

**DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE CBD PRESENTE EN LA PLANTA DE  
CANNABIS, EN LAS ESPECIES HARD DIESEL (SATIVA) Y BLACK DOMINA  
(INDICA) A PARTIR DE EXTRACCIÓN QUÍMICA CON ETANOL.**

**DANIEL FELIPE MARCHENA PINILLA**

**Proyecto Integral de Grado para optar al título de  
INGENIERO QUÍMICO**

**Directora**

**Diana Madelen Galindres Jimenez  
Dr. Sc. Química**

**Codirectora**

**Eliana Alejandra Pinilla Simijaca  
Ingeniera Química**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
BOGOTÁ D.C.**

**2021**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Nombre  
Firma del Director

---

Nombre  
Firma del Presidente Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

---

Nombre  
Firma del Jurado

**Bogotá D.C., agosto 2021.**

## **DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD**

### **Presidente de la Universidad y Rector del Claustro**

Dr. Mario Posada García-Peña

### **Consejero Institucional**

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

### **Vicerrectora Académica y de investigaciones**

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

### **Vicerrector Administrativo y Financiero**

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

### **Secretario general**

Dr. Jose Luis Macias Rodriguez

### **Decano de la Facultad de Ingeniería**

Dr. Julio Cesar Fuentes Arismendi

### **Director de Programa de Ingeniería Química**

Dr. Nubia Liliana Becerra Ospina

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables de los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres Aura Pinilla y Anderson Marchena por brindarme su apoyo desde el primer día hasta la culminación de este proyecto, siempre dispuestos a darme su ayuda y consejo, a mis familiares y amigos más cercanos por acompañarme en tantos momentos de mi vida dando ese apoyo incondicional sin importar el qué Y finalmente a la vida por permitirme disfrutar de esos pequeños detalles, de todos estos años con los buenos y malos momentos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por otorgarme una familia maravillosa que me ha enseñado buenos principios y me ha brindado el privilegio de estudiar. Por las enseñanzas que me impartieron para afrontar cada nuevo día y los retos que implican con éxito.

A mi directora Diana Galindres por guiarme, ayudarme, instruirme y acompañarme durante la realización de este proyecto.

A mi tía y codirectora Alejandra pinilla por brindarme su ayuda desde el comienzo, por motivarme e impulsarme, por ser esa gran amiga durante los buenos y los malos momentos.

A mis familiares que me brindaron su ayuda y apoyo, que sin ellos este proyecto no habría llevado a cabo.

A el profesor Luis Alberto Figueroa, a Bryan Gonzales, Diego Cifuentes y demás personas que me dieron consejo y asesoramiento durante el desarrollo de este proyecto.

A la Fundación Universidad de América, por darme la oportunidad de ingresar a educación de calidad superior y a sus docentes; a quienes les estoy agradecido por el conocimiento compartido durante estos años

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	5
1. MARCO TEÓRICO	6
1.1 Generalidades de las especies de cannabis	6
1.1.1 <i>Nombre vernacular de cannabis</i>	6
1.1.2 <i>Composición química del cannabis</i>	6
1.2 Descripción de las especies Cannabis sativa Hard Diesel y Cannabis indica Black Domina	7
1.2.1 <i>Cannabis sativa. (Hard Diésel)</i>	7
1.2.1.a <i>Clasificación taxonómica</i>	7
1.2.1.b <i>Descripción botánica</i>	8
1.2.2 <i>Cannabis Indica (Black Domina)</i>	10
1.2.2.a <i>Descripción botánica</i>	12
1.3 CULTIVO	13
1.3.1 <i>Tipos de cultivo</i>	13
1.3.1.a <i>Cultivos en interior</i>	13
1.3.1.b <i>Cultivos en exterior</i>	14
1.3.1.c <i>Cultivos mixtos</i>	15
1.3 Cannabinoides	16
1.3.1 <i>Descripción del CBD</i>	17
1.4 Técnicas de extracción de CBD	18
1.4.1 <i>Extracción de CBD con dióxido de carbono supercrítico</i>	19
1.4.2 <i>Extracción con solventes</i>	21
1.4.2.a <i>Extracción de CBD con butano</i>	21
1.4.2.b <i>Extracción de CBD con Etanol</i>	22
1.4.2.b.i. <i>Proceso industrial de extracción química con etanol de CBD</i>	23
1.4.3 <i>Parámetros y condiciones de los métodos de extracción</i>	26
1.5 Técnicas para Caracterización y cuantificación de cannabinoides	27
1.5.1 <i>Cromatografía de capa fina</i>	27
1.5.2 <i>La cromatografía líquida de alta eficacia</i>	28
1.5.3 <i>Espectroscopía UV/VIS</i>	29
1.7 Normatividad en Colombia.	31

2. MATERIALES Y MÉTODOS PARA LA EXTRACCIÓN QUÍMICA DE CBD CON ETANOL	32
2.1 OBTENCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL A PARTIR DE LAS ESPECIES HARD DIÉSEL (SATIVA) Y BLACK DOMINA (INDICA)	33
2.1.1 <i>Realización del cultivo (Germinación y crecimiento)</i>	33
2.1.2 <i>Estado Vegetativo</i>	35
2.1.3 <i>Floración.</i>	36
2.1.4 <i>Senescencia.</i>	38
2.2 COSECHA	39
2.2.1 <i>Limpieza de raíces.</i>	39
2.2.2 <i>Corte.</i>	39
2.3 PRETRATAMIENTOS REQUERIDOS	40
2.3.1 <i>Secado.</i>	40
2.3.2 <i>Trituración del material vegetal:</i>	43
2.4 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE CBD MEDIANTE REVISIÓN Y COMPARACIÓN BIBLIOGRÁFICA	44
2.4.1 <i>Elaboración de la matriz de comparación</i>	45
2.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA EXTRACCIÓN QUÍMICA CON ETANOL	47
2.4.1 <i>Inmersión del material vegetal en etanol</i>	47
2.4.2 <i>Filtración</i>	49
2.4.3 <i>Separación del sustrato del solvente</i>	50
2.5 Esquema general del proceso	51
3. ANÁLISIS Y RESULTADOS	52
3.1 Análisis morfológico de la planta de Cannabis en las especies Hard Diesel (Sativa) y Black Domina (Indica)	52
3.1.1 <i>Análisis morfológico del Cannabis Hard Diesel (Sativa)</i>	52
3.1.2 <i>Análisis morfológico del Cannabis Black Domina (Indica)</i>	58
3.1.3 <i>Análisis comparativo entre ambas especies</i>	62
3.2 Secado del material vegetal	63
3.3 Resultados de la cuantificación	64
3.3.1 <i>Resultados de la cromatografía líquida (HPLC) para la especie Hard Diesel (Sativa)</i>	64
3.3.2. <i>Resultados de la cromatografía líquida (HPLC) para la especie Black Domina (Indica)</i>	65
3.3.3 <i>Análisis de los resultados</i>	66
4. CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	72

**LISTA DE FIGURAS**

	Pág
<b>Figura 1.</b> aspectos morfológicos del cannabis sativa.	10
<b>Figura 2.</b> aspectos morfológicos del cannabis indica.	12
<b>Figura 3.</b> Cultivo en interior de cannabis.	14
<b>Figura 4.</b> Cultivo en exterior de cannabis.	15
<b>Figura 5.</b> Cultivo mixto de cannabis.	15
<b>Figura 6.</b> Estructura química de los principales cannabinoides presentes en la planta cannabis.	16
<b>Figura 7.</b> Descarboxilación del cbd mediante calor.	19
<b>Figura 8.</b> extracción con dióxido de carbono supercrítico..	20
<b>Figura 9.</b> Extracción con butano.	21
<b>Figura 10.</b> Proceso de extracción con etanol.	23
<b>Figura 11.</b> Proceso industrial de la obtención del aceite de CBD	25
<b>Figura 12.</b> Cromatografía de capa fina.	28
<b>Figura 13.</b> Proceso de separación en HPLC	29
<b>Figura 14.</b> El espectro visible (390 – 780 nm)	30
<b>Figura 15.</b> Germinación y crecimiento de la semilla de cannabis.	34
<b>Figura 16.</b> Trasplante de la plántula de cannabis.	35
<b>Figura 17.</b> Etapa de florecimiento de las plantas de cannabis.	37
<b>Figura 18.</b> Estado final de las plantas.	38
<b>Figura 19.</b> Corte de las plantas hard diesel y black domina respectivamente.	40
<b>Figura 20.</b> Cabina adecuada para el proceso de secado.	41
<b>Figura 21.</b> Tendido en cuerda.	42
<b>Figura 22.</b> Control de temperatura de secado.	42
<b>Figura 23.</b> Material vegetal seco.	43
<b>Figura 24.</b> Material triturado (hard diesel)	43
<b>Figura 25.</b> Material triturado (black domina)	44
<b>Figura 26.</b> Equipo empleado para la inmersión en etanol.	47
<b>Figura 28.</b> Filtración del extracto.	49
<b>Figura 29.</b> Separación del sustrato del etanol.	50
<b>Figura 30.</b> Separación del sustrato del etanol luego de 7h.	51
<b>Figura 31.</b> Esquema general del proceso de extracción.	51

## LISTA DE TABLAS

	Pág
<b>Tabla 1</b> Composición Química Del Cannabis	7
<b>Tabla 2</b> Clasificación Taxonómica De La Cannabis Sativa.	8
<b>Tabla 3</b> Partes De La Planta Cannabis Sativa L	9
<b>Tabla 4</b> Parámetros Y Condiciones De Los Métodos De Extracción	26
<b>Tabla 5</b> Definición De Puntajes Para Cada Factor	46
<b>Tabla 6</b> Asignación De Peso Para Cada Factor De Comparación	46
<b>Tabla 7</b> Matriz De Comparación De Los Métodos De Extracción	47
<b>Tabla 8</b> Datos Morfológicos (Fase Vegetativa) Cannabis Hard Diesel	54
<b>Tabla 9.</b> Datos Morfológicos (Fase De Floración) Cannabis Hard Diesel	57
<b>Tabla 10.</b> Datos Morfológicos (Fase Vegetativa) Cannabis Black Domina	59
<b>Tabla 11.</b> Datos Morfológicos (Fase De Floración) Cannabis Black Domina	62
<b>Tabla 12.</b> Temperaturas De Secado Del Material Vegetal	63
<b>Tabla 13.</b> Resultados De La Cromatografía Líquida (Hplc) Para La Especie Hard Diesel (Sativa)	64
<b>Tabla 14.</b> Resultados De La Cromatografía Líquida (Hplc) Para La Especie Black Domina (Indica)	65
<b>Tabla 15.</b> Contenido De Cannabinoides (Media $\pm$ Desviación Estándar) En Dos Biotipos De Cannabis, Datos De Hillig Y Mahlberg (2004)	68

## LISTA DE ABREVIATURAS

**CBD:** Cannabidiol

**CBDA:** Ácido cannabidiolico

**THCA:** Ácido tetrahidrocannabinólico

**THC:** Tetrahidrocannabinol

**C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>:** Butano

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono

**TLC:** Cromatografía de capa fina

**HPLC:** Cromatografía líquida de alta eficacia

**nm:** Nanómetros

**CBC:** Cannabicromeno

**CBDVA:** Cannabidivarinic acid

**CBDV:** Cannabidivarin

**CBGA:** Cannabigerolic acid

**CBG:** Cannabigerol

**CBLA:** Cannabiciclol acid

**CBL:** Cannabiciclol

**CBN:** Cannabinol

**d8-THC:** Delta 8-tetrahidrocannabinol

**d9-THC:** Delta 9-tetrahidrocannabinol

**d9-THCA:** Delta 9-tetrahidrocannabinolic acid

**THCV:** Tetrahydrocannabivarin

**M.V:** Material vegetal

## RESUMEN

La industria del cannabis medicinal en Colombia es una alternativa de crecimiento económico con bastante potencial y que además se encuentra poco explorado por razones legales, de inversión, pero sobre todo por razones culturales

Se conoce que científicamente ha surgido un gran desarrollo en el campo de la medicina a partir de cannabis en países de primer mundo, un exponente claro de esto es Estados Unidos, que además ha centrado su tecnología en optimizar y mejorar los métodos de extracción de cannabinoides y del cultivo de las diferentes especies de cannabis. Sin embargo, no se conoce específicamente un estudio comparativo directo sobre la cantidad de CBD presente entre las especies Hard Diesel y Black Domina como fuentes potenciales y posibles materias primas dentro de la industria.

Este proyecto se llevó a cabo de manera experimental a nivel de laboratorio empleando como materia prima las especies de cannabis Hard Diesel (Sativa) y Black Domina (Indica) las cuales se fueron adquiridas por cultivo propio con semillas feminizadas obtenidas del banco de semillas Gea seeds con condiciones no controladas (en condición ambiental de la sabana de Bogotá en interiores).

Una vez logrado el punto de cosecha del cultivo de las especies mencionadas y obtenido su flor o cogollo se procedió a realizar el secado durante 2 semanas manteniendo las condiciones de temperatura necesarias (entre 24°C y 30°C) en un espacio cerrado y oscuro con el fin de conservar la naturaleza de los cannabinoides presentes. La materia prima seca paso por el proceso de trituración manual con el fin de disminuir el tamaño de partícula de la flor, esto para incrementar el área de contacto en el momento de realizar la extracción.

Ya realizado el pretratamiento de la materia prima se hizo la extracción química con etanol empleando alcohol etílico al 96%, usando material de vidrio previamente desinfectado. Este proceso se desarrolló de forma artesanal garantizando las condiciones de operación necesarias, en un espacio cerrado y limpio. Posterior a la

extracción se dio paso al proceso de filtración con el propósito de obtener una mezcla libre de partículas y material vegetal.

La mezcla obtenida en la filtración se sometió a un proceso de separación a nivel de laboratorio empleando una plancha de calentamiento, con el fin de obtener un extracto (aceite de cannabis) con la menor cantidad de etanol residual.

El extracto obtenido se analizó en el laboratorio Hidrolab donde se llevó a cabo la cuantificación del CBD presente en las dos especies de Cannabis objetivo, empleando la técnica de cromatografía líquida (HPLC), la cual arrojó un valor  $<0,0050$  de CBD presente en ambas especies de Cannabis.

**PALABRAS CLAVE:** Cannabis medicinal, Cultivo, CBD, Extracción, Solvente, Cuantificación.

## INTRODUCCIÓN

El creciente interés en las actividades farmacológicas y las preocupaciones sobre la toxicidad del CBD juntas con una legislación aún poco clara sobre los niveles permitidos del compuesto puro y el uso del *Cannabis* no psicoactiva con fines farmacéuticos y nutracéuticos, desencadenó la carrera en el desarrollo de métodos analíticos altamente eficientes y confiables para su determinación en varias matrices[8].

Cabe señalar que el CBD ya se ha incluido en un medicamento recetado, llamado Epidiolex<sup>®</sup>, que se utiliza para tratar las convulsiones asociadas con el síndrome de Lennox-Gastaut o Dravet síndrome en pacientes de 2 años de edad y mayores [9].

En Colombia hay un camino recorrido que ha situado al país en un lugar preponderante y de gran potencial en el desarrollo de la industria del cannabis medicinal y en su posicionamiento internacional. Tras la aprobación de la ley 1787 de 2016 que crea el marco regulatorio para el acceso al cannabis con fines médicos y científicos y su posterior reglamentación a través del Decreto 613 de 2017, ha habido un gran interés de inversionistas locales e internacionales para participar en el sector, a través de solicitudes de licencias de cultivo, procesamiento y distribución [10].

Aparte del marco regulatorio vigente y una demanda potencial en crecimiento, existen condiciones que hacen favorable la producción de cannabis medicinal en Colombia como los bajos costos laborales, el clima, y las condiciones de luminosidad (12 horas diarias). Sumado a esto la buena infraestructura productiva, disponibilidad de mano de obra calificada y no calificada y la existencia de una experiencia productiva relevante vinculada a la floricultura y a la industria farmacéutica.[10]

Industrialmente existen muchas oportunidades en el campo de la extracción de CBD, sin embargo, en Colombia las técnicas utilizadas se limitan a la baja investigación local y el poco desarrollo tecnológico. Este hecho abre las puertas para el posible desarrollo industrial del sector de CBD en el campo de cannabis medicinal.

De esta manera, el presente proyecto abre campo a la determinación de cual especie de cannabis Hard Diesel o Black Domina contiene mayor cantidad de CBD, partiendo del conocimiento en las distintas operaciones unitarias empleadas, transformación de materias primas, diseño y control de procesos, análisis de resultados y escalamientos, para de esta manera aportar al crecimiento de esta industria en Colombia, ya que siendo un país que cuenta con las condiciones apropiadas para el cultivo, producción, extracción y procesamiento, tiene un alto potencial e impacto socio-económico como posible fuente de ingresos tanto para las microindustrias como para los pequeños productores.

En el presente documento se desarrollan 3 capítulos, en el primero se estudia mediante revisión bibliográfica las generalidades sobre la planta de Cannabis, así como generalidades y características de las especies Hard Diesel (Sativa) y Black Domina (Indica), los diferentes métodos de extracción (extracción con fluido supercrítico, extracción mediante inmersión con butano y etanol) con sus respectivos parámetros y condiciones de operación y algunos métodos de caracterización y cuantificación de cannabinoides (TLC, HPLC y espectroscopía UV/VIS). En el siguiente capítulo los materiales y métodos para realizar la extracción química con etanol, desde la realización del cultivo hasta los pretratamientos requeridos. En el capítulo final se hace el análisis del cultivo en sus distintas fases (vegetativa y de floración), se realiza el análisis de los resultados de la cromatografía líquida que fue llevada a cabo por el laboratorio Hidrolab y finalmente se determina cuál de las dos especies de Cannabis posee mayor cantidad de CBD.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Determinar cuantitativamente el CBD presente en la planta de cannabis, en las especies Hard Diésel (Sativa) y Black Domina (Indica) mediante extracción química con etanol.

### **Objetivos específicos:**

1. Establecer los pretratamientos necesarios de la planta de cannabis para la extracción de CBD en las especies Hard Diésel (Sativa) y Black Domina (Indica)
2. Determinar las especificaciones técnicas para la extracción química con etanol de CBD
3. Definir qué requerimientos técnicos se precisan para la cuantificación de CBD mediante el método de cromatografía Líquida (HPLC)
4. Analizar cuál de las dos especies Hard Diésel y Black Domina contiene mayor cantidad de CBD

# 1. MARCO TEÓRICO

## 1.1 Generalidades de las especies de cannabis

### 1.1.1 *Nombre vernacular de cannabis*

Se le conoce a la hierba de marihuana como Cannabis sativa Linnaeus. Existen varios nombres locales, populares y sinónimos empleados para el cannabis, que no es posible nombrarlos a todos en el presente proyecto de investigación. Entre muchos de ellos, cabe destacar a los siguientes: hachís, marihuana, hierba, cáñamo, etc. [11]

En el contexto colombiano los vocablos más conocidos para denominar el cannabis entre los consumidores de psicoactivos son: marihuana, cannabis, hierba, Popeye, espinaca, cilantro, María, Mariela, maracachafa, barilla, join, Bob Marley, la turca, la vitamina, marimba, pate-gallina, la trabis, chauma, grifa, alfalfa, bareta, chiriguaya, armadillo, ganja, María Juana, bate, Mary Jane, naturaleza, weed, cacho, cannabis sativa, la traba, vegetal, mona, hierbabuena, soyis, la yoyis, la locomotora, vitamina C, bayer, yesca, porro, chirusa [11].

### 1.1.2 *Composición química del cannabis*

A lo largo del tiempo se ha estudiado ampliamente la composición química del Cannabis, de los cuales se han logrado identificar aproximadamente 500 compuestos, en la **tabla 1** se pueden observar de manera general la mayoría de estos compuestos. Dentro de los cuales hay que tener en cuenta que alguno de estos puede ser producto de oxidaciones o de alguna degradación de otros compuestos producidas por la acción del calor o de enzimas. Estos compuestos son secretados en forma de exudado resinoso por protuberancias epidérmicas (tricomas) las cuales son mayoritariamente distribuidas por la superficie de brácteas. Los tricomas se pueden encontrar en plantas tanto femeninas como masculinas, pero están más concentrados en las brácteas que sostienen las inflorescencias femeninas [12], [13].

**Tabla 1***Composición química del cannabis*

<b>Clase de compuesto</b>	<b>Número de compuestos identificados</b>
Terpenos	>120
Cannabinoides	>70
Hidrocarburos	50
Azúcares	34
Compuestos nitrogenados	27
Fenoles no cannabinoides	25
Flavonoides	23
Ácidos grasos	22
Ácidos simples	21
Aminoácidos	18
Cetonas simples	13
Esteres simples y lactonas	13
Aldehídos simples	12
Proteínas, Glicoproteínas y enzimas	11
Esteroides	11
Elementos	9
Alcoholes simples	7
Pigmentos	2
Vitaminas	1

**Nota.** Clasificación química de la planta de cannabis. Tomado de: Hazekamp, A. (2008). Medicinal use of Cannabis: a review. *Leiden, The Netherlands: Leiden University, Department of Plant Metabolomics.*

## **1.2 Descripción de las especies Cannabis sativa Hard Diesel y Cannabis indica Black Domina**

### **1.2.1 Cannabis sativa. (Hard Diésel)**

#### **1.2.1.a Clasificación taxonómica**

El botánico suizo conocido como el padre de la taxonomía Carl Linnaeus, en el año de 1753 en su trabajo llamado Systema Naturae, hizo el reconocimiento y respectivo nombramiento a la especie Cannabis sativa como un cultivo. La taxonomía oficial utilizada hoy día es Cannabis sativa L., donde L. hace referencia al propio Linnaeus [14]. En la **tabla 2** se puede detallar la clasificación taxonómica de la Cannabis Sativa L.

