/10.1089/can.2020.0001>
- Chambers, M. I., Beyramysoltan, S., Garosi, B., & Musah, R. A. (2023). Combined ambient ionization mass spectrometric and chemometric approach for the differentiation of hemp and marijuana varieties of *Cannabis sativa*. *Journal of Cannabis Research*, 5(5). <https://doi.org/10.1186/s42238-023-00173-0>
- Chen, C., & Pan, Z. (2021). Cannabidiol and terpenes from hemp – ingredients for future foods and processing technologies. *Journal of Future Foods*, 1(2), 113–127. <https://doi.org/10.1016/J.JFUTFO.2022.01.001>
- Clarke, R. C., & Merlin, M. D. (2016). Cannabis Domestication, Breeding History, Present-day Genetic Diversity, and Future Prospects. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 35(5-6), 293-327. doi:10.1080/07352689.2016.1267498
- Comisión Europea. (s. f.). Cáñamo. Dirección General de Agricultura y Desarrollo Rural. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_es
- Crini, G., Lichtfouse, E., Chanut, G., & Morin-Crini, N. (2020). Applications of hemp in textiles, paper industry, insulation and building materials, horticulture, animal nutrition,

- food and beverages, nutraceuticals, cosmetics and hygiene, medicine, agrochemistry, energy production and environment: a review. *Environmental Chemistry Letters* 2020 18:5, 18(5), 1451–1476. <https://doi.org/10.1007/S10311-020-01029-2>
- Dewi, L. K., Setyawati, S. D., Pamuji, A. N. F., Indrayana, S., & Cahyani, C. (2023). The Effect of Various Solvent in Soxhlet Extraction on The Characteristics of Basil Oil (*Ocimum Americanum L.*). *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 12(1), 63–69. <https://doi.org/10.15294/jbat.v12i1.41903>
- European Commission. (s. f.). Hemp - Agriculture and rural development. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_en
- Filer C. N. (2022). Acidic Cannabinoid Decarboxylation. *Cannabis and cannabinoid research*, 7(3), 262–273. <https://doi.org/10.1089/can.2021.0072>
- Fiorini, D., Scortichini, S., Bonacucina, G., Greco, N. G., Mazzara, E., Petrelli, R., Torresi, J., Maggi, F., & Cespi, M. (2020). Cannabidiol-enriched hemp essential oil obtained by an optimized microwave-assisted extraction using a central composite design. *Industrial Crops and Products*, 154, 112688. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2020.112688>
- Flores Mediavilla, N. A. (2022). *Obtención de un aceite esencial extraído de la cáscara de la mandarina *Citrus Reticulata L.* para control de mosca blanca *trialeurodes Vaporariorum W.** [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13162>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations & World Health Organization. (2016). *Manual on development and use of FAO and WHO specifications for pesticides* (1st ed., 3rd rev.; FAO Plant Production and Protection Paper No. 228). FAO. <https://www.fao.org/3/i5713e/i5713e.pdf>
- Gunstone, F.D., Harwood, J.L., & Harwood, J.L. (2007). *The Lipid Handbook with CD-ROM* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420009675>
- Hazekamp, A., Simons, R., Peltenburg-Looman, A., Sengers, M., van Zweden, R., & Verpoorte, R. (2009). Preparative Isolation of Cannabinoids from *Cannabis sativa* by Centrifugal Partition Chromatography. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*, 27(15), 2421–2439. <https://doi.org/10.1081/JLC-200028170>
- Hourfane, S., Mechqoq, H., Bekkali, A. Y., Rocha, J. M., & El Aouad, N. (2023). A Comprehensive Review on *Cannabis sativa* Ethnobotany, Phytochemistry, Molecular