**Tabla 2**

*Clasificación taxonómica de la Cannabis sativa.*

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>División</b>	MAGNOLIOPHYTA
<b>Clase</b>	MAGNOLIOPSIDA
<b>Subclase</b>	HAMAMELIDAE
<b>Orden</b>	URTICALES
<b>Familia</b>	CANNABACEAE
<b>Género</b>	Cannabis
<b>Especie</b>	Cannabis sativa L.

**Nota.** Clasificación taxonómica de la Cannabis sativa. Tomado de: Méndez Pérez, F. A. (2018). Optimización de la obtención del extracto hidroalcohólico de las inflorescencias de Cannabis sativa L. “marihuana”. Ayacucho 2018.

### **1.2.1.b Descripción botánica**

Cannabis sativa L., llamado comúnmente cáñamo, es una herbácea anual con tallo erguido no trepador, que es en su mayoría dioica (la única especie anual conocida con esta característica) con flores unisexuales estaminadas o pistiladas desarrolladas sobre individuos diferentes[15], raramente monoico cuyo tamaño oscila entre 50 cm y 6 m de altura a madurez[16]. En comparación con el macho, la hembra es generalmente más frondosa menos alta, florece más tarde y su ciclo vital se extiende hasta la madurez de las semillas[17]. En cambio, el macho se marchita una vez liberado el polen. Las flores masculinas se disponen en panículas terminales con un perianto constituido por cinco piezas y un androceo de cinco estambres mientras que las flores femeninas aparecen en grupo de 2 a 6 en las axilas de brácteas reunidas en glomérulos sentados y presentan un perianto integrado por cinco tépalos libres y un ovario súpero y unilocular y dos estigmas. En cuanto a la floración, las flores masculinas aparecen una semana antes que las femeninas formándose, tras la fecundación, se forma el fruto que es un aquenio que contiene en su interior una semilla que alcanza la madurez en la tercera a cuarta semana después de la fecundación [18].

En termino generales las hojas son palmeadas y constituidas por foliolos dentados en forma de abanico, con un limbo dividido casi hasta el mismo peciolo, el primer par de

hoja es unifoliado, el segundo par trifoliado y el número va subiendo en las hojas posteriores hasta llegar a 11 foliolos en algunos casos. Al principio del estadio vegetativo, la planta crece lentamente, formando entre 5 a 6 pares de hojas verdaderas opuestas y 4 a 6 entrenudos opuestos. A finales de este estadio, la planta, que posee entre 7 a 12 pares de hojas, se prepara para florecer notándose una importante aceleración del crecimiento, aparición de filotaxia alterna y estiramiento del tallo [16].

Las características morfológicas de las plantas de Cannabis están influenciadas por la cepa de la semilla, así como por factores ambientales como el tipo de suelo, la luz, el agua, los nutrientes y espacio [13]. En la **Tabla 3** e **Figura 1**, se puede identificar algunas características de Cannabis sativa L.

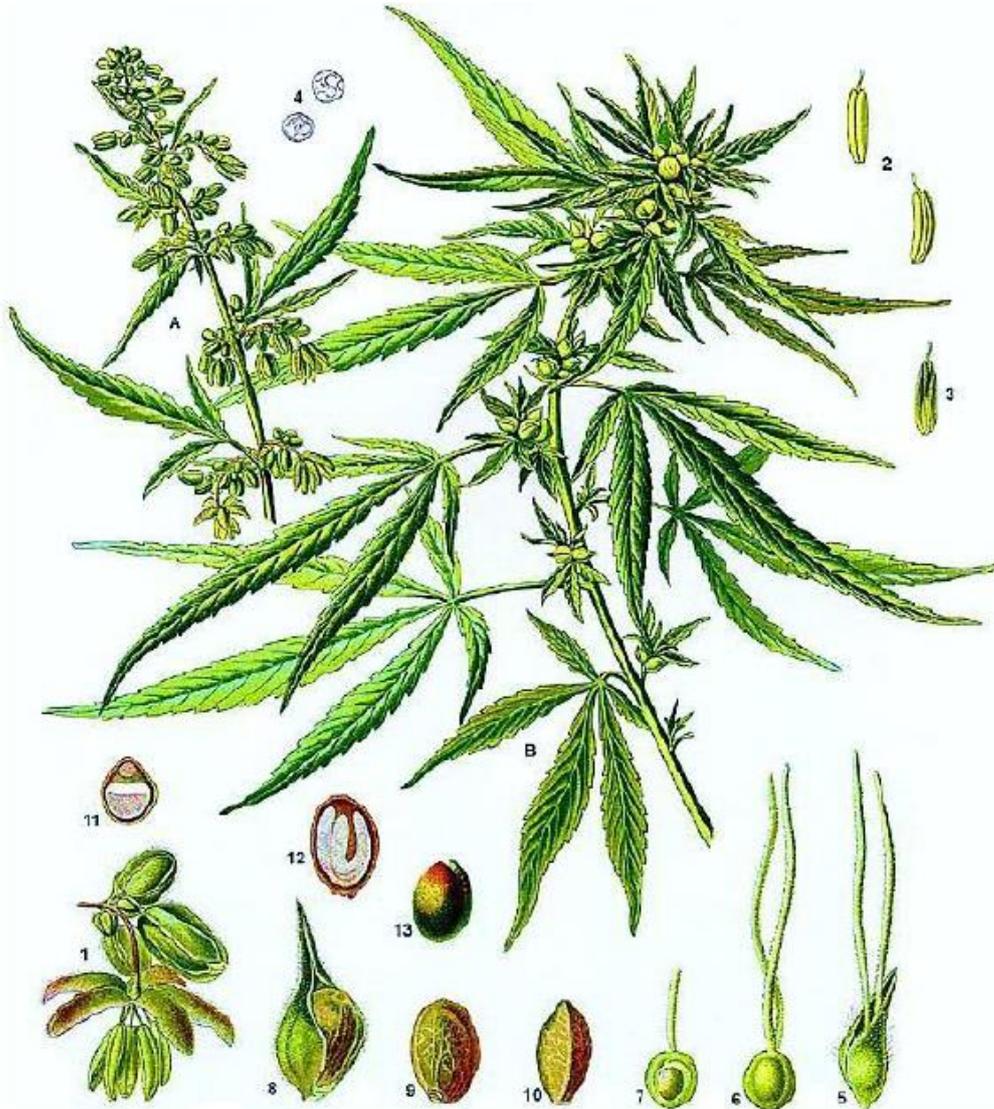
### **Tabla 3**

*Partes de la planta Cannabis sativa L* [13].

<b>Partes de la planta</b>
A. Inflorescencia de la planta masculina
B. Planta femenina (pistilada) con fruto
1. Flor estaminada
2. Estambre (antera y filamento corto)
3. Estambre
4. Granos de polen
5. Flor pistilada con bráctea
6. Flor pistilada sin bráctea
7. Flor pistilada en la que se aprecia el (estaminada) ovario (sección longitudinal)
8. Semilla (aquenio1*) con bráctea
9. Semilla sin bráctea
10. Semilla (vista lateral)
11. Semilla (sección transversal)
12. Semilla (sección longitudinal)
13. Semilla sin pericarpio (pelada)

**Nota.** Partes de la planta Cannabis sativa L. Tomado de: Tettey J. Métodos recomendados para la identificación y el análisis del cannabis y los productos del cannabis. UNDOC. Vol. 09. Nueva York; 2010.

**Figura 1.**  
*Aspectos morfológicos del cannabis sativa.*



**Nota.** La Figura representa los aspectos morfológicos del cannabis sativa. Tomado de: Tettey J. Métodos recomendados para la identificación y el análisis del cannabis y los productos del cannabis. UNDOC. Vol. 09. Nueva York; 2010.

### **1.2.2 Cannabis Indica (Black Domina)**

Las plantas de *C. sativa* sub especie indica tienen un potencial intoxicante considerable. Las plantas de este taxón son extremadamente comunes en el norte de Asia, África, en América Central y del Sur debido a las condiciones ambientales que estos lugares poseen para su crecimiento (temperatura, humedad, pH, etc.). Están

fenológicamente adaptadas a un período relativamente largo de crecimiento vegetativo antes de que se induzcan la madurez sexual [20].

En la actualidad la planta de Cannabis (C) Indica es centro de un debate en el cual se discute si esta pertenece o no como subgénero de la planta de Cannabis Sativa debido a que poseen características similares, muchos autores han hablado sobre esta planta, el primero de ellos fue Lamarck que en 1785 acuñó C. indica a las plantas de origen indio y sus descendientes en el sudeste asiático y Sudáfrica. Este autor establece que la descripción de C. indica difería de la de C. sativa por ocho caracteres morfológicos "muy distintas", en tallos, habitus ramificados, aleros y flores. Lamarck notó detalles finos en C. indica; A su vez, Small y Naraine en 2015 mencionaron que "las flores femeninas tienen un cáliz aterciopelado y estilos largos" debido a una densa pubescencia de los tricomas de CSG. Pasaron 230 años antes de que otros notaran estilos largos en C. indica [21].

Lamarck pensó que C. indica se podía distinguir de C. sativa porque poseía hojas alternas en oposición a hojas opuestas y folíolos más estrechos. Cannabis indica se describió como una planta más pequeña, menos ramifica y con un tallo más firme, casi cilíndrico, y folíolos linealmente lanceolados y acuminados. Lamarck también describió algunas diferencias quimiotaxonómicas. Por ejemplo, la C. indica produce un olor fuerte y causa intoxicación cuando se fuma en pipa, mientras que en la C. sativa el olor es más suave y no causa intoxicación [20].

Aunque durante mucho tiempo ha habido una apreciación considerable del carácter distintivo de las plantas poco intoxicantes (C. Sativa) en comparación con las plantas altamente intoxicantes (C. Indica), Existen pocas referencias que establecen si los dos grupos pueden distinguirse morfológicamente y cómo deben tratarse taxonómicamente. Los primeros estudiosos de las plantas intoxicantes del sur como es el caso de Dietrich en 1842, Christison en 1850, Dukerly en 1866 y Watt en 1889 no vieron ningún mérito en otorgar a este grupo un reconocimiento formal separado. El autor Persoon en 1807 redujo el C. indica a una variedad de C. sativa, pero no validó la combinación; Wehmer en 1911 parece haber sido el primero en validar la combinación. Alphonse de Candolle en 1869 redujo el C. indica a sinonimia con el C. sativa, pero reconoció cuatro agrupaciones (alfa, Kif; beta, vulgaris; gamma,

Pedemontana; delta, Chinensis) que describió como unidades de menor estatus que las variedades, que poseen una herencia más o menos constante, pero están sujetos a considerables modificaciones ambientales [21].

### **1.2.2.a Descripción botánica**

Esta especie de la Planta de Cannabis posee frutos maduros generalmente de al menos 3.8 mm de largo, romos en la base, que tienden a ser persistentes en la madurez. Las plantas de esta variedad se han domesticado por sus propiedades intoxicantes. Son muy variables vegetativamente, pero a menudo miden menos de 3 m incluso en ambientes hospitalarios, en su gran mayoría son muy ramificadas, a menudo tienen entrenudos cortos y tienen tallos relativamente sólidos en los entrenudos. Son comunes en el sur de Asia y se cultivan localmente en otros lugares para el comercio de narcóticos. Además de las plantas domesticadas, se incluyen en esta variedad plantas de este género que han crecido de manera silvestre alrededor de un cultivo y que, por lo tanto, todavía poseen sustancialmente los atributos de las plantas domesticadas [1], [13].

#### **Figura 2.**

*Aspectos morfológicos del cannabis Indica.*



**Nota.** La Figura representa los aspectos morfológicos del cannabis indica, Tomado de: Flora of North América (2009)

La Black Domina es un cóctel genético impresionante. Es una especie híbrida resistente, es una combinación de cuatro cepas Indicas: Afghani SA, Hash Plant, Northern Lights y Ortega. Posee densos y resinosos “cogollos” [22].

En interior o en exterior, en climas cálidos, la Black Domina es una planta de cannabis tupida y fácil de podar y cultivar. Aunque pueden producirse variaciones entre fenotipos, es una mezcla totalmente índica, por lo que no se observan las características de crecimiento típicas de la sativa. La planta madre es un espécimen de color verde oscuro y muchos tallos, con una cola principal protuberante. Luego de 8–10 semanas de floración, se obtiene una cosecha abundante [23], [24].

### **1.3 CULTIVO**

Un cultivo de cannabis como cualquiera otra planta requiere de luz continua, un nivel adecuado de agua, un medio de cultivo y calor para poder crecer. Los cultivos pueden ser de interior o exterior.

#### **1.3.1 Tipos de cultivo**

*1.3.1.a Cultivos en interior: este tipo de cultivo es el más elegido en donde las condiciones de la región donde se desea realizar el cultivo son difíciles. Dentro de lo que lo caracteriza es que normalmente son lugares cerrados, los cuales brindan el beneficio de controlar los parámetros ambientales como lo son la luz, el aire y la temperatura a la cual es expuesta el cultivo. Debido a esto, permite asegurar una mayor cantidad y calidad a la hora de obtener el producto final. En la mayoría de casos se hace uso de invernaderos con luz artificial para poder controlar las condiciones en las cuales el cultivo crece, siendo de este tipo de cultivos la gran ventaja de poder estandarizar el producto final, pero a diferencia del cultivo en exterior, este posee un mayor costo de producción [25].*

El problema con este tipo de cultivo es su alto costo de producción y; “producir medio kilo equivale a casi dos toneladas de dióxido de carbono, el equivalente a 1.200 kilómetros de circulación de un automóvil. Debido a que la mayor parte de la generación eléctrica es aún contaminante, y es necesaria para el funcionamiento de

equipos tales como luces muy sofisticadas, humidificadores, sistemas de ventilación entre otros” como se muestra en la **Figura 3** [25].

**Figura 3.**

*Cultivo en interior de Cannabis.*

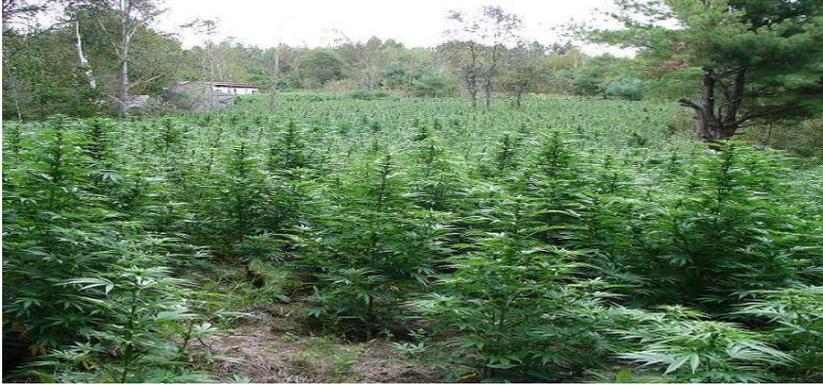


**Nota.** Fotografía de un cultivo de Cannabis en interior. Tomado de: blog sobre la Marihuana | Experiencia Natural [En línea]. <https://www.semillas-de-marihuana.com/blog/habitacion-cultivo> [Acceso: febrero 12, 2021].

*1.3.1.b Cultivos en exterior.* el cultivo en exterior depende únicamente de las condiciones climáticas que posea la región en donde se lleve a cabo, por ende, para este tipo de cultivos lo más recomendable es hacerlos en lugares en donde puedan estar expuestos a la luz del sol el mayor tiempo posible, el aire debe ser el apropiado y el suelo o sustrato en cual se realice el cultivo debe poseer gran cantidad de nutrientes para un buen crecimiento de las plantas, como se muestra en la Figura 4. Una de las desventajas más grandes de este tipo de cultivo es el cambio climático del ambiente, lo cual suele causar una variación en los porcentajes de cannabinoides finales y en la producción final, lo cual dificulta la estandarización del producto final [26].

#### **Figura 4.**

*Cultivo en exterior de Cannabis.*



**Nota.** Fotografía de un cultivo de Cannabis en exterior. Tomado de: notas de humo. [En línea]. <https://notasdehumo.com/consejos-de-cultivo-exterior> [Acceso: febrero 12, 2021].

1.3.1.c *Cultivos mixtos:* Se conocen también como invernaderos, son los ideales para combinar las ventajas de los cultivos de interior y de exterior. Se posee control sobre la cantidad de horas de exposición al sol a través de paneles que se cierran y abren automáticamente, generando oscuridad o luminosidad, y si hiciera falta complementando con luces, se administra la temperatura con calefactores o aire, la humedad con humidificadores, los vientos y la lluvia [26]. En la Figura 5 se puede observar un ejemplo de este tipo de cultivo.

#### **Figura 5.**

*Cultivo mixto de Cannabis.*



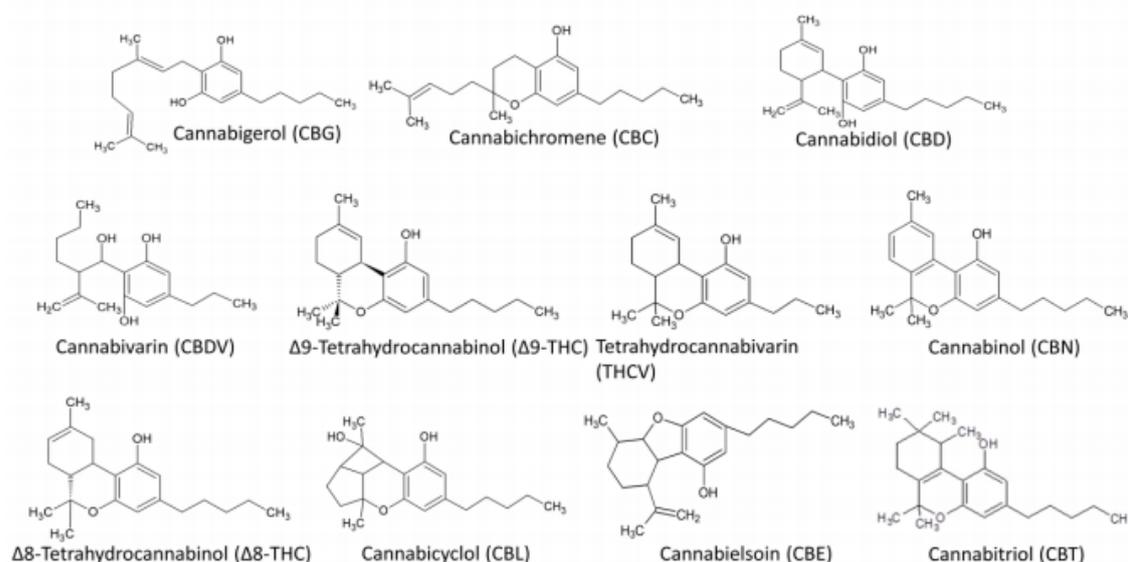
**Nota.** Fotografía de un cultivo mixto de Cannabis. Tomado de: Aso Cannabis. [En línea]. <http://asocannabis.com/portafolio/diseno-y-desarrollo-de-planos-de-cultivo-trazabilidad> [Acceso: febrero 12, 2021].

### 1.3 Cannabinoides

Los cannabinoides son terpenofenoles definidos como un grupo de compuestos formados por 21 átomos de carbono (ver **Figura 6**), característicos del género *Cannabis* [27], entre los que se incluyen sus derivados y productos de transformación.

#### Figura 6.

*Estructura química de los principales cannabinoides presentes en la planta Cannabis.*



**Nota.** La Figura representa estructura química de los principales cannabinoides presentes en la planta *Cannabis*. Tomado de: Leghissa, A., Hildenbrand, Z. L., & Schug, K. A. (2018). A review of methods for the chemical characterization of cannabis natural products. *Journal of separation science*, 41(1), 398-415.

Actualmente se han identificado más de 100 compuestos cannabinoides [8], [28], entre los cuales cabe destacar el  $\Delta^9$ -THC, el CBD y el CBN. Los demás cannabinoides aparecen en cantidades más reducidas y variables, dentro de este grupo de cannabinoides con menos trazas el cannabichromeno (CBC) y el cannabigerol (CBG) probablemente son los más conocidos.

Los cannabinoides son compuestos inodoros (el olor característico del cannabis es debido a terpenos volátiles de la planta [29], que presentan generalmente un grupo carboxilo en su estructura, al cual se le atribuye, en parte, la actividad terapéutica del

cannabis [30]. El desarrollo de cannabinoides sintéticos y el descubrimiento de los endocannabinoides han impulsado el uso del término "fitocannabinoides" para la descripción específica de este tipo de compuestos [31]. El mayor responsable de la actividad psicotrópica de la planta es el  $\Delta$  9 -THC junto con el CBN. Este último posee una ligera actividad psicoactiva, estimada en una décima parte de la actividad atribuida al  $\Delta$  9 -THC [32], [33].

### **1.3.1 Descripción del CBD**

El **Cannabidiol**, también conocido como **CBD** es uno de los dos componentes cannabinoides más importantes de la planta de cannabis, que se encuentra en proporciones variables dependiendo de la cepa. Mientras que en algunas es mínimo, en otras puede ser el más abundante, o bien puede encontrarse en proporciones casi iguales que el **THC (Tetrahidrocannabinol)** [34].

Algunos compuestos químicos que posee la planta de Cannabis tienen efectos psicoactivos (alteración de la percepción y modificación del estado de ánimo) mientras que otros no. Dentro de los compuestos que poseen estos efectos se encuentran el  $\Delta$ -9 THC (delta-9-THC), el CBN y el  $\Delta$ -8-THC, los cuales tienen distintas potencias y concentraciones en la planta, en donde el más potente y abundante es el  $\Delta$ -9-THC. Dichos compuestos son los responsables de producir los efectos buscados por los usuarios recreativos, es decir "el viaje" [35], [36].

El CBD no se une al receptor CB1 ni lo activa; El CB1 es el principio psicoactivo del Cannabis, una acción que el THC es capaz de realizar. Esto, a su vez, conduce a una falta total de psicoactividad por parte del CBD a diferencia del THC. La base de esto es una llamada "región de interferencia estérica" en el receptor CB1 que permite que el THC se una, pero interfiere con la unión del CBD [35] .

Por el contrario, si bien el CBD es un compuesto que actúa en el sistema nervioso central y por lo tanto es psicotrópico, no tiene los efectos psicoactivos del THC, todo lo contrario, antagoniza los efectos psicotomiméticos (psicóticos similares) que éste produce [30].

En la actualidad, el cannabinoide al cual se le reconocen más efectos beneficiosos en el campo de la medicina para el tratamiento de algunos síntomas y enfermedades es el CBD, el cual cuenta con mayor margen terapéutico, dichos tratamientos cuentan con leves efectos secundarios en rango de dosis amplio [34].

#### **1.4 Técnicas de extracción de CBD**

En el proceso de caracterización de cannabinoides, uno de los aspectos principales a tener en cuenta es la selección del método de extracción. En la mayoría de técnicas, los parámetros más relevantes a tener en cuenta son la temperatura, la presión, el tiempo de extracción y la naturaleza del disolvente [8], [37].

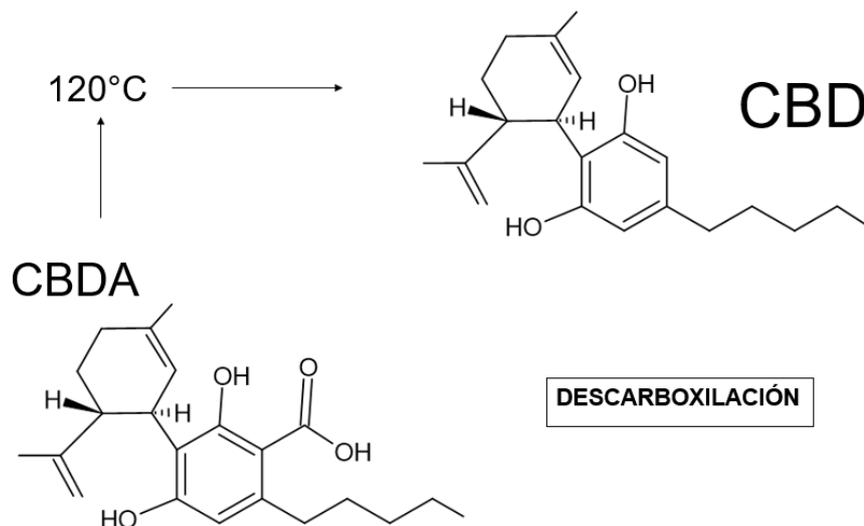
Existen varios métodos de extracción para obtener cannabidiol (CBD) a partir del cannabis, se pueden encontrar métodos muy diversos en la literatura: desde los más convencionales, como la maceración con disolventes orgánicos, hasta técnicas innovadoras como la extracción con fluidos supercríticos, que permiten minimizar de forma sustancial el impacto sobre el medioambiente. Los métodos de extracción más usados actualmente incluyen extracción por calentamiento, extracción por dióxido de carbono supercrítico, extracción con solvente (butano, hexano, alcohol Isopropílico o etanol). Al realizar la búsqueda bibliográfica de los distintos métodos de extracción de CBD se presentó un limitante a la hora de acceder a cierta información técnica de las mismas por temas de que una parte de esta es reservada por los derechos de autor. Por este motivo, para efectos de este trabajo cada método se abordará de manera general.

A la hora de realizar la extracción de los compuestos químicos de la planta de Cannabis, en este caso el Cannabidiol (CBD) existen procesos previos que mejoran los resultados en la extracción. El más relevante es la descarboxilación del CBD mediante calor. El CBD está presente en la planta como un ácido carboxílico. La conversión del ácido cannabidiolico (CBDA) un componente inactivo a CBD activo, desde el punto de vista farmacológico se denomina descarboxilación. En este proceso, una molécula de dióxido de carbono se separa del ácido cannabidiolico (CBDA) por calentamiento o por catálisis enzimática, como se muestra en la **Figura 7**. Este proceso es similar a la descarboxilación de

ácido tetrahidrocannabinólico (THCA) en tetrahidrocannabinol (THC), un proceso que se logra quemando a través del calor, el ácido tetrahidrocannabinólico (THCA), para liberar las sustancias psicoactivas tetrahidrocannabinol (THC). En general, cuanto mayor es la temperatura, más rápida es la descarboxilación. A una temperatura de 120 ° C, casi el 100% de la sustancia se puede convertir en pocos segundos en CBD. Sin embargo, esto puede ser a expensas de los terpenos, que también contribuyen al efecto farmacológico del cannabis [37]. Suministrar calor de manera deliberada puede llevar a degradar aceites esenciales de la planta o incluso los mismos cannabinoides [38].

**Figura 7.**

*Descarboxilación del CBD mediante calor. [34]*



**Nota.** La Figura representa la descarboxilación del CBD mediante calor.

#### **1.4.1 Extracción de CBD con dióxido de carbono supercrítico**

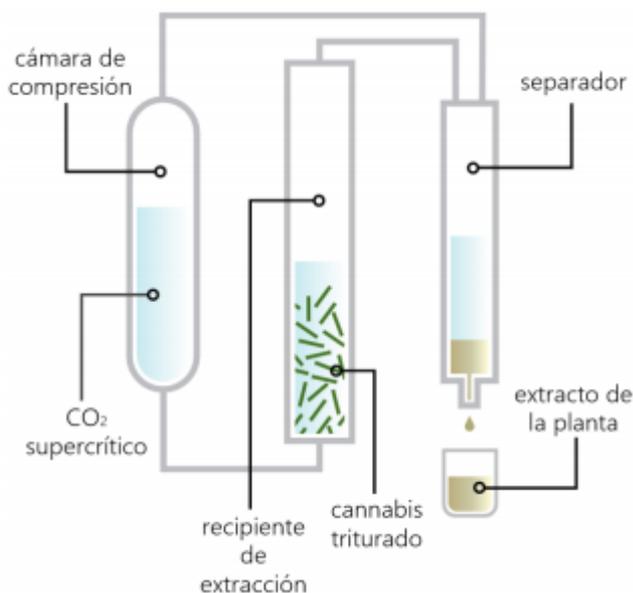
Como etapa inicial de producción, las plantas pasan por un proceso de descarboxilación por calentamiento en un rango de temperatura de 100°C a 150°C y se trituran, proceso en el cual el CBDA se convierte en CBD. Para este proceso se utiliza el CO<sub>2</sub> líquido en condiciones supercríticas, de presión y temperatura superiores a 74 bar y 31°C respectivamente, el material vegetal se carga a una cámara de presión, donde se bombea el CO<sub>2</sub>, los cannabinoides se disuelven en este formando una solución, luego de esto, esta solución pasa a una cámara de asentamiento, donde los sólidos se precipitan separándose del CO<sub>2</sub>, el cual es

extraído y comprimido para futuras extracciones [38], [39]. Además de esto, este proceso presenta en cuanto a gastos energéticos un índice bajo, debido a que no hay necesidad de suministrar energía para separar al solvente del extracto. Sin embargo, existe una desventaja con respecto a la presión de operación, que supone un costo agregado debido al uso necesario de equipos especializados en el manejo de altas presiones.

Este método es cuidadoso con la planta y el material de las flores, y otras sustancias farmacológicas importantes como los terpenos, ya que no se daña ninguna sustancia. Además, el dióxido de carbono es rentable, respetuoso con el medio ambiente, se produce en la naturaleza y no deja residuos, ya que se transforma después de calentar nuevamente en estado gaseoso y se volatiliza. En la **Figura 18** se puede observar un esquema del proceso general Este proceso es utilizado por empresas líderes como Endoca para obtener CBD [40], [41].

**Figura 8.**

*Extracción con dióxido de carbono supercrítico.* [42]



**Nota.** La Figura representa la extracción con dióxido de carbono supercrítico. Tomado de: POWERBLANKET. "CBD Extraction Methods. Estados Unidos". [En línea]. <https://www.powerblanket.com/blog/cbd-extraction-methods/> [Acceso: noviembre 20, 2020].

### **1.4.2 Extracción con solventes**

Es una operación de transferencia de masa en un sistema de dos fases líquidas considerada como uno de los procesos más efectivos y económicos para purificar, concentrar y separar la sustancia de interés de otros que no lo son, esto es posible debido a que ciertos reactivos químicos orgánicos tienen un alto grado de afinidad selectiva con determinados iones metálicos, con los que se forman compuestos organometálicos. Conocida también como intercambio iónico líquido y se basa en el principio por el cual un soluto o ion metálico puede distribuirse en cierta proporción entre dos solventes inmiscibles, uno de los cuales es usualmente acuoso y el otro un solvente orgánico como lo es el etanol [43].

#### **1.4.2.a Extracción de CBD con butano**

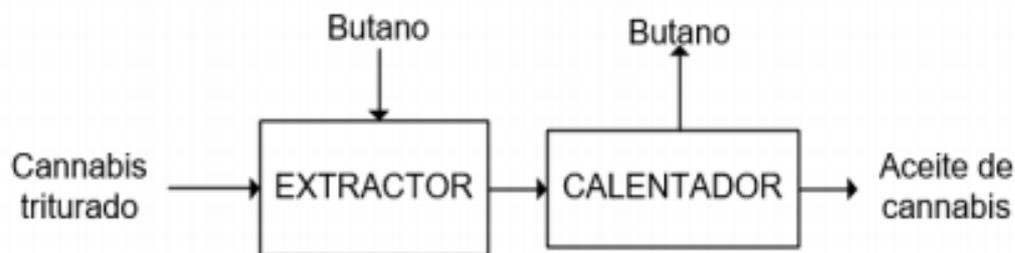
En este método, el compuesto orgánico butano ( $C_4H_{10}$ ) se usa para extraer CBD del material vegetal. El butano es altamente inflamable por lo que el uso del mismo se debe hacer con extrema precaución. Muchos expertos han elogiado al butano por ser considerado un solvente ideal, porque tiene un punto de ebullición bajo con un valor de  $-1^\circ C$  por lo que se disuelve fácilmente del producto final, haciendo más sencillo el proceso de purificación del extracto final y es relativamente barato comparado con otros solventes. Sin embargo, este solvente es un producto derivado del petróleo por ende no es sostenible. Además de esto, al ser un producto inflamable existe riesgo de generar una explosión si no se emplea de manera correcta [44]. Como se mencionó anteriormente el proceso se lleva a cabo con butano líquido que, al entrar en contacto con el material, arrastra cannabinoides y terpenos de la planta. Este proceso es similar al que se lleva a cabo con  $CO_2$  supercrítico, el material seco se introduce en un tubo de acero o vidrio, en donde se removerán los compuestos hidrofóbicos de la planta, siguiendo su trayectoria a un filtro que se encuentra al final del tubo, dejando atrás como residuo material vegetal (M.V)

Una vez sale del tubo el extracto debe ser purgado, en esta etapa del proceso retira el butano obteniendo material rico en cannabinoides y terpenos con ligeras trazas de butano, debido a que, al momento de usar el producto final, los remanentes del solvente pueden llegar a causar diversos efectos como alucinaciones, convulsiones o inclusive causar daños cardíacos, dificultades respiratorias, anoxia e insuficiencia

orgánica. Debido a todo esto se vuelve indispensable retirar la mayor cantidad de solvente posible, por lo que el extracto se calienta hasta el punto de ebullición en un horno de vacío, placas agitadoras o cualquier otro equipo que permita asegurar el menor riesgo posible de dañar el extracto o de ocasionar un accidente, puesto que cuando el aire tiene 1.6% de butano este se vuelve explosivo, lo cual puede causar un incendio en presencia de flamas o chispas, para este tipo de extracción las temperaturas que se emplean están en el rango entre  $-61^{\circ}\text{C}$  a  $-49^{\circ}\text{C}$ , y presiones de 2,41 a 2,71 bar [45]. Una vez finalizado el proceso se obtiene un extracto purgado rico en cannabinoides.

**Figura 9.**

*Extracción con butano.*



**Nota.** Esquema de extracción con butano.

**1.4.2.b Extracción de CBD con Etanol**

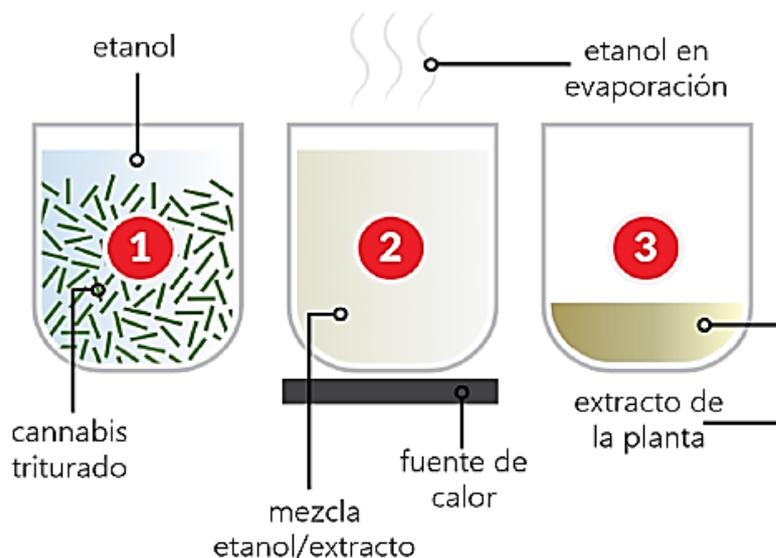
Para realizar la extracción se debe sumergir el material vegetal en el solvente a una temperatura que puede ser de entre  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ , preferiblemente en agitación constante, la tasa de solvente (litros) a material (kilogramos) puede variar, se puede manejar desde 0.1:1 a 10:1 respectivamente, durante un tiempo que puede variar desde 1 minuto hasta 10 horas, dependiendo de la cantidad a extraer, un mayor tiempo de residencia puede resultar en la extracción de otros compuestos indeseados debido a la polaridad del solvente [46]

Una vez el tiempo transcurre se procede a separar el M.V de la solución y extracto mediante una filtración, mediante el uso de equipos los cuales separan todo residuo vegetal del extracto. Luego de esto se procede a separar el solvente del extracto, para esta parte del proceso se aprovecha la alta volatilidad del etanol, por lo cual se utiliza un rotaevaporador el cual opera a las condiciones adecuadas para separar el solvente

sin dañar el extracto, obteniendo así un producto final con cannabinoides concentrados y con bajas trazas del solvente [47]. En la **Figura 10** se puede observar el proceso de extracción con etanol de manera general.

**Figura 10.**

*Proceso de Extracción con etanol.*



**Nota.** Ilustración de una extracción con etanol. Tomado de: POWERBLANKET. “CBD Extraction Methods. Estados Unidos”. [En línea]. <https://www.powerblanket.com/blog/cbd-extraction-methods/> [Acceso: noviembre 20, 2020].

#### **1.4.2.b.i. Proceso industrial de extracción química con etanol de CBD**

El proceso industrial para la obtención de aceite de Cannabis, comienza por la realización del cultivo, a la hora de realizarlo hay una gran variedad de factores y parámetros que deben de ser considerados dentro de la parte agrícola para llegar a al requerimiento establecido por una industria, normalmente esta parte del proceso va ligado a especialistas dentro del área agrícola, estos se encargan de los invernaderos, los tiempos de cosecha, los injertos y también de la cosecha que debe tener un punto específico el cual es determinado por cada industria para que el proceso no presente pérdidas o problemas en el cultivo, porque eso representaría pérdidas importantes [47].

Una vez realizada la cosecha, toda la materia prima deberá pasar por un proceso de secado debido a que los cannabinoides como el CBD y el THC se encuentran en su forma ácida, de tal manera que es necesario realizar un proceso llamado descarboxilación. Esto generalmente depende del proceso del asesor, generalmente este paso se realiza a través de una deshumidificación por medio de un horno, de tal manera que el calor generado por este equipo ayude a la remoción del CO<sub>2</sub> que está presente dentro de la planta. De esta manera se logra obtener al final la planta sin estas presencias ácidas [48].

Luego de terminar el proceso de secado de las plantas cosechadas, el material se dispone para realizar el proceso de extracción, generalmente para procesos industriales se utilizan dos métodos, a través de fluidos supercríticos o por medio de solventes, el material vegetal (M.V) debe poseer la menor cantidad de humedad posible. Ya finalizada esta parte del proceso generalmente el extracto obtenido se pasa por un proceso de winterización debido a que se debe retirar todos los compuestos no deseados como lo son las ceras, las clorofilas que pudieron ser arrastradas durante el proceso de extracción. Esta parte se realiza con etanol principalmente, disminuyendo la temperatura para que sea posible realizar la separación de las fases y por ende poder tener una filtración, de esta manera ayudar entonces a tener un extracto madre el cual no tiene ceras, pero siguen presentes los cannabinoides en el solvente [48].

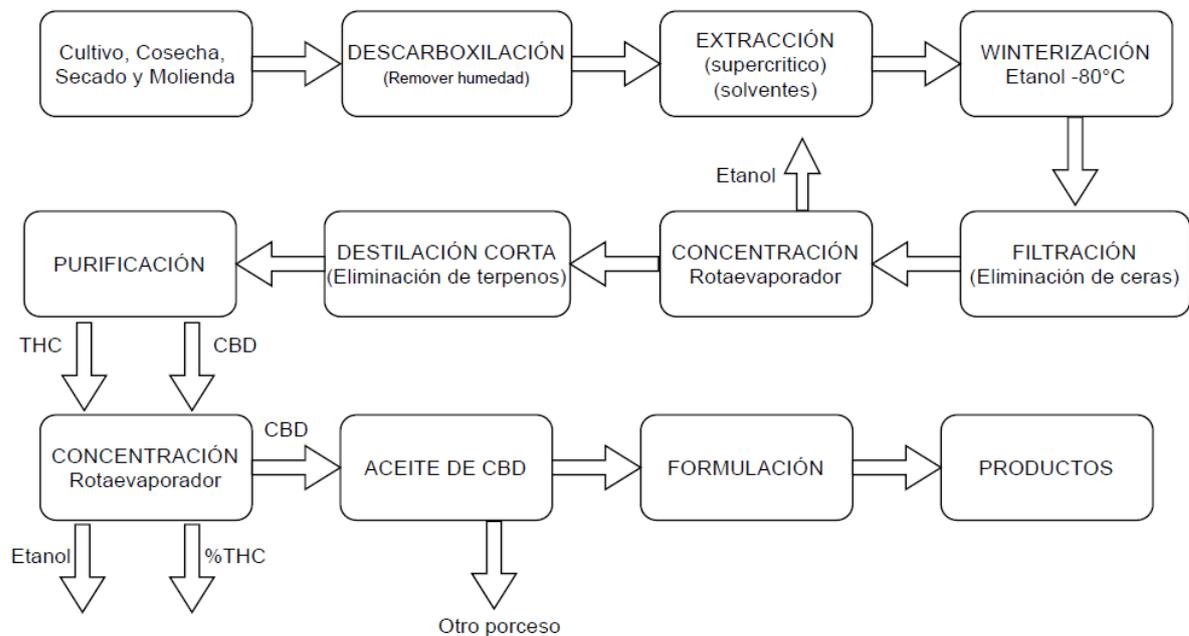
Posteriormente el extracto debe pasar por un proceso de concentración para de esta manera tener un extracto puro y a su vez recuperar el etanol para futuros procesos. Este proceso es llevado a cabo por medio de un rotaevaporador puesto que este equipo realiza una destilación “amable”, es decir utilizando el vacío y temperaturas bajas se logra realizar una concentración sin dañar la integridad del extracto, puesto que el CBD es muy sensible, este equipo cumple la función de separar el extracto del etanol. Luego de esto se deben retirar ciertas sustancias que aún siguen presentes que, si no se separan, pueden interferir en el proceso de purificación, para esto se realiza una destilación corta empleando un equipo manual pequeño, precisamente se llama destilación corta debido a través de los puntos de ebullición se retiran los compuestos no deseados del extracto como pueden ser los terpenos si no llegan a ser importantes para el proceso determinado de la industria [47], [48].

Terminado el proceso de concentración, el extracto es llevado a un proceso de purificación, en donde son separados el CBD del THC, puesto que el THC tiene una proporción psicoactiva, que industrialmente está regulada en ciertos países, esto se realiza a través de un equipo pure, mediante programación este equipo se separe el compuesto de interés, en este caso es el CBD. Una vez obtenidas las fracciones deseadas, el extracto pasa por otro proceso de concentración empleando nuevamente un rotaevaporador, obteniendo por un lado etanol y THC y por otro CBD como compuesto de interés en forma de aceite [48].

Ya obtenido el aceite de CBD se procede a realizar estudios para comprobar el nivel de pureza y cantidad de CBD extraído, esto es definido por cada industria. Una vez comprobado lo anterior, el aceite de cannabis es llevado a un proceso de formulación, para obtener polvos o microcápsulas de CBD en alguna presentación específica que lleve al producto deseado [48].

**Figura 11.**

*Proceso industrial de la obtención del aceite de CBD*



**Nota.** Diagrama BFD del proceso industrial para la obtención del aceite de CBD.

### 1.4.3 Parámetros y condiciones de los métodos de extracción

Por medio de la revisión bibliográfica se encontraron los principales parámetros de las técnicas de extracción de CBD presentes en este trabajo son el solvente implementado, la presión y la temperatura, los cuales se pueden detallar en la **tabla 4**

**Tabla 4**

*Parámetros y condiciones de los métodos de extracción*

	<b>Solvente</b>	<b>Presión</b>	<b>Temperatura</b>
<b>Fluido supercrítico</b>	Dióxido de carbono.	Superior a 74 bar	Superior a 31°C.
<b>Extracción con Etanol</b>	Etanol	Atmosférica.	-30°C a 80°C.
<b>Extracción con Butano</b>	Butano	2,41-2,74 bar.	-61°C a -49°C

**Nota.** Principales parámetros de distintos métodos de extracción de CBD.

## 1.5 Técnicas para Caracterización y cuantificación de cannabinoides

En las últimas décadas los cannabinoides han sido determinados mediante diversas técnicas utilizando diferentes métodos de detección. Existen diversas técnicas para caracterizar y cuantificar los cannabinoides presentes en la planta de Cannabis, las más conocidas y usadas en los últimos años son la cromatografía de capa fina (TLC), la cromatografía líquida (HPLC) y la espectroscopía UV/VIS. Cada una de estas técnicas se detallan a continuación.