- Docking and Biological Activities. *Plants*, 12(6), 1245.
<https://doi.org/10.3390/plants12061245>
- Idárraga-Vélez, A. M., Gil Chaves, I. D., & Orozco, G. A. (2023). Densities and viscosities of cannabis extracts and distillates, and densities, viscosities, fusion enthalpy, and melting point of cannabidiol. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 68(12), 2982–2988.
<https://doi.org/10.1021/acs.jced.3c00105>
- Isman, M. B., & Machial, C. M. (2006). Chapter 2 Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. *Advances in Phytomedicine*, 3(C), 29–44.
[https://doi.org/10.1016/S1572-557X\(06\)03002-9](https://doi.org/10.1016/S1572-557X(06)03002-9)
- Jaya Jayashika, B. (2025). Solvent-Dependent Phytochemical Diversity in *Justicia Tranquebariensis*: A Comparative Analysis of Methanol and Ethyl Acetate Extractions. *International Journal for Multidisciplinary Research (IJFMR)*, 7(3), E-ISSN: 2582-2160.
- Kinghorn, A. D., Falk, H., Gibbons, S., & Kobayashi, J. (Eds.). (2017). *Phytocannabinoids: Unraveling the Complex Chemistry and Pharmacology of Cannabis sativa* (Vol. 103). Springer International Publishing. DOI: 10.1007/978-3-319-45541-9
- Konstantinović, B., Koren, A., Kojić, M., Samardžić, N., Sikora, V., y Popov, M. (2021). Allelopathic properties of hemp. *Contemporary Agriculture*, 70(3-4), 101–107.
<https://doi.org/10.2478/contagri-2021-0015>
- Kwaśnica, A., Pachura, N., Masztalerz, K., Figiel, A., Zimmer, A., Kupczyński, R., Wujcikowska, K., Carbonell-Barrachina, A. A., Szumny, A., & Róžański, H. (2020). Volatile Composition and Sensory Properties as Quality Attributes of Fresh and Dried Hemp Flowers (*Cannabis sativa* L.). *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(8), 1118.
<https://doi.org/10.3390/foods9081118>
- Lazarjani, M. P., Young, O., Kebede, L., & Seyfoddin, A. (2021). Processing and extraction methods of medicinal cannabis: a narrative review. *Journal of cannabis research*, 3(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s42238-021-00087-9>
- Lee, J.-E., Jayakody, J. T. M., Kim, J.-I., Jeong, J.-W., Choi, K.-M., Kim, T.-S., Seo, C., Azimi, I., Hyun, J., & Ryu, B. (2024). The Influence of Solvent Choice on the Extraction of Bioactive Compounds from Asteraceae: A Comparative Review. *Foods*, 13(19), 3151.
<https://doi.org/10.3390/foods13193151>
- Lewis-Bakker, M. M., Yang, Y., Vyawahare, R., & Kotra, L. P. (2019). Extractions of Medical Cannabis Cultivars and the Role of Decarboxylation in Optimal Receptor

- Responses. *Cannabis and cannabinoid research*, 4(3), 183–194.
<https://doi.org/10.1089/can.2018.0067>
- Li, H. L. (1974). An Archaeological and Historical Account of Cannabis in China. *Economic Botany*, 28(4), 437-448
- Mazzara, E., Carletti, R., Petrelli, R., Mustafa, A. M., Caprioli, G., Fiorini, D., Scortichini, S., Dall'Acqua, S., Sut, S., Nuñez, S., López, V., Zheljazkov, V. D., Bonacucina, G., Maggi, F., & Cespi, M. (2022). Green extraction of hemp (*Cannabis sativa* L.) using microwave method for recovery of three valuable fractions (essential oil, phenolic compounds and cannabinoids): a central composite design optimization study. *Journal of the science of food and agriculture*, 102(14), 6220–6235.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.11971>
- Mazzara, E., Spinozzi, E., Maggi, F., Petrelli, R., Fiorini, D., Scortichini, S., Perinelli, D. R., Bonacucina, G., Ricciardi, R., Pavela, R., & Benelli, G. (2023). Hemp (*Cannabis sativa* cv. Kompolti) essential oil and its nanoemulsion: Prospects for insecticide development and impact on non-target microcrustaceans. *Industrial Crops and Products*, 203, 117161. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2023.117161>
- McPartland, J. M. (2018). Cannabis Systematics at the Levels of Family, Genus, and Species. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 3(1), 203–212.
<https://doi.org/10.1089/can.2018.0039>
- Meringolo, L., Bonesi, M., Sicari, V., Rovito, S., Passalacqua, N. G., Loizzo, M. R., & Tundis, R. (2022). Essential Oils and Extracts of *Juniperus macrocarpa* Sm. and *Juniperus oxycedrus* L.: Comparative Phytochemical Composition and Anti-Proliferative and Antioxidant Activities. *Plants*, 11(8), 1025. <https://doi.org/10.3390/plants11081025>
- Merino, J., Samaniego, I., López, D., Viera, W., Mejía, P., Jaramillo, P., Viteri, P., & Gaona, P. (2024). Rendimiento y contenido de cannabidiol (CBD) y tetrahidrocannabinol (THC) en cannabis medicinal (*Cannabis sativa*) cultivado en la Sierra ecuatoriana. *Manglar*, 21(1), 107-113. <http://doi.org/10.57188/manglar.2024.011>
- Mikulcová, V., Kašpárková, V., Humpolíček, P., & Buňková, L. (2017). Formulation, Characterization and Properties of Hemp Seed Oil and Its Emulsions. *Molecules* 2017, Vol. 22, Page 700, 22(5), 700. <https://doi.org/10.3390/MOLECULES22050700>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). *Acuerdo Ministerial N° 109 de 2020: Expedir el reglamento para la importación, siembra, cultivo, cosecha, post cosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, comercialización y exportación de*