### 1.5.1 Cromatografía de capa fina

La cromatografía de capa fina (TLC) es una técnica analítica y tiene como objetivo el análisis de una mezcla de componentes. Para este proceso se utiliza una placa de TLC, esta es una lámina de vidrio, metal o plástico recubierta con una capa delgada de un sólido adsorbente (gel de sílice o alúmina), en ella se deposita una pequeña cantidad de la muestra problema en disolución en un punto en la parte inferior de la placa [49]. Luego de esto se procede a introducir la placa en una cubeta cromatográfica, de forma que únicamente la parte inferior de la placa quede sumergida en el líquido. Este líquido o eluyente es la fase móvil y asciende por la placa de TLC por capilaridad [50].

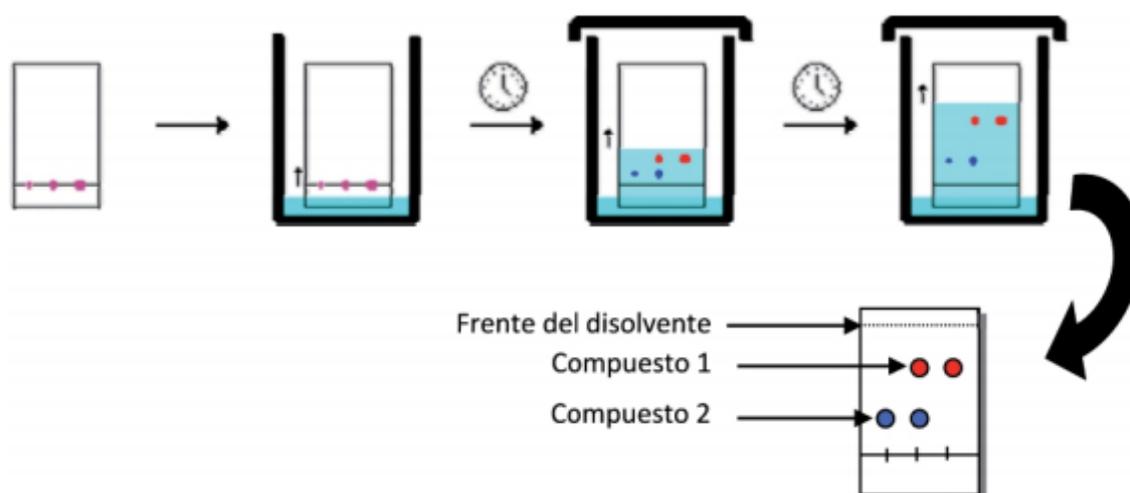
Como se puede observar en la **Figura 12**, a medida que el eluyente pasa por el lugar donde está la señal de la muestra se establece un equilibrio entre las moléculas de cada uno de sus componentes que son adsorbidas y las que se encuentran en disolución. En principio, los componentes se diferenciarán en solubilidad y en la fuerza de su adsorción, de forma que unos componentes se desplazarán más que otros. Cuando el eluyente llega a la parte superior de la placa, esta se saca de la cubeta, se seca, y los componentes separados de la mezcla se visualizan [50].

La Cromatografía en Capa Fina (TLC) es una técnica altamente versátil y económica para ensayos analíticos y preparativos. Ampliamente utilizada en numerosos campos científicos, la cromatografía TLC es particularmente popular para el monitoreo de reacciones, la purificación de muestras y la identificación de compuestos y contaminantes en mezclas [49], [51]. Esta técnica presenta diversas ventajas, las cuales son:

- Resultados rápidos
- Facilidad de transferencia de resultados a cromatografía flash y HPLC.
- bajo requerimiento de muestra.

**Figura 12.**

*Cromatografía de capa fina.* [51]



**Nota.** Esquema de la cromatografía de capa fina. Tomado de: PRINCIPIOS-CROMATOGRAFIA-EN-CAPA-FINA-1.pdf (bioted.es)

### 1.5.2 La cromatografía líquida de alta eficacia

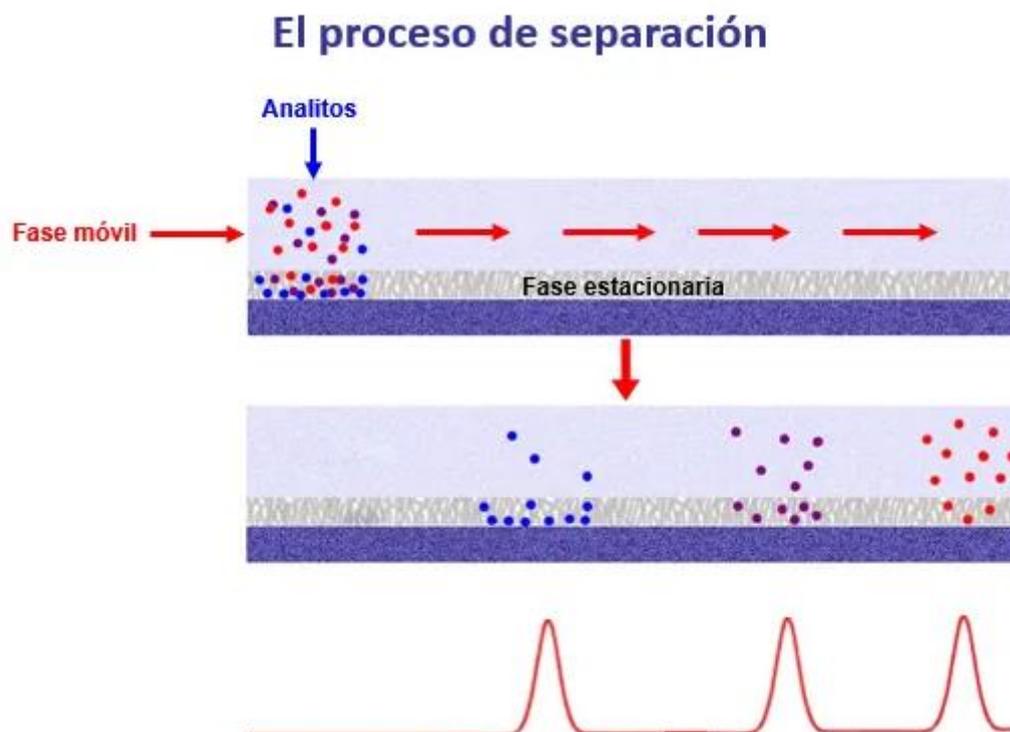
La cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC) es un instrumento de enorme utilidad para la determinación tanto de cannabinoides en forma ácida como en forma neutra que se encuentran presente en la planta de Cannabis. El HPLC es una técnica analítica que se caracteriza por el hecho de que tanto la fase móvil como la fase estacionaria están en estado líquido [52].

La cromatografía líquida de alta eficacia se encuadra dentro de la cromatografía de elución. En ésta, un líquido (fase móvil) circula en íntimo contacto con un sólido u otro líquido inmisible (fase estacionaria); al introducir una mezcla de sustancias (analitos) en la corriente de fase móvil, cada analito avanzará a lo largo del sistema con una velocidad diferente que dependerá de su afinidad por cada una de las fases como se detalla en la **Figura 13**. Esto supone que después de terminado el recorrido

de la muestra por la columna, cada una de las sustancias introducidas en el sistema eluirá con un tiempo diferente, es decir, estarán separadas. En este proceso los solutos interactúan con las 2 fases, por lo tanto, hay que tener en cuenta las polaridades tanto de las fases móvil y estacionaria, como de los analitos, con el objetivo de seleccionar las fases más adecuadas que permitan una correcta separación. La selección del tipo de columna y del detector apropiados también son fundamentales para la obtención de buenos resultados [53]. Durante estos últimos años, los métodos analíticos basados en HPLC han sido muy habituales y efectivos para la detección y cuantificación de cannabinoides naturales.

**Figura 13.**

*Proceso de separación en HPLC.*



**Nota.** Esquema del proceso de separación en HPLC. Tomado de: SCIENCE UNFILTERED [En línea]. <https://phenomenex.blog/2017/12/18/que-es-la-hplc/> [Acceso: noviembre 20, 2020].

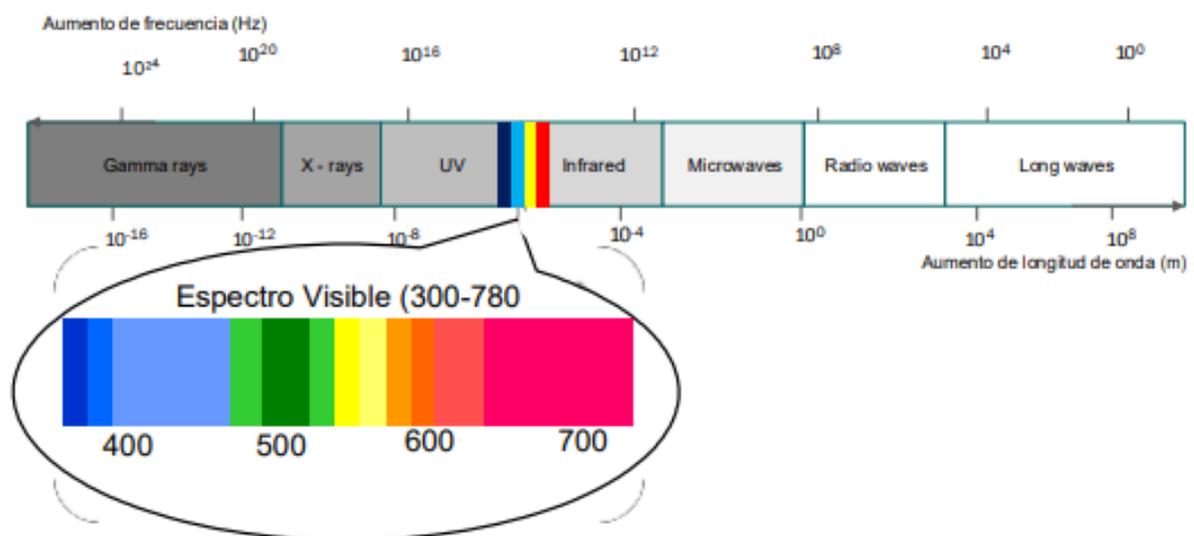
### 1.5.3 Espectroscopía UV/VIS

En términos físicos, la luz es un tipo de energía que se propaga en el espacio a una velocidad muy alta. Más específicamente, la luz se extiende como una onda electromagnética que viaja en el espacio y es energía radiante. La energía de la luz

oscila periódicamente entre un mínimo y un máximo en función del tiempo como una onda. En las ondas existe algo que se denominan máximos y mínimos y poseen una distancia, la distancia entre dos máximos o dos mínimos, respectivamente, de la onda electromagnética se define como la longitud de onda dada en nanómetros (nm) [54]. Las ondas se pueden identificar mediante colores (espectro), cada color tiene una longitud de onda específica. Por lo tanto, los diferentes componentes de la luz se caracterizan por una longitud de onda específica. Donde la suma de todos los componentes, es decir, de todas las longitudes de onda, es llamada un espectro que representa una distribución de la energía radiante. Por ejemplo, en la **Figura 14**, el espectro electromagnético de la luz visible va desde aproximadamente 390 nm hasta aproximadamente 780 nm.

**Figura 14.**

*El espectro visible (390 – 780 nm)*



**Nota.** El espectro visible (390 – 780 nm) representa una pequeña parte del espectro electromagnético. Tomado de: Toledo M. “Espectrofotometría UV/VIS fundamentos y aplicaciones”. [En línea]. [www.mt.com/UV-VIS](http://www.mt.com/UV-VIS) [Acceso: noviembre 20, 2020].

Un espectrofotómetro UV/VIS mide la intensidad de la luz que pasa a través de una solución de muestra en una cubeta, y la compara con la intensidad de la luz antes de que pase a través de la muestra. Los principales componentes de un espectrofotómetro UV/VIS son una fuente de luz, un soporte de muestras, un

dispositivo de dispersión para separar las diferentes longitudes de onda de la luz, y un detector adecuado [54].

### **1.7 Normatividad en Colombia.**

En los últimos años se han aprobado diferentes leyes, decretos y resoluciones, que han permitido el acceso de empresas a la industria del cannabis, desde el cultivo hasta el procesamiento, las principales se evidencian a continuación:

**Ley 30 de 1986:** “Reglamenta los cultivos de plantas de las cuales se producen estupefacientes por parte de las comunidades indígenas”[55]

**Ley 1787 de 2016:** Por la cual se pueden expedir licencias que permitan la importación, exportación, fabricación, entre otros de cannabis y sus derivados.[56]

**Decreto 613 de 2017:** Reglamenta la ley 1786, permite a personas naturales y jurídicas acceder a la industria del cannabis.[57]

**Resolución 2891 de 2017:** Establece el manual de seguimiento y control de licencias expedidas para la fabricación de derivados de cannabis.[58]

**Resolución 2892 de 2017:** el Ministerio de Salud y Protección Social estableció el Manual Tarifario de los Costos de Evaluación y de Seguimiento y Control que deben pagar las personas naturales y jurídicas solicitantes de licencia de fabricación de derivados de cannabis para uso medicinal y científico.[58]

**Resolución 2986 de 2018:** Por medio de la cual se modifica la Resolución número 2891 de 2017, en el sentido de establecer la tarifa por costos de evaluación y de seguimiento y control, en los casos que, dentro del trámite, se solicite la inclusión de modalidades adicionales en la licencia de fabricación de derivados de cannabis, para lo cual es pertinente agregar un párrafo a cada una de las disposiciones de la resolución que establecen los costos de la evaluación y del seguimiento y control. [59]

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS PARA LA EXTRACCIÓN QUÍMICA DE CBD CON ETANOL**

En este capítulo se examinará los distintos procesos y su paso a paso dentro del adecuado pretratamiento de las plantas para la extracción de CBD presente en ambas especies de cannabis Hard Diésel (Sativa) y Black Domina (indica), esto incluye la realización del cultivo, el secado de las inflorescencias y demás material vegetal necesario para la extracción y maceración del material vegetal con el fin de disminuir el tamaño de partícula para facilitar el contacto con el solvente en el momento de la extracción.

Para la obtención de la materia prima objeto de análisis es importante garantizar la procedencia principal de la planta, para lo cual se elige un banco de semillas (Gea seeds). El banco se encarga de entregar las semillas feminizadas listas para su germinación la cual se realizará de manera casera, garantizando las condiciones mínimas de ambiente (en condición ambiental de la sabana de Bogotá en interiores) para su correcto crecimiento. Las especies de cannabis Hard Diésel (Sativa) y Black Domina (Indica) serán las seleccionadas para este estudio.

Se conoce que científicamente ha surgido un gran desarrollo en el campo de la medicina a partir de cannabis en países de primer mundo, un exponente claro de esto es Estados Unidos, que además ha centrado su tecnología en optimizar y mejorar los métodos de extracción de cannabinoides y del cultivo de las diferentes especies de cannabis. Sin embargo, no se conoce específicamente un estudio comparativo directo sobre la cantidad de CBD presente entre las especies Hard Diesel y Black Domina como fuentes potenciales y posibles materias primas dentro de la industria.

Según los referentes bibliográficos consultados, la flor de la planta es la parte de interés ya que contiene la mayor concentración de cannabinoides, a diferencia de su tallo y hojas, por lo que este proyecto se centrará en la obtención de flores o cogollos. Una vez obtenidas las flores se procederá a realizar el secado durante 2 semanas

manteniendo las condiciones de temperatura necesarias (entre 30°C y 40°C) en un espacio cerrado y oscuro con el fin de conservar la naturaleza de los cannabinoides presentes.

Antes de analizar el método de extracción de cannabinoides seleccionado, en este caso extracción con etanol, las plantas deben seguir un tratamiento adecuado. El material vegetal se seca a temperaturas inferiores a 60°C, en un ambiente cerrado y limpio con el objetivo de reducir su contenido de agua y la proliferación de microorganismos. Posteriormente, se separan tallos y hojas de la flor o cogollo, una vez obtenida la flor limpia se procede a reducir el tamaño de partícula mediante trituración manual [60], lo cual suele repercutir en la obtención de buenos rendimientos de extracción, ya que la utilización de mayores tamaños de partícula puede aumentar el tiempo de extracción significativamente y, por otra parte, las partículas muy pequeñas pueden causar aglomeración.

## **2.1 OBTENCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL A PARTIR DE LAS ESPECIES HARD DIÉSEL (SATIVA) Y BLACK DOMINA (INDICA)**

### ***2.1.1 Realización del cultivo (Germinación y crecimiento)***

Una Planta de Cannabis como cualquier otra requiere de luz continua, un nivel adecuado de agua, un medio de cultivo y calor para poder crecer en las mejores condiciones. Teniendo en cuenta estas consideraciones, al momento de realizar el cultivo de manera casera se garantizará de la mejor forma los parámetros que tienen influencia directa sobre el cultivo.

Como primer paso para el desarrollo del cultivo se debe humedecer las semillas en un vaso de agua durante toda una noche (12 horas), según fuentes bibliográficas es recomendable no alargar el tiempo que estarán en agua más de 48 horas pues podrían llegar a pudrirse [19]. Una vez humedecidas, se colocan entre toallas de papel empapadas de agua, se debe mantener un ambiente cálido (21-32°C) y oscuro. Se deben humedecer las toallas cada día para mantenerlas húmedas, pero sin que quede en exceso de agua. Una vez que el brote blanco (raíz) de las semillas es visible, es el momento para plantarlas, este paso se debe hacer con mucho cuidado para no dañar la integridad de las plantas [19].

Según Ceapoiu [19] luego de que la semilla se embebe en agua, se hace notoria la ridícula, el hipocótilo emerge y se despliegan los cotiledones sobre la superficie. Para la germinación la temperatura más óptima es de 24°C, para el caso de este cultivo la temperatura a la cual se realizó la germinación osciló entre 18°C y 24°C, puesto a que se llevó a cabo a la temperatura ambiente de la sabana de Bogotá. Temperaturas más bajas a ésta podrían retardar el proceso, el cual usualmente lleva alrededor de tres a siete días según Clarke. van der Werf et, al mencionaron en 1995 que la temperatura mínima para la germinación es 0°C [19].

De acuerdo con la bibliografía consultada “se recomienda con Luna Descendente, entre los 3 días anteriores a Luna Llena y Luna Creciente. Del Cannabis, principalmente se desean sus flores, por lo que favorece germinar las semillas al paso de la Luna por una constelación de Aire” [61]. El cultivo dio inicio en diciembre del 2020 en luna Descendente.

Luego de que las plantas dan inicio a su germinación lo más seguro y más cómodo es sembrarlas en cubos de enraizamiento (pastilla de turba prensada para siembra) o una mezcla de sustrato inerte ligero y fino, en este caso se opta por los cubos de enraizamiento. Se debe cubrir las semillas germinadas con aproximadamente dos centímetros de enraizamiento con el brote blanco (la raíz) hacia abajo. Luego de un tiempo el tallo principal sale y con él un par de hojas redondas [62].

### **Figura 15.**

*Germinación y crecimiento de la semilla de Cannabis.*



**Nota.** Ilustración de la germinación y crecimiento de la semilla de Cannabis. Tomado de: paisagrowseeds [En línea]. <https://www.paisagrowseeds.com/como-germinar-semillas-demarihuana-colombia-medellin/> [Acceso: febrero 12, 2021].

### **2.1.2 Estado Vegetativo**

Esta Fase del cultivo da inicio alrededor de la semana 3 con la formación de entre 4 y 6 hojas verdaderas y espacios entrenudos cortos. Luego de esto el tallo crece rápidamente, y los espacios entre nudos aumentan Durante el estado vegetativo, la planta forma entre siete y hasta doce pares de hojas. El primer par de hojas tiene un solo folíolo, el segundo tiene tres, el tercero cinco y así sucesivamente hasta alcanzar usualmente once folíolos” [19].

Una vez evidenciado el inicio de esta etapa y transcurrido el primer mes del cultivo, en el que tanto las raíces como el tallo toman fuerza se da paso al trasplante a masetas de mayor tamaño usando tierra negra enriquecida de cascarillas de arroz como sustrato como se observa en la **Figura 16**, allí las plantas tendrán más espacio y sus raíces podrán crecer libremente.

El trasplante es una operación traumática para la planta. Los minúsculos pelos de las raíces son muy delicados a la luz, el aire o la manipulación los dañan con facilidad. Las plantas necesitan tiempo para asentarse y restablecer el flujo de líquidos desde las raíces hacia toda la planta. “Necesitan poco nitrógeno y potasio y grandes cantidades de fósforo. Según fuentes bibliográficas se recomienda trasplantar por la tarde para que las plantas tengan toda la noche para recuperarse”[19].

Luego de realizar el trasplante se debe garantizar que las plantas tengan una exposición mínima de 12 horas de luz, por lo cual se expusieron a luz solar directa desde las 6:00 hasta las 18:00 horas del día. Para el suministro de agua se realizó aperción mediante un atomizador o válvula spray una vez por día durante toda la etapa. Esta etapa finaliza alrededor de la semana 11 del cultivo.

## Figura 16.

### *Trasplante de la plántula de cannabis*



**Nota.** Fotografía del trasplante de la plántula de cannabis.

### **2.1.3 Floración.**

Según los autores Bòcsa y Kraus en 1998 mencionaron que el cambio de filotaxis (posición de las hojas) de opuesta a alternada ("Punto GV") es un indicador del comienzo de este estadio fenológico principal, y depende básicamente del tipo de cultivo. Esta fase da inicio en la semana 12 del cultivo, cabe señalar que durante el transcurso de la semana 11 a la semana 12 el cultivo se trasladó a la zona norte de la ciudad de Bogotá debido a que las heladas de la sabana estaban afectando el crecimiento de las plantas.

La aparición de los primordios florales, así como el proceso de floración comienza desde la base de la planta hacia arriba, hasta la parte superior de la inflorescencia [19]. Esta fase se caracteriza por el crecimiento exponencial de las plantas hasta llegar a su etapa final alrededor de la semana 15 del cultivo.

En el transcurso de esta fase es fundamental mantener un control sobre varios aspectos que tienen repercusión sobre el cultivo, uno de ellos es la exposición del cultivo a la luz solar, el tiempo al cual son expuestas las plantas es disminuido puesto

que la mayoría de los compuestos químicos de interés de la planta tienen alta sensibilidad a la luz, durante toda la etapa el cultivo se expuso a luz solar durante 6 a 8 horas diarias. Otro aspecto es el control de plagas, para esto se utilizó una solución de vinagre industrial al 3% y solución de ají y ajo macerados, mediante Aspersión con frasco spray para que el cultivo no se viera afectado de ninguna manera, evitando la aparición de hongos o cualquier otra plaga que pudiera dañar el cultivo. Durante este periodo se logra observar las diferencias morfológicas de las dos especies de Cannabis como se evidencia en la **Figura 17**.

**Figura 17.**

*Etapa de floración de las plantas de cannabis.*



**Nota.** Fotografía de la etapa de florecimiento de las plantas de cannabis.

#### **2.1.4 Senescencia.**

Luego de la floración de las plantas dioicas macho, y luego de la madurez de semilla en plantas monoicas o dioicas hembras, las hojas y los tallos comienzan a secarse, y luego de un tiempo la planta muere (en algunos lugares debido a las heladas) y la descomposición del tejido del tallo libera las fibras del floema [19]. Esta fase tiene lugar en la etapa final del cultivo, la cual es la semana 17, el estado final de las plantas de este cultivo se puede observar en la **Figura 18**. Durante esta etapa las hojas de las plantas comienzan a tomar un color amarillo oscuro, lo cual es atribuido a una reacción de la planta debido a bajas temperaturas o a que las hojas están comenzando a secarse indicando que la planta ya llegó a su estado de senescencia.

**Figura 18.**

*Estado de senescencia de las plantas.*



**Nota.** Fotografía del estado de senescencia de las plantas Hard Diesel y Black Domina respectivamente.

## 2.2 COSECHA

### 2.2.1 *Limpieza de raíces.*

Es lo más importante a realizar antes de recoger la cosecha, también en casos de sobre fertilización durante el cultivo. La limpieza de raíces es capaz de retirar en su mayoría los restos de los productos químicos, orgánicos que ha absorbido durante el cultivo [63].

Dar con el momento oportuno para comenzar a lavar las raíces de las plantas depende del método empleado a la hora de realizar el cultivo y la cercanía al momento de la cosecha. Cuando el cultivo se realiza en sustrato, según la literatura se suele empezar a lavar las raíces alrededor de dos semanas antes de cortar las plantas, hacia el final del ciclo de vida, cuando los tricomas empiezan a adquirir colores blanquecinos [64].

Se regaron las plantas con una mayor cantidad de agua superando la capacidad de la maceta, para esto se utilizó agua pura, la cual está libre de aditivos, con el fin de eliminar las formaciones de sustancias químicas del interior de los tejidos vegetales. De esta forma se garantiza el retiro los excesos con el lavado [64].

### 2.2.2 *Corte.*

El momento para cortar es cuando “los tricomas de las flores han pasado de color transparente al color lechoso (aproximadamente 70%) y ámbar (30% aproximadamente). Para hacerlo se necesita una lupa de al menos 10 aumentos o un microscopio de mínimo 30 aumentos [65].

Se debe disponer de tijeras de poda o jardinería para realizar un corte limpio, previamente esterilizadas, esto se puede hacer al dejarlas unas horas sumergidas en alcohol etílico con el objetivo de evitar la transmisión de alguna patología. Primero se corta el tallo al cual está sujeto el cogollo de la planta, luego las hojas más grandes y por último todas las puntas de las hojas que salen de las flores. La **Figura 19** muestra el corte realizado a las especies Hard Diesel y Black Domina.

## Figura 19.

*Corte de las plantas Hard Diesel y Black Domina respectivamente.*



**Nota.** Fotografía del corte de las plantas Hard Diesel y Black Domina respectivamente.

## 2.3 PRETRATAMIENTOS REQUERIDOS

### 2.3.1 Secado.

El secado convierte el THC y CBD desde su forma ácida, cruda y no psicoactiva, a su forma neutral psicoactiva, convierte el 75% o más de la planta recién cosechada en vapor de agua y otros gases. Para obtener los mejores resultados, el secado debe ser lento. La temperatura ideal del aire está entre 18 y 30°C, y la humedad, entre 45 y el 55%. El lugar donde se va a realizar esta etapa debe permanecer oscuro para evitar la degradación de los cannabinoides.[65]

Para este proyecto se utilizó una cabina de tela previamente adecuada e instalada en un espacio en donde la entrada de luz era limitada como se observa en la **Figura 20**, afectando lo menos posible la degradación de los cannabinoides, dentro de la cabina se instaló un humidificador, con este equipo se garantizó la temperatura entre 24°C a 29°C, en la **Figura 21** se puede observar el montaje que se realizó para esta parte

del proceso. El proceso de secado del material vegetal tuvo una duración de 2 semanas manteniendo las características mencionadas.

**Figura 20.**

*Cabina adecuada para el proceso de secado.*



**Nota.** Fotografía de la cabina adecuada para el proceso de secado

### 2.3.1.1 Tendido en cuerdas

Conforme a CACTUSMARTOREL, comúnmente se implementa en ramas de gran tamaño. Estas se cuelgan boca abajo evitando el contacto entre ellas y con el suelo. El cannabis se identifica seco cuando “al doblar una rama, se rompe emitiendo un crujido en lugar de doblarse que es lo que ocurre cuando aún conserva un poco de humedad. El objetivo no es secarla totalmente, lo ideal es que conserve un pequeño porcentaje de humedad, así la textura de la hierba será esponjosa y no estará reseca ni quebradiza [65], [66]. En la **Figura 23** se puede observar el material vegetal seco de las especies Hard Diesel y Black Domina.

**Figura 21.**

*Tendido en cuerda.*



**Nota.** Fotografía del tendido en cuerda de las ramas de las Plantas Hard Diesel y Black Domina correspondientemente.

**Figura 22.**

*Control de Temperatura de secado.*



**Nota.** Fotografía del control de Temperatura de secado (entre 24 y 29°C).

**Figura 23.**

*Material Vegetal seco.*



**Nota.** Fotografía del material vegetal seco de las especies Hard Diesel y Black Domina correspondientemente.

### **2.3.2 Trituración del material vegetal:**

El método consiste en macerar separadamente distintas partes de la planta seca (flores y hojas), esto con el fin de maximizar el área de contacto con el solvente mejorando así el proceso de extracción, este proceso se llevó a cabo de manera manual.

**Figura 24.**

*Material Triturado (Hard Diesel).*



**Nota.** Fotografía del Material Triturado de la planta Hard Diesel.

**Figura 25.**

*Material Triturado (Black Domina).*



**Nota.** Fotografía del Material Triturado de la planta Black Domina.

La **Figura 24** muestra la cantidad de material vegetal obtenido a partir de las plantas de Hard Diesel y el peso arrojado por la gramera, en este caso la cantidad de material vegetal es de 50 g. De igual manera la **Figura 25** muestra la cantidad de material vegetal obtenido a partir de las plantas de Black Domina y el peso que se obtuvo en la gramera, el cual fue 25 g.

## **2.4 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE CBD MEDIANTE REVISIÓN Y COMPARACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Ya una vez definidos los pretratamientos necesarios para realizar la extracción es necesario determinar mediante revisión bibliográfica el método de extracción de CBD más adecuado para este trabajo, para ello se implementará una matriz de comparación que permita seleccionar cuál de los métodos mencionados en el capítulo.

En primera instancia se define la matriz con la cual se realizará la comparación, la cual se debe ajustar lo mejor posible, una vez determinada la matriz a utilizar, se definen los factores más relevantes y puntajes pertinentes para cada uno de los

métodos en mencionados, ya una vez establecido todo esto se determina el método adecuado para realizar la extracción.

Finalmente, y luego de la elección del proceso se procede a realizar la extracción con el método seleccionado definiendo los requerimientos y parámetros necesarios para llevarlo a cabo.

#### **2.4.1 Elaboración de la matriz de comparación**

Para determinar y seleccionar el método de extracción que mejor se ajuste para este trabajo, es primordial comparar los tres métodos expresados en el capítulo anterior y a su vez identificar los factores más importantes de cada uno, evaluando bajo criterios definidos. La matriz Pugh ofrece un buen panorama de las ventajas y desventajas de cada opción, ayudando a evaluar de manera objetiva y cuantitativa cada uno, asignando valores numéricos, y elegir la de mayor impacto en los ámbitos establecidos [67], [68].

Para hacer la matriz Pugh se comienza por definir los factores que se tomarán en cuenta para la comparación de los métodos definidos, luego de esto se define el peso que posee cada uno de estos, a continuación, se expresan en valores numéricos, a los cuales se le asigna un significado en la matriz. Por último, se asignan los valores a cada factor y se determinará el método a desarrollar [67].

##### **2.4.1.1 Factores de comparación**

Los factores a evaluar en la matriz de comparación Pugh se definen en la **tabla 5**. Dentro de esta tabla se seleccionan los factores los cuales son: seguridad del producto, en donde se evalúan las trazas de solvente ya que pueden ser perjudiciales para su consumo o el medio ambiente y por lo tanto está regulado por la norma, costos, la cual es muy importante debido a la escala a la cual se realizara la extracción, rendimiento, que determinara si el proceso es adecuado para la extracción, accesibilidad, la cual determina el nivel de complejidad a la hora de realizar el método de extracción y por ultimo toxicidad, debido a que los solventes poseen propiedades que son perjudiciales.

**Tabla 5***Definición de puntajes para cada factor*

Valor / Factor	Seguridad Del Producto[69]	Costos	Rendimiento	Accesibilidad	Toxicidad
-1	Las trazas de solventes superan a la delimitada por la normatividad.	Costo de los insumos y los equipos altos. >\$2.000.000.000	Baja obtención de cannabinoides. (Eficiencia menor de 50%)	Accesibilidad compleja (implementación de laboratorios y/o equipos altamente especializados)	Altamente toxico
0	Trazas de solvente semejantes a los recomendados (etanol = 5000 ppm)	Costo de los insumos y los equipos medios. >\$1.000.000.000	Media obtención de cannabinoides. (Eficiencia mayor de 50%)	Accesibilidad media (implementación necesaria de equipos especiales)	Moderadamente toxico
1	trazas mínimas del solvente (Por debajo del 1% de lo recomendado)	Costo de los insumos y los equipos bajos. <\$1.000.000.000	Alta obtención de cannabinoides. (Eficiencia mayor de 70%)	Accesibilidad Facilitada (no requiere implementación de equipo especializado)	No toxico

**Nota.** Definición del valor mediante puntaje de cada factor evaluado.

#### 2.4.1.2 Definición y atribución de peso de la comparación

En la **tabla 6** se definieron los valores de peso que posee cada factor de comparación establecidos anteriormente.

**Tabla 6***Asignación de peso para cada factor de comparación*

Peso	Descripción
1	No es necesario tener en cuenta este factor para este proceso
2	Se debe tener en cuenta este factor para este proceso
3	Este factor posee una gran importancia para este proceso

**Nota.** Peso para cada factor de comparación

#### 2.4.1.3 Elección del método de extracción

Para realizar la comparación mediante la matriz Pugh se tienen en cuenta los factores asignados previamente y el peso de cada uno. Como se observa en la **tabla 7**, se escoge la extracción con etanol como el método de extracción más adecuado para este proyecto. El cual se adapta de la mejor manera a la metodología y escala de este proyecto en mayor medida por los factores de costos y accesibilidad, cabe resaltar

que el método de CO<sub>2</sub> supercrítico es el más recomendado debido al alto rendimiento que este presenta a la hora de obtener cannabinoides, pero debido a que el este proceso es de precio elevado debido a los equipos que se utilizan y las condiciones de fluido que se deben alcanzar, no se optó por seleccionar este método. En el estudio realizado por Rovetto [70] este autor encontró, en cuanto a rendimientos, que la extracción con fluido supercrítico es hasta un 41% más efectiva que una extracción con inmersión en solvente.

**Tabla 7**

*Matriz de comparación de los métodos de extracción*

Factor	Peso	Métodos de extracción		
		CO <sub>2</sub> Supercrítico	Extracción con Butano	Extracción con Etanol
Seguridad Del Producto	2	1	-1	0
Costos	3	-1	1	1
Rendimiento	3	1	0	0
Accesibilidad	2	-1	0	1
Toxicidad	2	0	-1	0
<b>Total</b>		0	-1	5

**Nota.** Matriz Pugh de comparación de los métodos de extracción presentes en este trabajo.

## 2.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA EXTRACCIÓN QUÍMICA CON ETANOL

### 2.4.1 Inmersión del material vegetal en etanol

Una vez obtenido el material vegetal triturado, se procede a su inmersión en el solvente, La elección del solvente se hace en función de su disponibilidad, precio, grado de pureza, capacidad de disolución de los componentes de estudio (en este caso son los Cannabinoides).

Para este caso se optó por escoger como solvente el etanol con una pureza del 96%, debido a que este cumple con las condiciones ya mencionadas y además suele ser el de uso más común para este proceso, para ello se emplearon 4 frascos de vidrio con tapa de 1L y 4 frascos de vidrio con tapa de 250 mL

#### **Figura 26.**

*Equipo empleado para la inmersión en etanol.*



**Nota.** Fotografía de los Frascos de vidrio empleados para la inmersión en etanol

El material vegetal previamente triturado se lleva a una pesa para medir la cantidad exacta que estará inmersa en el solvente, para este proyecto la cantidad utilizada fue de 50 g y 25 g para las muestras de Hard Diesel y Black Domina respectivamente, Para la muestra de 50 g se utiliza 1L de solvente y para la muestra de 25 g se utiliza 500 mL de solvente. Ya inmerso en etanol al 96% se somete a agitación manual constante durante 2 horas, con lo que se consigue extraer por polaridad los cannabinoides presentes en las muestras.

**Figura 27.**

*Inmersión en etanol del material vegetal triturado.*



**Nota.** Fotografía de la Inmersión en etanol del material vegetal triturado de la planta Hard Diesel (#1) y Black Domina (#2).

### 2.4.2 Filtración

Una vez transcurrido el tiempo de la inmersión del M.V (2 horas) la muestra pasa por dos filtraciones con el fin de retirar los residuos vegetales de la muestra y obtener el aceite de Cannabis en exceso de solvente. En primer lugar, se pasa por un filtro de tela la mezcla del M.V con el solvente, en esta filtración se retira la mayoría de residuo vegetal, este proceso se repitió dos veces para cada muestra para mejorar el filtrado. Paso seguido, las muestras se pasan por un filtro de papel N°4 para retirar completamente los residuos vegetales del extracto.

**Figura 28.**

*Filtración del extracto.*



**Nota.** Fotografía del proceso de filtración del extracto de las dos especies de cannabis Hard Diesel (#1) y Black Domina (#2).

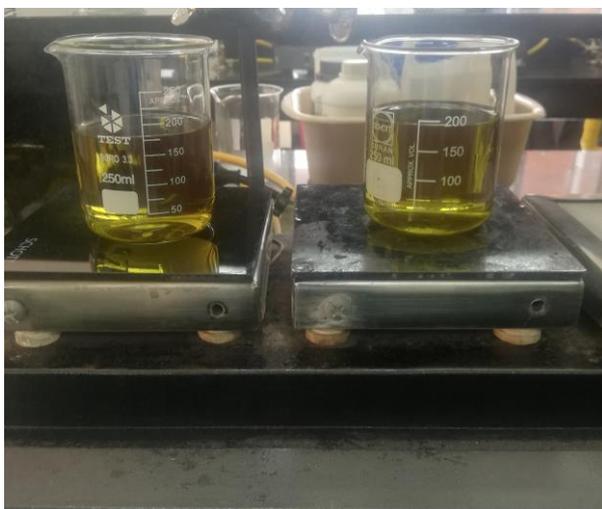
### 2.4.3 Separación del sustrato del solvente

Una vez obtenido el extracto libre de residuos vegetales para cada especie de Cannabis por medio de la filtración, el extracto obtenido se llevó a refrigeración por 24 horas a una temperatura de 5°C, esto debido a que al bajar la temperatura los distintos componentes del extracto como lo son las ceras, los terpenos y los cannabinoides se comienzan a diferenciar un poco, ayudando a mejorar la separación, evitando en la mayor medida posible el contacto con luz solar para no degradar los cannabinoides. Este proceso al realizarse de manera casera no llega a cumplir con todas las condiciones de eficiencia para realizar la separación, ya que, según la literatura el extracto debe ser llevado a una temperatura de -80°C debido a que a esta temperatura todas las capas se logran separar en mayor medida, facilitando aún más el proceso.

Luego de que el tiempo de refrigeración transcurrió el extracto está adecuado para el proceso de la separación, el cual se llevó a cabo en los laboratorios de la universidad América, el método utilizado para realizar la separación fue una destilación simple como se observa en la **Figura 29**, haciendo un control de temperatura periódico. Según lo consultado en la literatura los cannabinoides se comienzan a desnaturalizar después de los 60°C [46], [71] y la temperatura de ebullición del etanol es de 78.37°C por ende, para los 2 sustratos se mantuvo una temperatura de 50°C durante 7h para garantizar la evaporación del etanol sin afectar los cannabinoides.

#### **Figura 29.**

*Separación del extracto del etanol.*



**Nota.** Fotografía del proceso de separación de los sustratos de las plantas Hard Diesel y Black Domina correspondientemente.

**Figura 30.**

*Separación del extracto del etanol luego de 7h.*



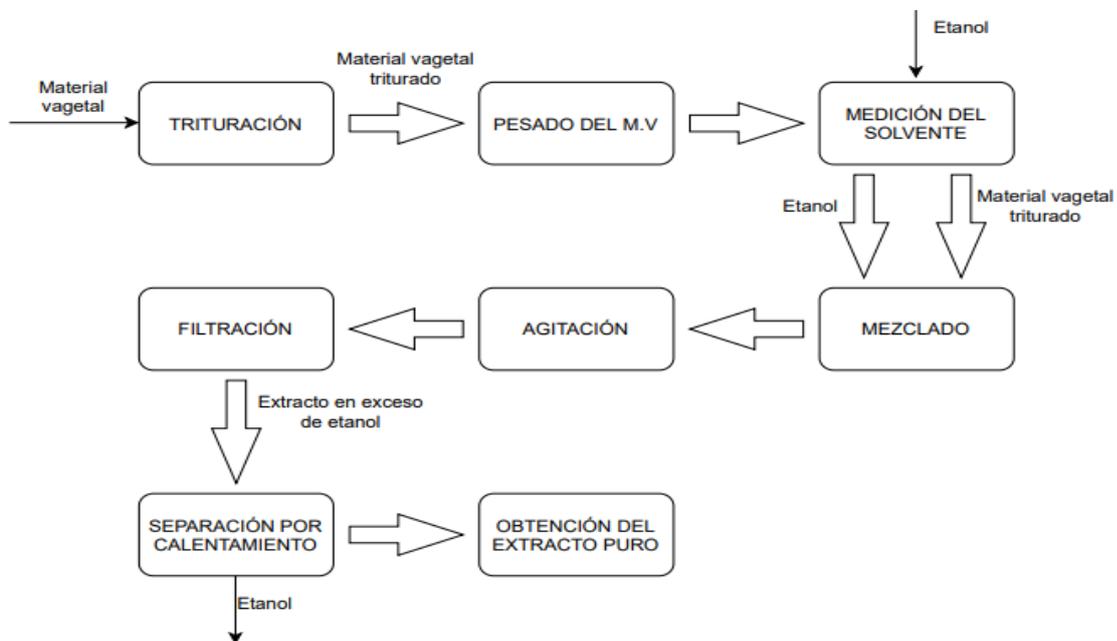
**Nota.** Fotografía del proceso de separación de los sustratos luego de 7h de las plantas Hard Diesel y Black Domina correspondientemente.

## 2.5 Esquema general del proceso

En la siguiente Figura se muestra el esquema general del proceso de extracción química con etanol implementado en este proyecto.

**Figura 31.**

*Esquema general del Proceso de extracción.*



**Nota.** Flujoograma del Proceso general de extracción.

### 3. ANÁLISIS Y RESULTADOS

#### 3.1 Análisis morfológico de la planta de Cannabis en las especies Hard Diesel (Sativa) y Black Domina (Indica)

Para efectos de este trabajo se realizó un seguimiento de algunas características morfológicas fundamentales de cada especie de Cannabis durante las etapas de crecimiento de las mismas, Esto con el fin de observar y detallar aquellos factores que diferencian a cada especie de la otra.

##### 3.1.1 Análisis morfológico del Cannabis Hard Diesel (Sativa)

Como se observa en la **tabla 8** durante la primera semana transcurre la transición de la germinación de las plantas, la fase vegetativa comprende desde la semana 1 hasta la semana 11 del cultivo, el crecimiento de cada planta dentro de esta etapa depende en gran medida de las condiciones en las que se encuentre el cultivo, esto tiene influencia directa en el correcto crecimiento de las mismas, durante esta etapa es clave la exposición a la luz solar y el control de la cantidad de agua que necesita cada especie.