- cannabis no psicoactivo o cáñamo y cáñamo para uso industrial*.
<https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/10/109-2020-1.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2025). *Manual técnico para el manejo del cultivo de cannabis no psicoactivo y cáñamo industrial* (1.^a ed.). Quito, Ecuador: MAG.
<https://www.agricultura.gob.ec>
- Motiejauskaitė, D., Ullah, S., Kundrotaitė, A., Žvirduškaitė, R., Bakšinskaitė, A., & Barčauskaitė, K. (2023). Isolation of Biologically Active Compounds from *Cannabis sativa* L. Inflorescences by Using Different Extraction Solvents and Evaluation of Antimicrobial Activity. *Antioxidants*, *12*(5), 998.
<https://doi.org/10.3390/antiox12050998>
- National Agricultural Statistics Service [NASS]. (2022). National Hemp Report. U.S. United States Department of Agriculture [USDA]. <https://www.nass.usda.gov>.
- Ortega Serrano, A. E. (2017). Caracterización del aceite de cannabidiol utilizado como anticonvulsivante en el Centro Nacional de Epilepsia. [Tesis de grado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13210>
- Ovidi, E., Laghezza Masci, V., Taddei, A. R., Torresi, J., Tomassi, W., Iannone, M., Tiezzi, A., Maggi, F., & Garzoli, S. (2022). Hemp (*Cannabis sativa* L., Kompolti cv.) and Hop (*Humulus lupulus* L., Chinook cv.) Essential Oil and Hydrolate: HS-GC-MS Chemical Investigation and Apoptotic Activity Evaluation. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, *15*(8), 976. <https://doi.org/10.3390/ph15080976>
- Pieracci, Y., Fulvio, F., Isca, V., Pistelli, L., Bassolino, L., Montanari, M., Moschella, A., Flamini, G., & Paris, R. (2023). The phenological stage of hemp inflorescences affects essential oil yield and its chemical composition. *Industrial Crops and Products*, *197*, 116605. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2023.116605>
- Pino Alea, J. A. (2015). *Aceites esenciales: química, bioquímica, producción y usos*: (ed.). Editorial Universitaria. <https://elibro.net/es/lc/utnorte/titulos/71620>
- Pino, S., Espinoza, L., Jara-Gutiérrez, C., Villena, J., Olea, A. F., & Díaz, K. (2023). Study of Cannabis Oils Obtained from Three Varieties of *C. sativa* and by Two Different Extraction Methods: Phytochemical Characterization and Biological Activities. *Plants*, *12*(9). <https://doi.org/10.3390/plants12091772>
- Potter, D. (2009). *The propagation, characterisation and optimisation of Cannabis sativa L as a phytopharmaceutical* (Doctoral dissertation, King's College London).
- Promhuad, K., Srisa, A., San, H., Laorenza, Y., Wongphan, P., Sodsai, J., Tansin, K., Phromphen, P., Chartvivatpornchai, N., Ngoenchai, P., & Harnkarnsujarit, N. (2022).

- Applications of Hemp Polymers and Extracts in Food, Textile and Packaging: A Review. *Polymers* 2022, Vol. 14, Page 4274, 14(20), 4274. <https://doi.org/10.3390/POLYM14204274>
- Redfern, J., Kinninmonth, M., Burdass, D., & Verran, J. (2014). Using Soxhlet ethanol extraction to produce and test plant material (essential oils) for their antimicrobial properties. *Journal of microbiology & biology education*, 15(1), 45–46. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v15i1.656>
- Sainz Martinez, A., Lanaridi, O., Stagel, K., Halbwirth, H., Schnürch, M., & Bica-Schröder, K. (2023). Extraction techniques for bioactive compounds of cannabis. In *Natural Product Reports* (Vol. 40, Issue 3, pp. 676–717). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d2np00059h>
- Selvaraj, S., Nawfer, N., Dharmawansa, K. V. S., Ali Redha, A., & Rupasinghe, H. P. V. (2025). Recent advances in cannabidiol (CBD) extraction: a review of potential eco-friendly solvents and advanced technologies. *Green Analytical Chemistry*, 13, 100270. <https://doi.org/10.1016/J.GREEAC.2025.100270>
- Serna-Loaiza, S., Adamcyk, J., Beisl, S., Kornpointner, C., Halbwirth, H., & Friedl, A. (2020). Pressurized Liquid Extraction of Cannabinoids from Hemp Processing Residues: Evaluation of the Influencing Variables. *Processes*, 8(11), 1334. <https://doi.org/10.3390/pr8111334>
- Sharma, A., Kumar, V., Shahzad, B., Tanveer, M., Sidhu, G. P. S., Handa, N., Kohli, S. K., Yadav, P., Bali, A. S., Parihar, R. D., Dar, O. I., Singh, K., Jasrotia, S., Bakshi, P., Ramakrishnan, M., Kumar, S., Bhardwaj, R., & Thukral, A. K. (2019). Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Applied Sciences*, 1(11), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S42452-019-1485-1/TABLES/4>
- Singh, C., Tiwari, K. N., Kumar, P., Kumar, A., Dixit, J., Saini, R., & Mishra, S. K. (2021). Toxicity profiling and antioxidant activity of ethyl acetate extract of leaves of *Premna integrifolia* L. for its application as protective agent against xenobiotics. *Toxicology Reports*, 8(5), 196–205. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.01.004>
- Solís García, H. F., Vargas Delgado, L. F., de la rosa-Martínez, A., Suntaxi Crisanto, S. L. F., Londoño-Larrea, P., Gonzalez-Benitez, D., & Montúfar-Delgado, C. (2025). Chemical characterization of hemp seeds (*Cannabis sativa* L.) cultivated in the Ecuadorian Andes. *CYTA - Journal of Food*, 23(1). <https://doi.org/10.1080/19476337.2025.2520539>
- Tabari, M. A., Khodashenas, A., Jafari, M., Petrelli, R., Cappellacci, L., Nabissi, M., Maggi, F., Pavela, R., & Youssefi, M. R. (2020). Acaricidal properties of hemp (*Cannabis*

- sativa L.) essential oil against *Dermanyssus gallinae* and *Hyalomma dromedarii*. *Industrial Crops and Products*, 147, 112238. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112238>
- Tiago, F. J., Paiva, A., Matias, A. A., y Duarte, A. R. C. (2022). Extraction of bioactive compounds from *Cannabis sativa* L. flowers and/or leaves using deep eutectic solvents. *Frontiers in Nutrition*, 9, Artículo 892314. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.892314>
- Tura, M., Mandrioli, M., Valli, E., Dinnella, C., & Gallina Toschi, T. (2023). Sensory Wheel and Lexicon for the Description of Cold-Pressed Hemp Seed Oil. *Foods*, 12(3), 661. <https://doi.org/10.3390/foods12030661>
- United Nations. (1961). Single Convention on Narcotic Drugs, 1961, as amended by the 1972 Protocol. https://www.unodc.org/pdf/convention_1961_en.pdf
- Valizadehderakhshan, M., Shahbazi, A., Kazem-Rostami, M., Todd, M. S., Bhowmik, A., & Wang, L. (2021). Extraction of Cannabinoids from *Cannabis sativa* L. (Hemp) Review. *Agriculture*, 11(5), 384. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050384>
- World Health Organization (2011). Quality control methods for herbal materials. World Health Organization. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/44479>
- Žitek Makoter, T., Kotnik, P., Makoter, T., Knez, Ž., & Knez Marevci, M. (2025). Optimization of the supercritical extraction and decarboxylation process of industrial hemp. *Journal of CO2 Utilization*, 91(6), 103007. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2024.103007>