Dentro de esta fase se observa el crecimiento progresivo de las 3 plantas de esta especie de Cannabis, en esta fase se logra identificar tanto del número de nodos de cada planta como de folios por hoja semana a semana. Alrededor de la semana 10 se evidencia un aumento exponencial en la altura de la planta, hecho que se va a mantener constante hasta la semana 17. Para las 3 plantas de esta especie en la semana 11 da inicio la floración. La Pigmentación antocianica del peciolo durante esta etapa es ausente hasta la semana 8. En la semana 9 se observa que para la planta 1 pigmentación antocianica del peciolo es débil mientras que en la semana 11 se torna una pigmentación media y débil para las plantas 2 y 3, Adicionalmente, cabe resalta que la pigmentación antocianica de la corona durante esta etapa es ausente para las 3 plantas.

**Tabla 8.**

**Datos morfológicos (fase Vegetativa) Cannabis Hard Diesel**

Semana	Fecha inicial	Fecha final	Numero de planta	Altura de la planta (cm)	Diámetro del eje principal (cm)	Número de nodos	Longitud del primer entrenudo visible (cm)	Número de folíolos por hoja	No. de hojas verdaderas	Color del tallo principal <sup>a</sup>	Líneas en el tallo <sup>b</sup>	Pigmentación antocianica del peciolo <sup>c</sup>	Pigmentación antocianica de la corona <sup>d</sup>
1	5/12/2020	12/12/2020	1	0	0	0	0	0	0	-	A	A	A
1	5/12/2020	12/12/2020	2	0	0	0	0	0	0	-	A	A	A
1	5/12/2020	12/12/2020	3	0	0	0	0	0	0	-	A	A	A
2	12/12/2020	19/12/2020	1	3	0,2	1	0,3	1	2	A	A	A	A
2	12/12/2020	19/12/2020	2	3	0,2	1	0,2	1	2	A	A	A	A
2	12/12/2020	19/12/2020	3	3	0,2	1	0,2	1	2	A	A	A	A
3	19/12/2020	26/12/2020	1	4,1	0,5	2	0,5	2	4	V	A	A	A
3	19/12/2020	26/12/2020	2	4	0,5	2	0,4	2	4	V	A	A	A
3	19/12/2020	26/12/2020	3	4	0,5	2	0,5	2	4	V	A	A	A
4	26/12/2020	2/01/2021	1	5,4	0,8	2	0,7	3	4	V	A	A	A
4	26/12/2020	2/01/2021	2	5	0,7	2	0,5	3	4	V	A	A	A
4	26/12/2020	2/01/2021	3	5	0,7	2	0,6	3	4	V	A	A	A
5	2/01/2020	9/01/2021	1	6,5	1,2	3	1,1	3	6	V	A	A	A
5	2/01/2020	9/01/2021	2	5,8	1	3	0,6	3	6	V	A	A	A
5	2/01/2020	9/01/2021	3	5,8	1	3	0,9	3	6	V	A	A	A
6	9/01/2021	16/01/2021	1	8	1,5	3	1,3	3	6	V	A	A	A
6	9/01/2021	16/01/2021	2	7	1,4	3	0,6	3	6	V	A	A	A
6	9/01/2021	16/01/2021	3	7	1,4	3	0,9	3	6	V	A	A	A

**Nota.** Datos tomados experimentalmente en la fase vegetativa del cultivo casero.

<sup>a</sup> A: amarillo, V: verde, VO: verde oscuro, P: purpura

<sup>b</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>c</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>d</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

**Continuación de la Tabla 8.**

**Datos morfológicos (fase Vegetativa) Cannabis Hard Diesel**

Semana	Fecha inicial	Fecha final	Numero de planta	Altura de la planta (cm)	Diámetro del eje principal (cm)	Número de nodos	Longitud del primer entrenudo visible (cm)	Número de folíolos por hoja	No. de hojas verdaderas	Color del tallo principal <sup>a</sup>	Líneas en el tallo <sup>b</sup>	Pigmentación antocianica del peciolo <sup>c</sup>	Pigmentación antocianica de la corona <sup>d</sup>
7	16/01/2021	23/01/2021	1	10	1,8	4	1,6	5	8	V	A	A	A
7	16/01/2021	23/01/2021	2	9	1,7	4	0,8	5	8	V	A	A	A
7	16/01/2021	23/01/2021	3	9	1,7	4	1,1	5	8	V	A	A	A
8	23/01/2021	30/01/2021	1	12	2,2	4	2	5	8	V	A	A	A
8	23/01/2021	30/01/2021	2	11	2	4	1	5	8	V	A	A	A
8	23/01/2021	30/01/2021	3	11	2	4	1,2	5	8	V	A	A	A
9	30/01/2021	6/02/2021	1	14	2,2	6	2,3	6	10	V	D	D	A
9	30/01/2021	6/02/2021	2	12	2	5	1,2	6	8	V	A	A	A
9	30/01/2021	6/02/2021	3	13	2	5	1,5	7	10	V	A	A	A
10	6/02/2021	13/02/2021	1	18,5	2,5	6	2,5	7	12	V	M	D	A
10	6/02/2021	13/02/2021	2	15,5	2,3	6	1,5	7	10	V	D	A	A
10	6/02/2021	13/02/2021	3	16,5	2,3	6	2	7	12	V	D	A	A
11	13/02/2021	20/02/2021	1	25	2,5	7	2,7	7	14	V	M	M	A
11	13/02/2021	20/02/2021	2	22	2,3	7	1,5	7	12	V	D	D	A
11	13/02/2021	20/02/2021	3	19	2,3	6	2,2	7	14	V	D	D	A

**Nota.** Datos tomados experimentalmente en la fase vegetativa del cultivo casero.

<sup>a</sup> A: amarillo, V: verde, VO: verde oscuro, P: purpura

<sup>b</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>c</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>d</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

En la **tabla 9** se observan los datos de la fase de floración, que comprende desde la semana 12 hasta la semana 17, durante esta etapa las plantas desarrollan y finalizan su maduración. Se observa que alrededor de la semana 16 el número de nodos se mantiene constante, el número de folios se mantiene constante durante toda la etapa para las 3 plantas, siendo este un total de 7 folios lo cual coincide con el estándar para esta especie de Cannabis [16].

En la etapa de floración las plantas llegan a su altura final en la semana 17, para la planta 1 fue de 135 cm, para la planta 2 de 118 cm y para la planta 3 de 112 cm. Cabe resaltar que actualmente según el Dr. Ethan Russo no es posible determinar el contenido bioquímico de una planta de Cannabis en función de su altura, ramificación o morfología de las hojas [20].

Durante esta fase las hojas adquieren su característica forma alargada y delgada, durante toda la etapa tienen una intensidad media del color verde, el cual es una característica que identifica a esta especie de cannabis. Se evidencia líneas en los tallos de manera clara a partir de la semana 13, la pigmentación antocianica del peciolo durante esta etapa es más notorio desde la semana 14 y en la semana 15 la pigmentación antocianica de la corona es de nivel medio y se mantiene así hasta la semana 17. Durante el proceso de monitoreo y control de esta etapa, a la planta 2 en la semana 14 se le realizó corte apical por presencia de hongo, finalmente para las 3 plantas la etapa de maduración se da en la semana 17.

**Tabla 9.**

**Datos morfológicos (fase de floración) Cannabis Hard Diesel**

Semana	Fecha inicial	Fecha final	Número de Planta	Altura de la planta (cm)	Diámetro del eje principal (cm)	Número de nodos	Longitud del primer entrenudo visible (cm)	Número de folíolos por hoja	Longitud del folíolo central de la hoja (cm)	Anchura del folíolo central de la hoja (cm)	Longitud del peciolo (cm)	Intensidad del color verde de la hoja <sup>a</sup>	Líneas en el tallo <sup>b</sup>	Pigmentación antocianica del peciolo <sup>c</sup>	Pigmentación antocianica de la corona <sup>d</sup>
12	20/02/2021	27/02/2021	1	40,5	2,6	7	2,7	7	10	1,2	3	M	F	M	A
12	20/02/2021	27/02/2021	2	39,5	2,5	7	1,5	7	10	1,2	2,5	M	M	D	A
12	20/02/2021	27/02/2021	3	37,5	2,5	6	2,2	7	9	0,8	2,5	M	M	D	A
13	27/02/2021	6/03/2021	1	60	2,7	9	3,4	7	11	1,2	3	M	F	F	A
13	27/02/2021	6/03/2021	2	58	2,6	9	2,5	7	11	1,2	2,5	M	F	D	A
13	27/02/2021	6/03/2021	3	57	2,6	8	2,7	7	10	1	2,5	M	F	D	A
14	6/03/2021	13/03/2021	1	80	2,9	10	4	7	13,5	1,3	3	M	F	F	A
14	6/03/2021	13/03/2021	2	75	2,8	10	3	7	13	1,3	2,5	M	F	M	A
14	6/03/2021	13/03/2021	3	72	2,8	10	3	7	12,5	1	2,5	M	F	M	A
15	13/03/2021	20/03/2021	1	105	3	10	4,5	7	13,5	1,5	3,5	M	F	F	M
15	13/03/2021	20/03/2021	2	95	3	10	3,2	7	13	1,5	3	M	F	M	M
15	13/03/2021	20/03/2021	3	92	3	10	3,5	7	12,5	1	3	M	F	M	M
16	20/03/2021	27/03/2021	1	117	3	12	4,5	7	13,7	1,5	3,5	M	F	F	M
16	20/03/2021	27/03/2021	2	105	3	10	3,3	7	13,3	1,5	3	M	F	M	M
16	20/03/2021	27/03/2021	3	103	3	10	3,6	7	12,8	1	3	M	F	M	M
17	27/03/2021	3/04/2021	1	135	3	12	4,6	7	14	1,5	3,5	M	F	F	M
17	27/03/2021	3/04/2021	2	118	3	10	3,5	7	13,5	1,5	3	M	F	M	M
17	27/03/2021	3/04/2021	3	112	3	10	3,7	7	13	1	3	M	F	M	M

**Nota.** Datos tomados experimentalmente en la fase de floración del cultivo casero.

<sup>a</sup> L: ligero, M: medio, O: oscuro <sup>b</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>c</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte <sup>d</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

### **3.1.2 Análisis morfológico del Cannabis Black Domina (Indica)**

En la **tabla 10** se encuentran los datos obtenidos durante la fase vegetativa, para la especie Black Domina, al igual que la Hard Diesel, comprende desde de la semana 1 hasta la semana 11. El crecimiento en altura de las 3 plantas es progresivo durante toda la fase. Tanto el número de nodos, el número de hojas verdaderas y la longitud del primer entrenudo visible aumentan de manera constante.

Durante las 2 primeras semanas del cultivo, los datos son muy parecidos a los obtenidos con la especie Hard Diesel, sin embargo, desde la semana 3 del cultivo comienza su diferenciación. Durante esta fase las plantas de la especie Black Domina en la semana 11 llegan a una altura de 15,5 cm para la planta 1, 16 cm para la planta 2 y 15 cm para la planta 3. El número de nodos en la mayoría de las semanas de esta fase posee una relación 1:2 con el número de hojas verdaderas [72].

Durante el crecimiento de las 3 plantas en esta fase para la semana 11 el número de folios por hoja es de 6, ninguna planta presento chupones. Con respecto al color del tallo principal para todas las plantas hasta la semana 2 fue amarillo, después de esta semana se observa un color verde que se mantiene y hasta la semana 11. Estas plantas no presentaron líneas en tallo durante toda la fase, la pigmentación antocianica del peciolo fue ausente, al igual que para la pigmentación antocianica de la corona. Para las 3 plantas de esta especie de Cannabis, el inicio de la floración se dio en la semana 10.

La pigmentación antocianica normalmente está asociada con los metabolitos secundarios (antocianina) y responde a un estrés de la planta, pueden responder a un estrés de fertilizantes o por frio, o simplemente responde a una vía genética de la planta [73].

**Tabla 10.**

**Datos morfológicos (fase Vegetativa) Cannabis Black Domina**

Semana	Fecha inicial	Fecha final	Numero de planta	Altura de la planta (cm)	Diámetro del eje principal (cm)	Número de nodos	Longitud del primer entrenudo visible (cm)	Número de foliolos por hoja	No. de hojas verdaderas	Color del tallo principal <sup>a</sup>	Líneas en el tallo <sup>b</sup>	Pigmentación antocianica del peciolo <sup>c</sup>	Pigmentación antocianica de la corona <sup>d</sup>
1	5/12/2020	12/12/2020	1	0	0	0	0	0	0	-	A	A	A
1	5/12/2020	12/12/2020	2	0	0	0	0	0	0	-	A	A	A
1	5/12/2020	12/12/2020	3	0	0	0	0	0	0	-	A	A	A
2	12/12/2020	19/12/2020	1	3	0,2	1	0,3	1	2	A	A	A	A
2	12/12/2020	19/12/2020	2	3	0,2	1	0,2	1	2	A	A	A	A
2	12/12/2020	19/12/2020	3	3	0,2	1	0,2	1	2	A	A	A	A
3	19/12/2020	26/12/2020	1	4	0,5	2	0,5	2	4	V	A	A	A
3	19/12/2020	26/12/2020	2	4,1	0,5	2	0,4	2	4	V	A	A	A
3	19/12/2020	26/12/2020	3	4	0,5	2	0,5	2	4	V	A	A	A
4	26/12/2020	2/01/2021	1	6	1,8	3	0,5	3	6	V	A	A	A
4	26/12/2020	2/01/2021	2	6,2	1,7	3	0,6	3	6	V	A	A	A
4	26/12/2020	2/01/2021	3	5,8	1,7	3	0,5	3	6	V	A	A	A
5	2/01/2020	9/01/2021	1	6,8	2,2	4	0,6	3	6	V	A	A	A
5	2/01/2020	9/01/2021	2	7,5	2	4	0,7	3	6	V	A	A	A
5	2/01/2020	9/01/2021	3	6,5	2	4	0,6	3	6	V	A	A	A
6	9/01/2021	16/01/2021	1	8,6	2,2	4	0,7	3	8	V	A	A	A
6	9/01/2021	16/01/2021	2	9	2	4	0,8	3	8	V	A	A	A
6	9/01/2021	16/01/2021	3	8,5	2	4	0,7	3	8	V	A	A	A

**Nota.** Datos tomados experimentalmente del cultivo casero.

<sup>a</sup> A: amarillo, V: verde, VO: verde oscuro, P: purpura

<sup>b</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>c</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>d</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

**Continuación de la Tabla 10.**

**Datos morfológicos (fase Vegetativa) Cannabis Black Domina**

Semana	Fecha inicial	Fecha final	Numero de planta	Altura de la planta (cm)	Diámetro del eje principal (cm)	Número de nodos	Longitud del primer entrenudo visible (cm)	Número de foliolos por hoja	No. de hojas verdaderas	Color del tallo principal <sup>a</sup>	Líneas en el tallo <sup>b</sup>	Pigmentación antocianica del peciolo <sup>c</sup>	Pigmentación antocianica de la corona <sup>d</sup>
7	16/01/2021	23/01/2021	1	10	2,5	5	0,8	5	8	V	A	A	A
7	16/01/2021	23/01/2021	2	10,5	2,3	5	1	5	10	V	A	A	A
7	16/01/2021	23/01/2021	3	9,5	2,3	5	0,8	5	8	V	A	A	A
8	23/01/2021	30/01/2021	1	10,5	2,5	5	0,8	5	10	V	A	A	A
8	23/01/2021	30/01/2021	2	11	2,3	5	1,2	5	12	V	A	A	A
8	23/01/2021	30/01/2021	3	10	2,3	5	0,8	5	10	V	A	A	A
9	30/01/2021	6/02/2021	1	11,2	2,5	5	0,8	5	10	V	A	A	A
9	30/01/2021	6/02/2021	2	11,8	2,3	6	1,4	5	12	V	A	A	A
9	30/01/2021	6/02/2021	3	11	2,3	5	0,8	5	10	V	A	A	A
10	6/02/2021	13/02/2021	1	12,5	2,7	6	0,9	5	12	V	A	A	A
10	6/02/2021	13/02/2021	2	13	2,5	6	1,4	5	14	V	A	A	A
10	6/02/2021	13/02/2021	3	12	2,5	6	0,9	5	12	V	A	A	A
11	13/02/2021	20/02/2021	1	15,5	2,8	6	1	6	14	V	A	A	A
11	13/02/2021	20/02/2021	2	16	2,7	7	1,5	6	16	V	A	A	A
11	13/02/2021	20/02/2021	3	15	2,7	6	1	6	14	V	A	A	A

**Nota.** Datos tomados experimentalmente en la fase vegetativa del cultivo casero.

<sup>a</sup> A: amarillo, V: verde, VO: verde oscuro, P: purpura

<sup>b</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>c</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>d</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

En la **tabla 11** se observan los datos de la fase de floración, que comprende desde la semana 12 hasta la semana 16, durante esta etapa las plantas desarrollan y finalizan su maduración. Se observa que alrededor de la semana 15 el número de nodos se mantiene constante, de igual forma el número de folios se mantiene constante durante toda la etapa para las 3 plantas, se observa un total de 7 folios que coincide con el estándar según lo reportado en literatura [13].

Durante la fase de floración las plantas llegan a su altura final en la semana 17, para la planta 1 fue de 52 cm, para la planta 2 de 55 cm y para la planta 3 de 50 cm. Las plantas de esta especie tienen menor altura que las plantas de la especie Hard Diesel, producto de esto se obtuvo menor cantidad de material vegetal (25 g) con respecto a la otra especie (50 g). Como se mencionó anteriormente según el Dr. Ethan Russo actualmente no es posible determinar el contenido bioquímico de una planta de cannabis en función de su altura, ramificación o morfología de las hojas [20].

A lo largo de la fase de floración las hojas adquieren su característica forma mediana y más ancha que las hojas de la especie Hard Diesel. Las hojas de las plantas 1 y 2 tienen una intensidad de color verde oscuro y las hojas de la planta 3 tienen una intensidad media de color verde. Se evidencia líneas en los tallos de manera clara a partir de la semana 13, la pigmentación antocianica del peciolo durante esta etapa es más notorio desde la semana 13 y en la semana 15. La pigmentación antocianica de la corona es de nivel medio y se mantiene así hasta la semana 17. De igual manera la pigmentación antocianica se da por el estrés que presenta la planta durante esta fase o bien porque responden a una vía genética de la planta al igual que la especie Hard Diesel [73].

El tiempo óptimo de cosecha para ambas especies de Cannabis se estableció en la semana 17, puesto que en esta semana las plantas estaban en su estado de senescencia. Definir este tiempo es muy importante para maximizar el rendimiento de metabolitos secundarios en cualquier cultivo de importancia farmacéutica. Esto también es válido para el cannabis; la recolección se realiza en función del contenido de cannabinoides deseado [74].

**Tabla 11.**

**Datos morfológicos (fase de floración) Cannabis Black Domina**

Semana	Fecha inicial	Fecha final	Número de Planta	Altura de la planta (cm)	Diámetro del eje principal (cm)	Número de nodos	Longitud del primer entrenudo visible (cm)	Número de folíolos por hoja	Longitud del foliolo central de la hoja (cm)	Anchura del foliolo central de la hoja (cm)	Longitud del peciolo (cm)	Intensidad del color verde de la hoja <sup>a</sup>	Líneas en el tallo <sup>b</sup>	Pigmentación antocianica del peciolo <sup>c</sup>	Pigmentación antocianica de la corona <sup>d</sup>
12	20/02/2021	27/02/2021	1	15,5	2,8	7	1,5	7	7	2,2	2	O	A	A	A
12	20/02/2021	27/02/2021	2	16,0	2,7	7	1,8	7	7	2	2,1	O	A	A	A
12	20/02/2021	27/02/2021	3	15,0	2,7	6	1,3	7	6	2	1,6	M	A	A	A
13	27/02/2021	6/03/2021	1	20	3	8	1,8	7	8	2,2	2,3	O	D	M	A
13	27/02/2021	6/03/2021	2	22	3	8	2,2	7	9	2	2,3	O	D	D	A
13	27/02/2021	6/03/2021	3	19	3	7	1,5	7	8	2	1,7	M	D	A	A
14	6/03/2021	13/03/2021	1	22	3	9	2,0	7	9	2,2	2,5	O	D	M	A
14	6/03/2021	13/03/2021	2	27	3	9	2,5	7	10	2	2,5	O	D	D	A
14	6/03/2021	13/03/2021	3	20	3	8	1,8	7	8,5	2	1,8	M	D	A	A
15	13/03/2021	20/03/2021	1	31	3	9	2,2	7	9,4	2,2	2,5	O	M	F	M
15	13/03/2021	20/03/2021	2	34	3	9	2,7	7	10,1	2	2,5	O	M	D	M
15	13/03/2021	20/03/2021	3	30	3	8	2	7	8,8	2	1,9	M	M	M	M
16	20/03/2021	27/03/2021	1	42	4	10	2,5	7	9,7	2,2	2,5	O	M	F	M
16	20/03/2021	27/03/2021	2	45	4	10	3	7	10,3	2	2,8	O	M	D	M
16	20/03/2021	27/03/2021	3	40	4	9	2,2	7	9,9	2	1,9	M	M	M	M
17	27/03/2021	3/04/2021	1	52	4	10	2,5	7	10	2,2	2,5	O	M	F	M
17	27/03/2021	3/04/2021	2	55	4	10	3	7	10,5	2	3	O	M	D	M
17	27/03/2021	3/04/2021	3	50	4	9	2,2	7	9,9	2	2	M	M	M	M

**Nota.** Datos tomados experimentalmente en la fase de floración del cultivo casero.

<sup>a</sup> L: ligero, M: medio, O: oscuro <sup>b</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

<sup>c</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte <sup>d</sup> A: ausente, D: débil, M: media, F: fuerte, MF: muy fuerte

### **3.1.3 Análisis comparativo entre ambas especies**

A medida que las plantas de las 2 especies de Cannabis fueron creciendo durante las dos fases (vegetativa y floración) se observan claras diferencias que evidencian las particularidades de cada una. Alguna de las diferencias que se pueden observar directamente entre estas dos especies de Cannabis es que, las plantas de la especie Hard Diesel tiene un diámetro de tallo menor, pero tienen una mayor altura, mientras que las plantas de la especie Black Domina poseen un diámetro de tallo mayor, pero una menor altura en comparación con la otra especie. Durante la fase vegetativa, en las dos especies desde su cultivo hasta la semana 3 las características morfológicas fueron muy similares, siendo prácticamente idénticas en altura, número de folios, número de nodos y demás parámetros registrados en las tablas 8 y 9. A partir de la semana 4 se observa una diferenciación en la altura de la planta, la forma de las hojas, la longitud del primer entrenudo visible de cada planta, Alrededor de la semana 8 las diferencia físicas son demarcadas claramente para cada especie, cada una comienza a adquirir esas características descritas en el marco teórico que tanto las diferencia, entre las cuales están la altura, forma de la hoja y el número de folios.