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de análisis de terpenos

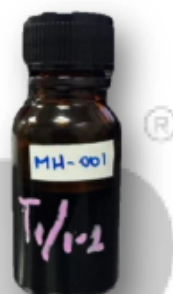


HEMP ECUADOR LABS S.A.S Certificado de Análisis

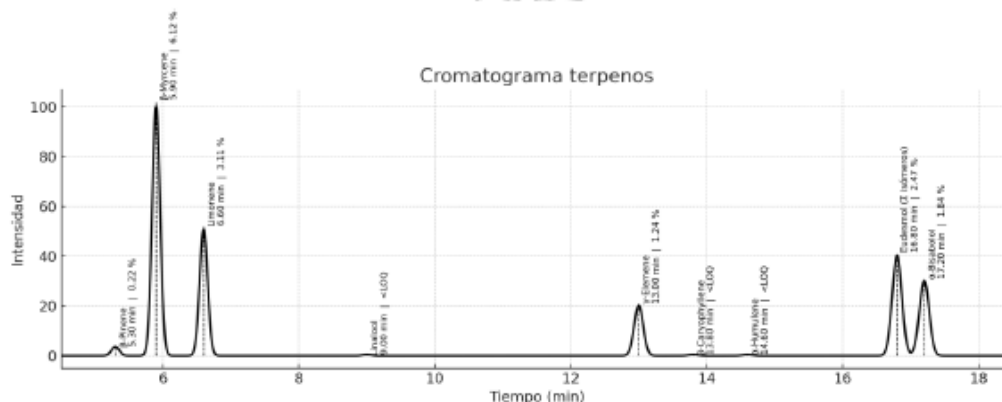
Cliente: Jhoselyn Pupiales	Descripción de muestra: Extracto	Fecha de recolección de muestra: 18/11/2025
Número de muestra: MH-001T	Metodología: CG-FID	Fecha de análisis de la muestra: 20/11/2025
Categoría: Extracto	ID muestra: T1/1-2	Fecha de reporte: 20/11/2025

RESULTADOS DE ANALISIS TERPENOS

Terpeno	Porcentaje(%)	RT (min)
β-Pinene	0.22	5.30
β-Myrcene	6.12	5.90
Limonene	3.11	6.60
Linalool	<LOQ	9.00
γ-Elemene	1.24	13.00
β-Caryophyllene	<LOQ	13.80
α-Humulene	<LOQ	14.60
Eudesma	2.47	16.80
α-Bisabolol	1.84	17.20
Total	15.00	



*ND= No Detectado (<LOQ)



El laboratorio dispone de las Incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.

Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente. Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarroel & Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador

Teléfono: 0987688855

@hempeculab

hempecu@gmail.com



www.hempecu.com

0987688855

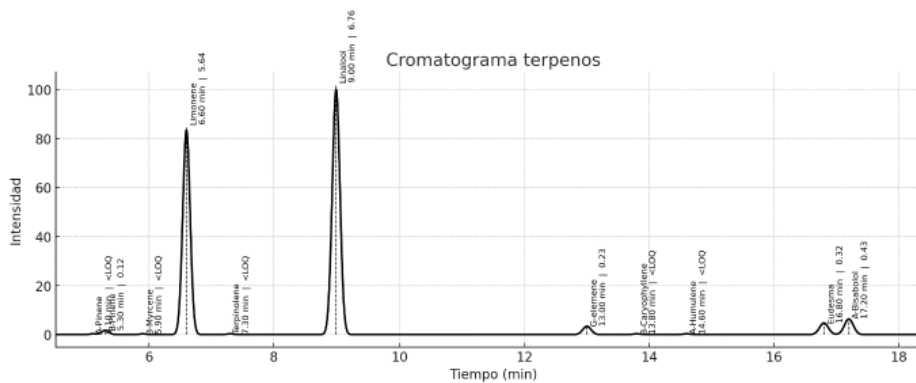
Ciente: Jhoselyn Pupiales	Descripción de muestra: Extracto	Fecha de recolección de muestra: 18/11/2025
Número de muestra: MH-003T	Metodología: CG-FID	Fecha de análisis de la muestra: 21/11/2025
Categoría: Extracto	ID muestra: T2/1-2	Fecha de reporte: 21/11/2025

RESULTADOS DE ANÁLISIS TERPENOS

Terpeno	Porcentaje (%)	RT (min)
α -Pinene	<LOQ	5.10
β -Pinene	0.12	5.30
β -Myrcene	<LOQ	5.90
Limonene	5.64	6.60
Terpinolene	<LOQ	7.30
Linalool	6.76	9.00
γ -Elemene	0.23	13.00
β -Caryophyllene	<LOQ	13.80
α -Humulene	<LOQ	14.60
Eudesma	0.32	16.80
α -Bisabolol	0.43	17.20
Total	13.50	-



*N/D= No Detectado (<LOQ)



El laboratorio dispone de las incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.

Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente. Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarreal & Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador

Teléfono: 0987688855



HEMP ECUADOR LABS S.A.S
Certificado de Análisis

Observaciones

.....
.....

Firmado digitalmente por
ANDRES SEBASTIAN GOMEZ NARANJO
Nombre de inscripción (CNP): s-EC-19-GOMEZ NARANJO
Identificación: s-EC-19-ANDRES SEBASTIAN GOMEZ NARANJO
Fecha: 2023.11.25 11:58:05 -0500

Quim. Andrés Gómez
Analista de Laboratorio

Firmado digitalmente por
EDUARDO DANIEL MONGE BARRERA
Nombre de inscripción (CNP): s-EC-19-EDUARDO DANIEL MONGE BARRERA
Identificación: s-EC-19-EDUARDO DANIEL MONGE BARRERA
Fecha: 2023.11.25 11:58:34 -0500

Msc. Eduardo Monge
Gerente General



El laboratorio dispone de las incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.

Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente. Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarroel & Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador
Teléfono: 0987688855

@hempeculab

hempecu@gmail.com

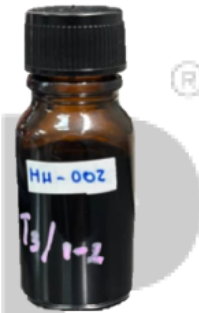
www.hempecu.com

0987688855

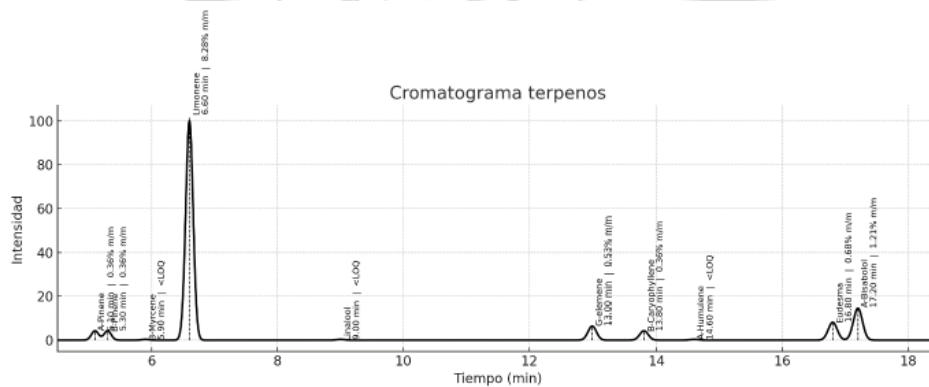
Ciente: Jhoselyn Pupiales	Descripción de muestra: Extracto	Fecha de recolección de muestra: 18/11/2025
Número de muestra: MH-002T	Metodología: CG-FID	Fecha de análisis de la muestra: 20/11/2025
Categoría: Extracto	ID muestra: T3/1-2	Fecha de reporte: 20/11/2025

RESULTADOS DE ANÁLISIS TERPENOS

Terpeno	Porcentaje (%)	RT (min)
α -Pinene	0.36	5.10
β -Pinene	0.36	5.30
β -Myrcene	<LOQ	5.90
Limonene	8.28	6.60
Linalool	<LOQ	9.00
γ -Elemene	0.53	13.00
β -Caryophyllene	0.36	13.80
α -Humulene	<LOQ	14.60
Eudesma	0.68	16.80
α -Bisabolol	1.21	17.20
Total	11.78	



*ND= No Detectado (<LOQ)



El laboratorio dispone de las incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.

Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente. Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarroel & Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador

Teléfono: 0987688855

@hempeculab

hempecu@gmail.com

www.hempecu.com

0987688855



HEMP ECUADOR LABS S.A.S
Certificado de Análisis

Observaciones

.....
.....

**ANDRES
SEBASTIAN
GOMEZ
NARANJO**
Firmado digitalmente por
ANDRES SEBASTIAN GOMEZ
NARANJO
Nombre de reconocimiento
DN: cn=ANDRES SEBASTIAN
NARANJO,
ou=HEMP ECUADOR LABS
SEBASTIAN,
serialNumber=171167121-
000211222,
c=ECUADOR, o=SECURITY
DATA S.A. s.c.
Fecha: 2023.11.25 11:49:51
-0500
Quim.Andrés Gómez
Analista de Laboratorio

**EDUARDO
DANIEL
MONGE
BARRERA**
Firmado digitalmente por
EDUARDO DANIEL MONGE
BARRERA
Nombre de reconocimiento
DN: cn=EDUARDO DANIEL
MONGE BARRERA,
serialNumber=171167121-
000211222,
c=ECUADOR, o=SECURITY
DATA S.A. s.c.
Fecha: 2023.11.25 11:49:51
-0500
Msc.Eduardo Monge
Gerente General



El laboratorio dispone de las incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.
Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente.
Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarroel & Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador
Teléfono: 0987688855

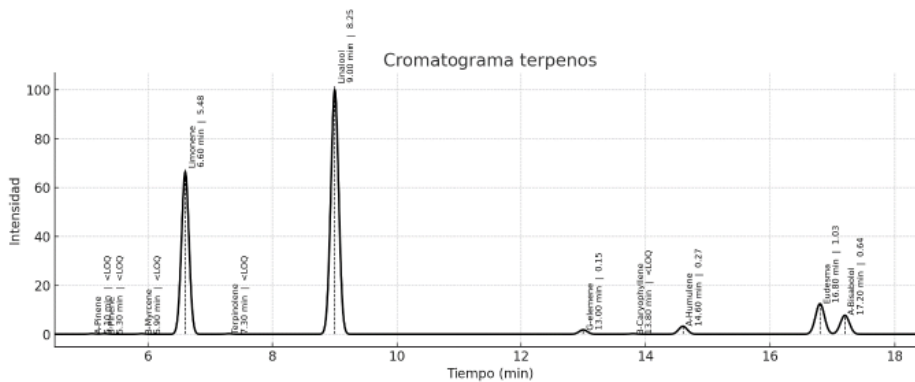
Cliente: Jhoselyn Pupiales	Descripción de muestra: Extracto	Fecha de recolección de muestra: 18/11/2025
Número de muestra: MH-004T	Metodología: CG-FID	Fecha de análisis de la muestra: 21/11/2025
Categoría: Extracto	ID muestra: AT1/1-2	Fecha de reporte: 21/11/2025

RESULTADOS DE ANÁLISIS TERPENOS

Terpeno	Porcentaje (%)	RT (min)
α -Pinene	<LOQ	5.10
β -Pinene	<LOQ	5.30
β -Myrcene	<LOQ	5.90
Limonene	5.48	6.60
Terpinolene	<LOQ	7.30
Linalool	8.25	9.00
γ -elemene	0.15	13.00
β -Caryophyllene	<LOQ	13.80
α -Humulene	0.27	14.60
Eudesma	1.03	16.80
α -Bisabolol	0.64	17.20
Total	15.28	-



*N/D= No Detectado (<LOQ)



El laboratorio dispone de las incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.

Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente. Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarroel & Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador
Teléfono: 0987688855



HEMP ECUADOR LABS S.A.S
Certificado de Análisis

Observaciones

.....
.....

Firmado digitalmente por
ANDRES SEBASTIAN GOMEZ
NOMBRE
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, ou=GOMEZ
NARANJO
givenName=ANDRES
SEBASTIAN
serialNumber=ECSC-17214
0009, ou=ANDRES
SEBASTIAN GOMEZ
NARANJO
2.5.4.97-2196C-17214000905
001
Fecha: 2025.11.25 11:52:17
-05'00'

Quim. Andrés Gómez
Analista de Laboratorio

Firmado digitalmente por
EDUARDO DANIEL MONGE
BARRERA
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EDUARDO DANIEL
MONGE BARRERA
serialNumber=1713671212-1
1922112634, ou=ENTIDAD
DE CERTIFICACION DE
INFORMACION, c=SECURITY
DATA S.A. 2, c=EC
Fecha: 2025.11.25 11:52:11
-05'00'

Msc. Eduardo Monge
Gerente General



El laboratorio dispone de las incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.

Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente. Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarroel & Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador

Teléfono: 0987688855

@hempeculab

hempecu@gmail.com

www.hempecu.com

0987688855

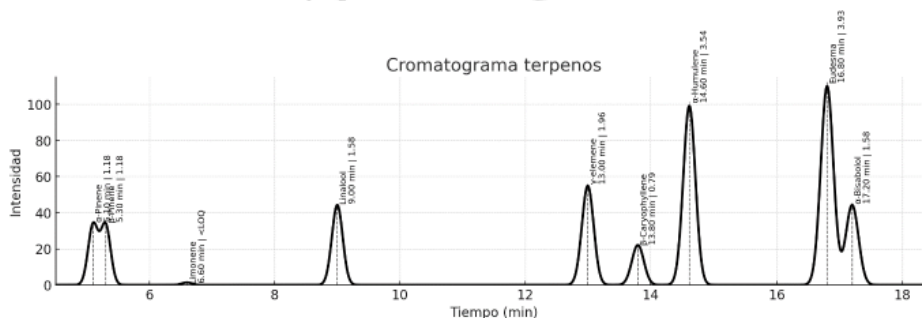
Ciente: Jhoselyn Pupiales	Descripción de muestra: Extracto	Fecha de recolección de muestra: 18/11/2025
Número de muestra: MH-005T	Metodología: CG-FID	Fecha de análisis de la muestra: 24/11/2025
Categoría: Extracto	ID muestra: AT2/1-2	Fecha de reporte: 24/11/2025

RESULTADOS DE ANÁLISIS TERPENOS

Terpeno	Porcentaje (%)	RT (min)
α -Pinene	1.18	5.10
β -Pinene	1.18	5.30
Limonene	<LOQ	6.60
Linalool	1.58	9.00
γ -elemene	1.96	13.00
β -Caryophyllene	0.79	13.80
α -Humulene	3.54	14.60
Eudesma	3.93	16.80
α -Bisabolol	1.58	17.20
Total	15.74	



*N/D= No Detectado (<LOQ)





El laboratorio dispone de las incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.


Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente. Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarroel y Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador

Teléfono: 0987688855

 @hempeculab

 hempecu@gmail.com

 www.hempecu.com

 0987688855

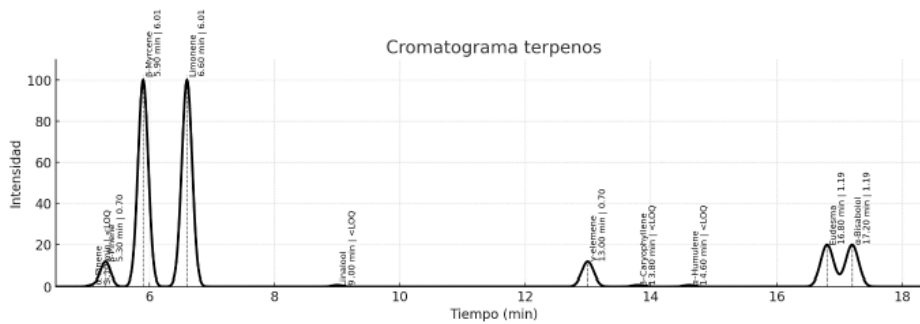
Ciente: Jhoselyn Pupiales	Descripción de muestra: Extracto	Fecha de recolección de muestra: 18/11/2025
Número de muestra: MH-006T	Metodología: CG-FID	Fecha de análisis de la muestra: 24/11/2025
Categoría: Extracto	ID muestra: AT3/1-2	Fecha de reporte: 24/11/2025

RESULTADOS DE ANÁLISIS TERPENOS

Terpeno	Porcentaje (%)	RT (min)
α -Pinene	<LOQ	5.10
β -Pinene	0.70	5.30
β -Myrcene	6.01	5.90
Limonene	6.01	6.60
Linalool	<LOQ	9.00
γ -elemene	0.70	13.00
β -Caryophyllene	<LOQ	13.80
α -Humulene	<LOQ	14.60
Eudesma	1.19	16.80
α -Bisabolol	1.19	17.20
Total	15.80	



*N/D= No Detectado (<LOQ)




El laboratorio dispone de las incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.

Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente. Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarroel & Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador

Teléfono: 0987688855

 @hempeculab

 hempecu@gmail.com

 www.hempecu.com

 0987688855



HEMP ECUADOR LABS S.A.S
Certificado de Análisis

Observaciones

.....
.....

**ANDRES
SEBASTIAN
GOMEZ
NARANJO**

Formado digitalmente por
ANDRES GOMEZ NARANJO
Número de identificación: 0987654321
Fecha de emisión: 2023-10-27 10:00:00
Código de verificación: 1234567890
HEMP ECUADOR LABS S.A.S

Quim. Andrés Gómez
Analista de Laboratorio

**EDUARDO
DANIEL
MONGE
BARRERA**

Formado digitalmente por
EDUARDO DANIEL MONGE
BARRERA
Número de identificación: 0987654321
Fecha de emisión: 2023-10-27 10:00:00
Código de verificación: 1234567890
HEMP ECUADOR LABS S.A.S

Msc. Eduardo Monge
Gerente General



El laboratorio dispone de las incertidumbres estimadas para cada ensayo realizado, las cuales se encuentran en disposición para el cliente. Estos análisis, opiniones y/o interpretaciones están basados en el material/información proporcionada por el cliente para quien se ha realizado este informe en forma exclusiva y confidencial. Hemp Ecuador Labs S.A.S no se responsabiliza por la veracidad de dicha información y como esta puede afectar a la validez de los resultados del presente informe.

Hemp Ecuador Labs no se responsabiliza por información acerca de la toma de muestra, ya que esta parte del proceso es realizada por el cliente. Los resultados del presente informe de ensayo no se pueden reproducir total o parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.

Avenida Gaspar de Villarroel & Jorge Drom, Quito 170513, Distrito Metropolitano de Quito, Pichincha, Ecuador

Teléfono: 0987688855



@hempeculab



hempecu@gmail.com



www.hempecu.com



0987688855

Anexo 2

Extracto con solvente y extracto puro



Anexo 3

Determinación del Índice de refracción



Anexo 4

Tallos retirados de la inflorescencia