Ya culminada esta fase, se da comienzo a la fase de floración, durante esta fase una de las claras diferencias entre ambas especies es la ramificación de las plantas de Hard Diesel, que a medida que crecen las ramificaciones se extiende desde el tallo principal, mientras que las plantas de la especie de Black Domina prácticamente en un tallo principal. Otra clara distinción es el color y la forma de las hojas, que para las plantas de la especie de Black Domina su pigmentación es un verde oscuro, sus folios son más anchos y angostos, por otro lado, para las plantas de la especie de Hard Diesel, la pigmentación de sus hojas son verdes, sus folios son más largos y delgados.

Cabe aclarar que una clara distinción entre ambas especies de Cannabis es que tanto las hojas como el tallo de la Black Domina son mucho más aceitosos que los de la Hard Diesel, Las flores o cogollos también son distintivos de cada especie, para la especie de Hard Diesel se da en la corona y su forma es alargada, también en menor proporción en la corona de cada ramificación, para la Black Domina también se da alrededor del tallo y destaca en la corona, todo esto se detalla en la **Figura 18**.

### 3.2 Secado del material vegetal

Para el secado del material vegetal de ambas especies de Cannabis, se realizó un seguimiento diario (durante 14 días) de la temperatura a la cual se realizó el secado, los resultados de dicho seguimiento son presentados en la **tabla 12**.

**Tabla 12.**

#### **Temperaturas de secado del material vegetal**

	Temperatura 1 (°C)	Temperatura 2 (°C)
Día 1	24,9	24,7
Día 2	25,3	25,5
Día 3	25,1	24,9
Día 4	25,8	26
Día 5	26	25,8
Día 6	26,5	26,7
Día 7	26,7	26,5
Día 8	26,9	27,1
Día 9	27,2	27
Día 10	27,4	27,6
Día 11	27,7	27,5
Día 12	28,1	28,3
Día 13	28,3	28,1
Día 14	28,1	28,3

**Nota.** Datos tomados experimentalmente durante el periodo de secado del material vegetal.

La temperatura a la cual se realiza el secado es fundamental para que los compuestos químicos presentes en el material vegetal no se desnaturalicen y ocurra el proceso de volver los cannabinoides CBD y THC de su forma ácida a su forma básica neutra y psicoactiva. El rango de temperatura a la cual se realizó el secado fue de 24,9°C a 28,3°C por un periodo de dos semanas.

### 3.3 Resultados de la cuantificación

Una vez Finalizada toda la etapa de extracción con etanol al 96%, las muestras de aceite de cada especie fueron enviadas a un laboratorio especializado. Para este proyecto se optó por el laboratorio de Hidrolab que cuenta con las licencias correspondientes para realizar este tipo de análisis para muestras de Cannabis. Las muestras, como se especificó en el diseño metodológico, fueron enviadas en frascos de ámbar para evitar la desnaturalización de los cannabinoides durante el traslado. El objetivo principal de este proyecto es cuantificar la cantidad de CBD presente y así determinar cuál de estas dos especies contiene una mayor cantidad

#### 3.3.1 Resultados de la cromatografía líquida (HPLC) para la especie Hard Diesel (Sativa)

Los resultados que se obtuvieron de la muestra de esta especie se pueden observar en la **tabla 13**, se observa la cuantificación de gran parte de los cannabinoides mencionados en el marco teórico, arrojando los valores de cada uno en unidades porcentuales.

**Tabla 13.**

#### **Resultados de la cromatografía líquida (HPLC) para la especie Hard Diesel (Sativa)**

Parámetro	Unidades	Resultados	Fecha y Hora Análisis	Ref.Método
Potencia	%	0,8276	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR17(1)
Cannabichromene (CBC)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidiolic acid (CBDA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidiol (CBD)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidivarinic acid (CBDVA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidivarin (CBDV)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabigerolic acid (CBGA)	%	0,0394	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabigerol (CBG)	%	0,0124	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabicyclol acid (CBLA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabicyclol (CBL)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabinol (CBN)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
d8-tetrahydrocannabinol (d8-THC)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
d9-tetrahydrocannabinol (d9-THC)	%	0,1535	04/05/21 11:29	AOAC
d9-tetrahydrocannabinolic acid	%	0,7151	04/05/21 11:29	AOAC
Tetrahydrocannabivarin (THCV)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC

**Nota.** Perfil de cannabinoides cuantificados en la planta de Cannabis Hard Diesel.

Tomado de: Hidrolab

Los resultados que se muestran en la **tabla 13** indican que la potencia de la muestra es de 0,8236, el análisis de la potencia hace referencia a la calidad del extracto y su capacidad de realizar una función o producir un efecto determinado, lo que se debe a que los cannabinoides son compuestos químicos que interactúan con el sistema endocannabinoide del cuerpo humano, su valor varía debido a la naturaleza de cada extracto, pero normalmente posee valores superiores al 10%. Lo anterior indica un bajo contenido de cannabinoides, que se evidencia con un valor <0,0050 tanto para el CBD, CBDA, CBC y otros compuestos, por otra parte, se obtuvo que el d9-THC tiene un valor de 0,1535.

### **3.3.2. Resultados de la cromatografía líquida (HPLC) para la especie Black Domina (Indica)**

Los resultados que se obtuvieron de la muestra de esta especie se pueden observar en la **tabla 14**. Al igual que para la especie Hard Diesel se cuantificaron gran parte de los cannabinoides mencionados en el marco teórico presentes en la planta de Cannabis, arrojando los resultados de cada uno en unidades de porcentaje.

**Tabla 14.**

#### **Resultados de la cromatografía líquida (HPLC) para la especie Black Domina (Indica)**

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Resultados</b>	<b>Fecha y Hora Análisis</b>	<b>Ref.Método</b>
Potencia	%	0,8301	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR17(1)
Cannabichromene (CBC)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidiolic acid (CBDA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidiol (CBD)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidivarinic acid (CBDVA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidivarin (CBDV)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabigerolic acid (CBGA)	%	0,0511	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabigerol (CBG)	%	0,0100	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabicydol acid (CBLA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabicydol (CBL)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabinol (CBN)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
d8-tetrahydrocannabinol (d8-THC)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
d9-tetrahydrocannabinol (d9-THC)	%	0,1055	04/05/21 11:29	AOAC
d9-tetrahydrocannabinolic acid	%	0,7637	04/05/21 11:29	AOAC
Tetrahydrocannabivarin (THCV)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC

**Nota.** Perfil de cannabinoides cuantificados en la planta de Cannabis Black Domina.

Tomado de: Hidrolab

Los resultados que se muestran en la **tabla 14** indica que la potencia de la muestra es de 0,8301, seguidamente que tanto para el CBD, CBDA, CBC y otros compuestos es de un valor  $<0,0050$ , dentro de los cannabinoides principales presenta que el d9-THC tiene un valor de 0,1055.

### **3.3.3 Análisis de los resultados**

Distintos factores afectan la cantidad de Cannabinoides presentes en la planta de Cannabis, uno de estos es el cultivo, en donde se pueden ver afectos por las condiciones de cultivo, crecimiento y floración, otros factores pueden ser la selección del método de extracción, este tiene un gran peso a la hora de determinar la cantidad de cannabinoides siendo un paso fundamental para esto.

Los datos arrojados en la **tabla 13** y **tabla 14** dan una clara señal de que en algún punto del proceso la cantidad de cannabinoides se vio afectada, o dicho de otra manera estos se desnaturalizaron. Como muestra de esto el resultado de la potencia de la muestra en ambas tablas indican que la muestra no poseía gran cantidad de cannabinoides en las muestras enviadas al laboratorio. Lo dicho anteriormente lo corroboran los datos arrojados de CBD, que en este caso es el compuesto de interés, presente en ambas muestras analizadas, esto denota que efectivamente se desnaturalizo debido a que presenta un resultado muy bajo comparado con lo reportado en literatura que se muestra en la **tabla 15**.

Al hacer un repaso riguroso en la metodología implementada durante la realización de este proyecto se logra apreciar inicialmente que a pesar de ser un cultivo casero y no poder controlar todas las variables que influyen en la cantidad de cannabinoides, el sustrato empleado para el cultivo no fue el más óptimo y las cascarillas de arroz normalmente trae mucho silicio y trazas de pesticidas [75], [76] , todo esto ya influye en la cantidad de cannabinoides que se pueden llegar a obtener, pero esto no fue un factor determinante, muestra de ello fue la obtención de plantas con altura estándar y con una pigmentación en tallo, hojas y flores características de cada especie. Esto mismo sucede para la extracción con etanol, la extracción de material vegetal se logra normalmente mediante una de dos formas, ya sea mediante extracción con solvente o mediante extracción con fluido supercrítico, cuyos detalles son patentados [74].

Debido a la cantidad de material obtenido, este paso se realizó con la mayor rigurosidad posible.

Según literatura consultada dentro del método de extracción con solventes se reveló que la concentración de etanol afecta fuertemente la composición de los extractos obtenidos. La extracción con la alta concentración de etanol (96% y 80%) resultó en la obtención de extractos con una cantidad significativamente mayor de CBD [77]. En este caso para realizar la extracción se empleó etanol con una concentración del 96%,

Después de repasar los puntos anteriores se estimó que el posible fallo del proceso radica en mayor medida en el método de separación del etanol del aceite de Cannabis de ambas muestras. Por motivos varios a la hora de realizar este paso se presentaron varios obstáculos que dificultó la realización del mismo, originalmente se tenía previsto que para este paso se implementaría un rotaevaporador, debido a que este equipo cumple con las condiciones para realizar la separación sin dañar las propiedades del aceite de Cannabis, esto se determinó mediante bibliografía consultada, esto se realizaría en los laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia, donde disponen de estos equipos. Por efectos del confinamiento (cuarentena) debido a la pandemia, dichos laboratorios no fueron habilitados en el periodo de tiempo en el que se realizaría este paso.

Por lo descrito anteriormente se buscaron otras alternativas como otras universidades y el tecno parque, pero por tema de licencias para estudios con Cannabis y derivados no fue posible debido a que en ese momento no las poseían. Por esto se optó por realizar la separación en los laboratorios de la Fundación Universidad América, pero debido a que estos laboratorios no contaban con un rotaevaporador para efectuar este paso, se optó por realizar una destilación simple controlando la temperatura del extracto a 50°C. Sin embargo, aunque se realizó el mayor control posible del procedimiento, las planchas de calentamiento estaban presentando variación en la temperatura, mostrando pico de bajada hasta 26°C y de subida hasta 68°C.

Los extractos al ser sometidos a estos cambios bruscos de temperatura se estima que tuvieron grandes repercusiones en la cantidad de cannabinoides presentes en ambas muestras, debido a que los cannabinoides son muy sensibles a la temperatura

a la que son expuestos [46], [71], si esta se sale del rango permitido, los cannabinoides tienden a desnaturalizarse [33], [71]. Los resultados de HPLC para ambos extractos muestran datos bajos para cada cannabinoide cuantificado, lo cual se atribuye a los cambios de temperatura.

Debido a todo lo anteriormente descrito en la parte experimental del proyecto se optó por buscar mediante bibliografía la cantidad promedio que puede poseer tanto la especie de Cannabis Hard Diesel (Sativa) como la especie Black Domina (Indica), encontrando los resultados plasmados en la **tabla 15**.

**Tabla 15.**  
**Contenido de cannabinoides (media ± desviación estándar) en dos biotipos de cannabis, datos de Hillig y Mahlberg (2004)**<sup>15</sup>

	THC%	CBD% <sup>a</sup>	THC% + CBD% <sup>a</sup>	THCV% + CBDV% <sup>a</sup>
Biotipo NLD	5.48 ± 2.41	0.02 ± 0.02	5.50 ± 2.42	0.25 ± 0.40
Biotipo WLD	6.49 ± 4.09	1.21 ± 2.78	7.70 ± 3.45	0.14 ± 0.30

<sup>a</sup>Las medias en esta columna son estadísticamente diferentes usando la prueba t de Student por pares ( $p \leq 0.05$ )

**Nota.** Contenido de cannabinoides en dos biotipos de cannabis. Tomado de: J. M. McPartland, "Cannabis sativa and cannabis indica versus "Sativa" and "Indica"," in *Cannabis Sativa L. - Botany and Biotechnology* Anonymous 2017, disponible en: [https://link-springer-com.ezproxy.uamerica.edu.co/chapter/10.1007/978-3-319-54564-6\\_4](https://link-springer-com.ezproxy.uamerica.edu.co/chapter/10.1007/978-3-319-54564-6_4). DOI: 10.1007/978-3-319-54564-6\_4.

Para efectos de esta tabla el biotipo NLD hace referencia a Cannabis Sativa y el biotipo WLD hace referencia a Cannabis Indica. En esta tabla se puede apreciar que el WLD tiene una mayor cantidad de CBD que el WLD debido a que posee menos variabilidad en la cantidad arrojada y que a su vez posee mayor cantidad de THC. Según los autores Hillig y Mahlberg [21] "El biotipo WLD produjo una concentración mucho mayor de cannabinoides (representada por% de THC +% de CBD en la **Tabla 11**). Esto probablemente se deba a la mayor densidad de brácteas perigonales del biotipo WLD y la mayor expresión de tricomas CSG en las hojas florales, en comparación con las plantas NLD."

La planta de Cannabis indica presenta gran cantidad de THC con respecto a la planta de Cannabis sativa. Este hecho es la razón por la cual esta planta no es utilizada industrialmente ya que el THC es un compuesto altamente psicoactivo y la mayoría de países tienen leyes que restringen y regulan la cantidad de THC que la industria puede utilizar tanto en sus materias primas como el THC presente en los productos [21].

#### 4. CONCLUSIONES

Se determinó cuantitativamente el CBD presente en la planta de cannabis, en las especies Hard Diésel (Sativa) y Black Domina (Indica) mediante el método de extracción química con etanol obteniendo como resultado un valor  $<0,0050\%$  de CBD presente en ambas especies.

Se establecieron los pretratamientos necesarios en las especies Hard Diésel (Sativa) y Black Domina (Indica), los cuales abordaron la realización del cultivo, haciendo el seguimiento y monitoreo de cada etapa de crecimiento de las plantas de ambas especies y el adecuamiento del material vegetal para realizar la extracción de CBD. Encontrando que estos pretratamientos tienen una influencia importante a la hora de realizar la extracción de cannabinoides.

Se determinaron las especificaciones técnicas para realizar la extracción de CBD con etanol, especificando la cantidad de etanol necesario, la cantidad de material vegetal y el tiempo de inmersión, en este caso 1000 mL de etanol, 50 g de material vegetal para la especie Hard Diesel, 500 mL de etanol, 25 g de material vegetal para la especie Black Domina y dos horas de inmersión para ambas especies de Cannabis. Logrando separar los cannabinoides en el extracto

Se definieron los requerimientos técnicos para la obtención del extracto de ambas especies de Cannabis y la obtención de las muestras para realizar la cuantificación de CBD mediante el método de cromatografía líquida (HPLC), manteniendo los extractos de aceite de Cannabis de ambas especies en un espacio con poca luz y refrigerados

Por medio de la cromatografía líquida (HPLC) realizada en el laboratorio Hidrolab se analizó la cantidad de cannabinoides presentes en las especies Hard Diésel (Sativa) y Black Domina (Indica). Dando como resultado un valor  $<0,0050\%$  de CBD para ambas especies de Cannabis, este valor es tan bajo debido a una posible desnaturalización de los cannabinoides generada al momento de realizar la separación del etanol para purificar el extracto por calentamiento. A causa de esto se

optó por hacer una búsqueda bibliográfica para establecer la cantidad promedio que puede poseer tanto la especie de Cannabis Hard Diesel (Sativa) como la especie Black Domina (Indica), determinando que la especie que más contenido de CBD posee es la especie de Cannabis Indica con un valor de 1.21% mientras que la especie de Cannabis Sativa posee un valor de 0.02%.

El Cannabis evidencia ser una opción viable en el campo de la medicina, como posible materia prima para realizar medicamentos para el tratamiento de múltiples enfermedades, por esta razón debería ser más difundido para cambiar su connotación negativa a nivel social y mejorar la calidad de vida de muchas personas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] ¿Qué es el Cannabidiol? | Fundación CANNA: Investigación y análisis de Cannabis(). . Available: <https://www.fundacion-canna.es/cannabidiol-cbd>.
- [2] Interacciones farmacológicas de los cannabinoides (). . Available: <http://cardiolatina.com/noticias/interacciones-farmacologicas-de-los-cannabinoides/>.
- [3] Operaciones Básicas en el Laboratorio de Química. Extracción. Fundamento de la Técnica(). . Available: [http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio\\_fona.html](http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/extraccio_fona.html).
- [4] Inflorescencia(). . Available: <https://boletinagrario.com/ap-6,inflorescencia,485.html>.
- [5] El caqui y el sexo(). . Available: [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/caqui-y-sexo\\_10115](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/caqui-y-sexo_10115).
- [6] "¿Qué es la Cromatografía? » TP - Laboratorio Químico," Available: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/procedimientos-basicos-de-laboratorio/que-es-la-cromatografia.html>.
- [7] ¿Qué significa la palabra cuantificación ?(). . Available: <https://www.biodic.net/palabra/cuantificacion/>.
- [8] Leghissa,A., Z. L. Hildenbrand and K. A. Schug, 2018)."A review of methods for the chemical characterization of cannabis natural products." *Journal of Separation Science*. Available: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jssc.201701003>. DOI: <https://doi.org/10.1002/jssc.201701003>.
- [9] Pellati,F. et al, (/12/042018)."Cannabis sativa L. and Nonpsychoactive Cannabinoids: Their Chemistry and Role against Oxidative Stress, Inflammation, and Cancer." *BioMed Research International*. Available:

<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2018/1691428/>.

DOI:

10.1155/2018/1691428.

- [10] Ramírez, J. M., (-122019). "La industria del cannabis medicinal en Colombia." Available: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/3823>.
- [11] V. Carvalho, "Usos legales de cannabis y sus derivados en latinoamérica," in Anonymous 2015, .
- [12] Hazekamp, A. et al, (July 1, 2013). "The Medicinal Use of Cannabis and Cannabinoids-An International Cross-Sectional Survey on Administration Forms." *Journal of Psychoactive Drugs*. DOI: 10.1080/02791072.2013.805976.
- [13] Szymanski, D. B., A. M. Lloyd and M. D. Marks, (May 1, 2000). "Progress in the molecular genetic analysis of trichome initiation and morphogenesis in Arabidopsis." *Trends in Plant Science*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1360138500015971>. DOI: 10.1016/S1360-1385(00)01597-1.
- [14] Fassio, A., M. Rodríguez and S. Ceretta, . "Fassio A., Rodríguez M., Ceretta S. Cáñamo (Cannabis Sativa L.). INIA. Uruguay; 2013." .
- [15] S. Chandra, H. Lata and M. Elsohly, *Cannabis Sativa L. - Botany and Biotechnology*. 2017. Available: <https://www.springer.com/gp/book/9783319545639>.
- [16] Ángeles López, G. E. et al, (Dec 1, 2014). "Cannabis sativa L., una planta singular." *Revista Mexicana De Ciencias Farmacéuticas*. Available: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-01952014000400004&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952014000400004&lng=en&tlng=en).
- [17] Colmenero Zito, H. A. and B. C. González Radici, "Identificación del sexo de ejemplares de Cannabis sativa L. mediante el uso de marcadores moleculares." Available: <https://dspace.ort.edu.uy/handle/20.500.11968/3393>.

- [18] *Cannabis Sativa L. - Botany and Biotechnology*. 2017. Available: <https://www.springer.com/gp/book/9783319545639>.
- [19] A. Fassio, M. Rodríguez and S. Ceretta, *Cáñamo (Cannabis Sativa L.)*. 2013.
- [20] Piomelli, D. and E. B. Russo, (January 14, 2016). "The Cannabis sativa Versus Cannabis indica Debate: An Interview with Ethan Russo, MD." *Cannabis and Cannabinoid Research*. Available: <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/can.2015.29003.ebr>. DOI: 10.1089/can.2015.29003.ebr.
- [21] J. M. McPartland, "Cannabis sativa and cannabis indica versus "Sativa" and "Indica"," in *Cannabis Sativa L. - Botany and Biotechnology* Anonymous 2017, Available: [https://link-springer-com.ezproxy.uamerica.edu.co/chapter/10.1007/978-3-319-54564-6\\_4](https://link-springer-com.ezproxy.uamerica.edu.co/chapter/10.1007/978-3-319-54564-6_4). DOI: 10.1007/978-3-319-54564-6\_4.
- [22] *Black Domina*(). . Available: <https://www.cannaconnection.es/variedades/black-domina>.
- [23] Work, T. S., F. Bergel and A. R. Todd, (-011939). "The active principles of Cannabis indica resin. I." *Biochem J*. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1264344/>.
- [24] Ghosh, R., A. R. Todd and S. Wilkinson, (-01-011940). "264. Cannabis indica. Part V. The synthesis of cannabinol." *J. Chem. Soc*. Available: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/1940/jr/jr9400001393>. DOI: 10.1039/JR9400001393.
- [25] *La industria de la marihuana tiene un problema: cultivarla es demasiado contaminante*(-12-24T10:56:20+00:00). . Available: <https://magnet.xataka.com/en-diez-minutos/industria-marihuana-tiene-problema-cultivarla-demasiado-contaminante>.
- [26] *CAMEDA - Cannabis Medicinal Argentina*(). . Available: <https://www.cannabismedicinal.com.ar/index.php>.

- [27] Mechoulam,R. and Y. Gaoni, 1967)."Recent advances in the chemistry of hashish." *Fortschr Chem Org Naturst*. DOI: 10.1007/978-3-7091-8164-5\_6.
- [28] Radwan,M. M. *et al*, (-05-222009)."Biologically Active Cannabinoids from High-Potency Cannabis sativa." *J. Nat. Prod*. Available: <https://doi.org/10.1021/np900067k>. DOI: 10.1021/np900067k.
- [29] Russo,E. B., 2011)."Taming THC: potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects." *British Journal of Pharmacology*. Available: <https://bpspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1476-5381.2011.01238.x>. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2011.01238.x>.
- [30] Flores-Sanchez,I. and R. Verpoorte, (October 1,2008)."Secondary metabolism in Cannabis." . DOI: 10.1007/s11101-008-9094-4.
- [31] *Chemical ecology of Cannabis()*. . Available: <https://www.druglibrary.org/olsen/hemp/iha/iha01201.html>.
- [32] R. Gonzalez, C. Carey and I. Grant, *Nonacute (Residual) Neuropsychological Effects of Cannabis use: A Qualitative Analysis and Systematic Review*. 2002.42(S1). Available: <https://accp1.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.1552-4604.2002.tb06003.x>. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1552-4604.2002.tb06003.x>.
- [33] Grotenhermen,F., (-10-012005)."Cannabinoids." *Current Drug Targets - CNS & Neurological Disorders*. DOI: 10.2174/156800705774322111.
- [34] "Extracción de CBD - Diferentes procesos para obtener cannabidiol," Available: <https://www.kanaturia.com/es/aceite-cbd/extraccion>.
- [35] Burstein,S., (April 1,2015)."Cannabidiol (CBD) and its analogs: a review of their effects on inflammation." *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968089615000838>. DOI: 10.1016/j.bmc.2015.01.059.

- [36] "Cannabidiol (CBD) – Cannahealing," Available: <https://cannahealingperu.com/uncategorized/cannabidiol-cbd/>.
- [37] C. L. Ramirez, M. A. Fanovich and M. S. Churio, "Chapter 4 - cannabinoids: Extraction methods, analysis, and physicochemical characterization," in *Studies in Natural Products Chemistry* Anonymous 2019, Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978044464183000004X>.
- [38] Grijó, D. R., I. A. Vieitez Osorio and L. Cardozo-Filho, (December 1, 2018). "Supercritical extraction strategies using CO<sub>2</sub> and ethanol to obtain cannabinoid compounds from Cannabis hybrid flowers." *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212982018304220>. DOI: 10.1016/j.jcou.2018.09.022.
- [39] Da Porto, C., D. Decorti and F. Tubaro, (March 1, 2012). "Fatty acid composition and oxidation stability of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil extracted by supercritical carbon dioxide." *Industrial Crops and Products*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669011003906>. DOI: 10.1016/j.indcrop.2011.09.015.
- [40] Aladić, K. *et al*, (December 15, 2015). "Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed oil." *Industrial Crops and Products*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669015302405>. DOI: 10.1016/j.indcrop.2015.07.016.
- [41] Attard, T. M. *et al*, (February 1, 2018). "Utilisation of supercritical fluids for the effective extraction of waxes and Cannabidiol (CBD) from hemp wastes." *Industrial Crops and Products*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669017307306>. DOI: 10.1016/j.indcrop.2017.10.045.
- [42] *CBD Extraction Methods | Powerblanket Process Heating Solutions*(. . Available: <https://www.powerblanket.com/blog/cbd-extraction-methods/>.
- [43] Moyano, Esp Farm María Alejandra, 2009). "Extracción con solventes." .

- [44] Finley, C., & BESTWICK, H. P. (2020). U.S. Patent No. 10,806,707. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Available: <https://patents.google.com/patent/US20200086229A1/en>inventores.
- [45] Al-Zouabi, I. *et al*, (-11-022018). "Butane hash oil and dabbing: insights into use, amateur production techniques, and potential harm mitigation." *Subst Abuse Rehabil*. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6220730/>. DOI: 10.2147/SAR.S135252.
- [46] A Ko, R. D., & Hughes, B. (2020). U.S. Patent Application No. 16/130,193. Available: <https://patents.google.com/patent/US10806707B2/en>inventores.
- [47] Anil Rajaram *et al*. (2020). U.S. Patent Application No.10/189,762 Available: <https://patents.google.com/patent/US10189762B1/en>inventores.
- [48] *Soluciones de Cannabis de BUCHI | buchi.com()*. . Available: <https://www.buchi.com/es-es/content/soluciones-de-cannabis-de-buchi-0>.
- [49] *Cromatografía en Capa Fina (TLC)()*. . Available: <https://www.silicycle.com/es/cromatografia-en-capa-fina-tlc>.
- [50] Alvarado Molina and Javier Felipe, .2010. "Aplicaciones De La Cromatografía En Capa Fina En La Determinación Cualitativa De Cineol, Eugenol Y Citronelal En Aceites Esenciales." Universidad Andrés Bello.
- [51] *PRINCIPIOS DE LA CROMATOGRAFIA EN CAPA FINA()*. . Available: <https://www.bioted.es/wp-content/uploads/2020/02/PRINCIPIOS-CROMATOGRAFIA-EN-CAPA-FINA-1.pdf>.
- [52] Sandiego Villaverde, P., 2020). "Técnicas de extracción y caracterización de cannabinoides a partir de la planta de cannabis sativa L." Available: <https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/154558>.
- [53] Nahar, L., A. Onder and S. D. Sarker, 2020). "A review on the recent advances in HPLC, UHPLC and UPLC analyses of naturally occurring cannabinoids (2010–

- 2019)." *Phytochemical Analysis*. Available: <https://analyticalsciencejournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pca.2906>. DOI: <https://doi.org/10.1002/pca.2906>.
- [54] *Guía de espectrofotometría UV/VIS: Fundamentos y aplicaciones*(). . Available: <https://www.mt.com/es/es/home/library/guides/laboratory-division/1/uvvis-spectrophotometry-guide-applications-fundamentals.html>.
- [55] *Ley 30 de 1986 - EVA - Función Pública*(). . Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2774>.
- [56] *Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY\_1787\_2016]*(). . Available: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1787\\_2016.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1787_2016.html).
- [57] *Decreto 613 de 2017*(). . Available: [https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Decreto%20613%20de%202017.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Decreto%20613%20de%202017.pdf).
- [58] *Resolución 2891 y 2892 de 2017*(.). . Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-02892-de-2017.pdf>.
- [59] *Resolución 2986 de 2018*(.). . Available: [http://normograma.invima.gov.co/docs/pdf/resolucion\\_minsaludps\\_2891\\_2017.pdf](http://normograma.invima.gov.co/docs/pdf/resolucion_minsaludps_2891_2017.pdf).
- [60] Fetterman, P. S. *et al*, (August 1, 1971). "Mississippi-Grown Cannabis sativa L.: Preliminary Observation on Chemical Definition of Phenotype and Variations in Tetrahydrocannabinol Content versus Age, Sex, and Plant Part." *Journal of Pharmaceutical Sciences*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022354915380333>. DOI: 10.1002/jps.2600600832.
- [61] *Influencia de la Luna en el cultivo de Marihuana- Alchimia Grow Shop*(). . Available: <https://www.alchimiaweb.com/blog/influencia-luna-cultivo-marihuana/>.

- [62]"Blog de AGROBETA.com - El Blog de Agrobeta.com es una forma de estar en contacto con todas aquellas personas que estén interesadas en la Agricultura Ecológica." Available: <https://www.agrobeta.com/agrobetablog/2012/08/fases-en-el-cultivo-de-la-marihuana-o-cannabis-germinacion-y-crecimiento/>.
- [63]"Limpieza de raíces, antes de cosechar," .
- [64] *Todo sobre el lavado de raíces para tus plantas de cannabis.*(.). Available: <https://cannabis.info/>.
- [65]"Cosecha de marihuana. Cuándo cortar tu planta | Blog Budda Seeds," 2018. Available: <https://www.buddhagenetics.com/cosecha-de-marihuana/>.
- [66]"Consejos para el secado de la marihuana," 2013. Available: <https://www.cactusmartorell.com/blog-cannabico/consejos-para-el-secado-de-la-marihuana/>.
- [67]"Matriz de Pugh: Ayuda a la toma de decisiones : PDCA Home," Available: <https://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>.
- [68] Kipling,R., "Técnicas de Priorización." .
- [69] SOLVENTES RESIDUALES(). Available: [http://www.anmat.gov.ar/webanmat/mercosur/ACTA01-14/AGREGADO\\_XVI/2-14/uni\\_XIV/Anexo\\_3\\_Solventes\\_residuales\\_V3.pdf](http://www.anmat.gov.ar/webanmat/mercosur/ACTA01-14/AGREGADO_XVI/2-14/uni_XIV/Anexo_3_Solventes_residuales_V3.pdf).
- [70] Rovetto,L. J. and N. V. Aieta, (November 1,2017)."Supercritical carbon dioxide extraction of cannabinoids from Cannabis sativa L." *The Journal of Supercritical Fluids*.Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896844617301900>. DOI: 10.1016/j.supflu.2017.03.014.
- [71] Mechoulam,R. and L. Hanuš, (November 1,2000)."A historical overview of chemical research on cannabinoids." *Chemistry and Physics of Lipids*.Available:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009308400001845>. DOI: 10.1016/S0009-3084(00)00184-5.
- [72] Dixon, W. E., (-11-251899). "The Pharmacology of Cannabis Indica." *Br Med J*. Available: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2412674/>.
- [73] E. Small and A. Cronquist, *A Practical and Natural Taxonomy for Cannabis*. 1976.25(4). Available: <https://www.jstor.org/stable/1220524>. DOI: 10.2307/1220524.
- [74] Chandra, S. *et al*, (May 1, 2017). "Cannabis cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product." *Epilepsy & Behavior*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1525505016305881>. DOI: 10.1016/j.yebeh.2016.11.029.
- [75] Valverde, A., B. Sarria and J. P. Monteagudo, (2007). "Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz." *Scientia Et Technica*.
- [76] Arcos, C. A., D. M. Pinto and J. E. R. Páez, (2007). "La cascarilla de arroz como fuente de SiO<sub>2</sub>." *Revista Facultad De Ingeniería Universidad De Antioquia*.
- [77] Szalata, M. and K. Wielgus, (July 25, 2016). "Extraction of CBD and  $\Delta^9$ -THC from three varieties of fibre hemp by different concentrations of ethanol." *New Biotechnology*. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871678416320647>. DOI: 10.1016/j.nbt.2016.06.1281.
- [78] Manual Estructuración del Trabajo de Grado. Fundación Universidad de América, 2021. [PDF]

## GLOSARIO

**Cannabinoide:** la palabra cannabinoides hace referencia a todas aquellas sustancias químicas, independientemente de su origen o estructura, que se enlazan con los receptores cannabinoides del cuerpo y del cerebro, y que tienen efectos similares a los producidos por la planta *Cannabis sativa* L [2].

**CBD:** el Cannabidiol, también conocido como CBD es uno de los dos componentes cannabinoides más importantes de la planta de cannabis, que se encuentra en proporciones variables dependiendo de la cepa. Mientras que en algunas es mínimo, en otras puede ser el más abundante, o bien puede encontrarse en proporciones más o menos iguales que el THC [1].

**Cuantificación:** La cuantificación es el cálculo del número de unidad, tamaño o proporción de una cosa, especialmente, por medio numérico. La cuantificación es un proceso por el cual se expresa la observación en término numérico para ayudar en el análisis y la comparación [7].

**Cromatografía:** la Cromatografía es una técnica de separación en la que los componentes de una muestra se separan en dos fases: una fase estacionaria de gran área superficial, y una fase móvil. El objetivo de la fase estacionaria es retrasar el paso de los componentes de la muestra. Cuando los componentes pasan a través del sistema a diferentes velocidades, estos se separan en determinados tiempos. Cada componente tiene un tiempo de paso característico a través del sistema, llamado tiempo de retención. La separación cromatográfica se logra cuando el tiempo de retención del analito difiere del resto de componentes de la muestra [6].

**Dioico:** una especie dioica es aquella en la que hay individuos machos e individuos hembras, las plantas dioicas son unisexuales y su polinización se produce por efecto del aire o de insectos [5].

**Extracción:** la extracción con disolventes es la técnica de separación de un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla en un disolvente adecuado. Constituye una de las técnicas de separación de compuestos más utilizada en el laboratorio químico [3].

**Inflorescencia:** la inflorescencia es la disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo; su límite está determinado por una hoja normal [4].

## **ANEXOS**

### **Anexo 1. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados encontrados en este trabajo de investigación se recomienda para futuros trabajos:

Elaborar un proceso más detallado a la hora de realizar un cultivo de Cannabis, en donde se tenga control en todo momento de la temperatura, humedad relativa, pH y el tipo de fertilización. Asegurando que el sustrato empleado tenga todos los nutrientes esenciales en cada etapa del cultivo (germinación, fase vegetativa, fase de floración y senescencia). Al tener estas variables controladas, se incrementan los cannabinoides obtenidos.

En el proceso de extracción, para un mayor rendimiento se debe realizar con equipos que aseguren un tamaño de partícula ideal del material vegetal, los tiempos de inmersión, en agitación constante del material vegetal en el solvente. Eso con el fin de que el extracto contenga la mayor cantidad de cannabinoides posibles.

Implantar el proceso de winterización para separar las ceras y terpenos del extracto, facilitando la separación extracto-solvente.

Utilizar un rotaevaporador a la hora de realizar la concentración, este equipo es fundamental en este proceso puesto que realiza una destilación “amable”, es decir utilizando el vacío y temperaturas bajas logra realizar una concentración sin dañar la integridad del extracto, puesto que el CBD es muy sensible

## Anexo 2. REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CADA ETAPA DEL CULTIVO

**Figura 31.**

*Adquisición de las semillas*



**Nota.** Fotografía de las semillas adquiridas

**Figura 32.**

*Siembra de las semillas*



**Nota.** Fotografía de la siembra de las semillas

**Figura 33.**  
*Primera semana (germinación)*



**Nota.** Fotografía de la etapa de germinación del cultivo

**Figura 34.**  
*Separación de las plántulas a macetas separadas*



**Nota.** Fotografía de la separación de las plántulas a macetas separadas

**Figura 35.**

*Segunda semana del cultivo*



**Nota.** Fotografía de la segunda semana del cultivo

**Figura 36.**

*Tercera semana del cultivo*



**Nota.** Fotografía de la tercera semana del cultivo

**Figura 37.**  
*Primer mes del cultivo (cuarta semana)*



**Nota.** Fotografías del primer mes del cultivo

**Figura 38.**

*Trasplante de las plántulas a macetas más grandes*



**Nota.** Fotografías del trasplante del cultivo

**Figura 39.**

*Quinta semana del cultivo*



**Nota.** Fotografía de la quinta semana del cultivo

**Figura 40.**

*Traslado del cultivo*



**Nota.** Fotografía del traslado del cultivo

**Figura 41.**

*Black Domina en su segundo mes de crecimiento*



**Nota.** Fotografía de la planta Black Domina

**Figura 42.**

*Hard Diesel en su segundo mes de crecimiento*



**Nota.** Fotografía de la planta Hard Diesel

**Figura 43.**

*Tercer mes del cultivo (Black Domina)*



**Nota.** Fotografía del tercer mes de cultivo

**Figura 44.**

*Tercer mes del cultivo (Hard Diesel)*



**Nota.** Fotografía del tercer mes de cultivo

**Figura 45.**

*Estado final de la planta (Hard Diesel)*



**Nota.** Fotografía del estado final de la planta

**Figura 46.**

*Estado final de la planta (Black Domina)*



**Nota.** Fotografía del estado final de la planta

**Figura 47.**

*Hoja de la planta Hard Diesel*



**Nota.** Fotografía de la hoja de la planta Hard Diesel

**Figura 48.**

*Hoja de la planta Black Domina*



**Nota.** Fotografía de la hoja de la planta Black Domina

# Anexo 3. RESULTADOS DE LA CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA (HPLC) DE LA PLANTA HARD DIESEL ENVIADOS POR EL LABORATORIO HIDROLAB

Informe de Ensayo (FAP-012-01)

N° Informe: 6191-01



**Cliente:** DANIEL FELIPE MARCHENA PINILLA

**Dirección:** Calle 131 123 91,,

**Proyecto:** Determinación Cuantitativa de CBD.

**Ciudad:** BOGOTÁ, Bogotá D.C

**Identificación Muestra:** Cannabis Sativa

**Id de Producto:** 1

**Lugar de Muestreo:** Calle 131 123-91

**Proveedor:** Daniel Felipe Marchena Pinilla

**Tipo de Muestra:** Aceites y Extractos

**Muestreado por:** Cliente

**Fecha y Hora Muestreo:** 22/04/2021 16:00:00

**Tipo de Muestreo:** Puntual

**Presentación:** 1 botella 62,6 g

**Recepción Laboratorio:** 27/04/2021 14:52:37

## Prueba de cannabinoides - Código de regulaciones de California, División 42, Oficina de control de cannabis

Parámetro	Unidades	Resultados	Fecha y Hora Análisis	Ref.Método
Potencia	%	0,8276	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR17(1)
Cannabichromene (CBC)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidiolic acid (CBDA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidiol (CBD)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidivarinic acid (CBDVA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidivarin (CBDV)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabigerolic acid (CBGA)	%	0,0394	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabigerol (CBG)	%	0,0124	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabicyclol acid (CBLA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabicyclol (CBL)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabinol (CBN)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
d8-tetrahydrocannabinol (d8-THC)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
d9-tetrahydrocannabinol (d9-THC)	%	0,1535	04/05/21 11:29	AOAC
d9-tetrahydrocannabinolic acid	%	0,7151	04/05/21 11:29	AOAC
Tetrahydrocannabivarin (THCV)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC

### Notas:

(1) Association of Official Analytical Chemist(AOAC)

**Alexander Lizcano**  
**Director Técnico Pharma**

**Fecha Emisión Informe:** 05/05/2021



Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Autopista Medellín Km 2,5, vía parcelas de Cota Km 1.3 Conjunto de Bodegas AEPI, Bodega N° 3A - Teléfono +57 (1) 5 19 03 85

6191-01 Pag. 1 / 1

**Nota.** Reporte del HPLC de la muestra de Cannabis Sativa. Tomado de: Hidrolab

## Anexo 4. Resultados de la cromatografía Líquida (HPLC) de la planta Black Domina enviados por el laboratorio Hidrolab

Informe de Ensayo (FAP-012-01)

Nº Informe: 6191-02



Cliente: DANIEL FELIPE MARCHENA PINILLA

Dirección: Calle 131 123 91,

Proyecto: Determinación Cuantitativa de CBD.

Ciudad: BOGOTÁ, Bogotá D.C

Identificación Muestra: Cannabis Indica

Id de Producto: 1

Lugar de Muestreo: Calle 131 123-91

Proveedor: Daniel Felipe Marchena Pinilla

Tipo de Muestra: Aceites y Extractos

Tipo de Muestreo: Puntual

Muestreado por: Cliente

Presentación: 1 Botella 60,8 g

Fecha y Hora Muestreo: 22/04/2021 14:00:00

Recepción Laboratorio: 27/04/2021 14:52:37

### Prueba de cannabinoides - Código de regulaciones de California, División 42, Oficina de control de cannabis

Parámetro	Unidades	Resultados	Fecha y Hora Análisis	Ref.Método
Potencia	%	0,8301	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR17(1)
Cannabichromene (CBC)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidiolic acid (CBDA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidiol (CBD)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidivarinic acid (CBDVA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabidivarin (CBDV)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabigerolic acid (CBGA)	%	0,0511	04/05/21 11:29	AOAC-SMPR2019(
Cannabigerol (CBG)	%	0,0100	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabicyclol acid (CBLA)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabicyclol (CBL)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
Cannabinol (CBN)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
d8-tetrahydrocannabinol (d8-THC)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC
d9-tetrahydrocannabinol (d9-THC)	%	0,1055	04/05/21 11:29	AOAC
d9-tetrahydrocannabinolic acid	%	0,7637	04/05/21 11:29	AOAC
Tetrahydrocannabivarin (THCV)	%	<0,0050	04/05/21 11:29	AOAC

#### Notas:

(1) Association of Official Analytical Chemist(AOAC)

**Alexander Lizcano**

**Director Técnico Pharma**

Fecha Emisión Informe: 05/05/2021



\* 6 1 9 1 \* \* 6 6 1 1 \* 9 4 1 \*

Resultados válidos únicamente para la muestra analizada.

Prohibida toda reproducción parcial o total de este informe sin autorización del laboratorio.

Autopista Medellín Km 2.5, vía parcelas de Cota Km 1.3 Conjunto de Bodegas AEPI, Bodega Nº 3A - Teléfono +57 (1) 5 19 03 85

6191-02 Pag. 1/1

**Nota.** Reporte del HPLC de la muestra de Cannabis Indica. Tomado de: Hidrolab