

**DISEÑO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN Y FITOMEJORAMIENTO DEL
CANNABIS PARA PRODUCCIÓN DE ACEITE CBD PARA LA INDUSTRIA
COSMÉTICA**

**VALENTINA FERNANDEZ CUADROS
MAYRA ALEJANDRA PANCHE LOZANO**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO QUÍMICO**

**Director
Oscar Libardo Lombana Charfuelán
Ingeniero Químico**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTA D.C**

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre
Firma del director

Nombre
Firma del presidente de jurado

NombreFirma del presidente de jurado

NombreFirma del presidente de jurado

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Reactor 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. José Luis Macías Rodríguez

Decana de la Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Director del Programa Ingeniería Química

Dra. Nubia Liliana Becerra Ospina

DEDICATORIA

Dedico desde mi corazón todo este gran esfuerzo de cinco años, resumido en este documento, principalmente a Dios, seguido de esto a mi madre por creer en mí, por nunca perder la fe, por darme todo el apoyo necesario y especialmente estar orgullosa de mi en cada momento. A mi padre por brindarme esta gran oportunidad de crecer profesionalmente y por generarme un gran carácter en mi ser y por último a mi hermana por ser mi principal motor de vida.

Mayra Alejandra Panche Lozano.

En dedicación a Dios por ser el principal en mi vida, por ser la guía y el conocimiento en esta y todas las etapas de mi vida, por permitirme cumplir mis metas y logros y por darme la fortaleza cuando he querido desfallecer.

A mis padres por ser incondicional apoyo en cada ámbito de mi vida, creer en mis capacidades y no dejarme caer y motivarme a ser cada día mejor. Por toda la paciencia, amor y cariño que me han dado en cada segundo. Brindarme así mismo la oportunidad de crecer como profesional y formarme con principios y valores íntegros. A mi hermano, por ser mi confidente y apoyo incondicional.

A todos mis amigos que me acompañaron a lo largo de este camino del cual me llevo momentos muy valiosos. Por aportar también conocimiento, cariño y trabajo en equipo.

Y no menos importante a mi compañera de tesis y mejor amiga que desde el día uno siempre estuvo complementándome y brindándome todo su apoyo incondicional y una gran amistad.

Valentina Fernández Cuadros

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a Dios por estar presente en todas las decisiones que tome a lo largo de mi carrera, a todos mis compañeros quienes me acompañaron en este gran proceso, quienes no solo estuvieron en momentos de felicidad y de festejo, sino también en los momentos de tristeza y de angustia, les agradezco enormemente por las risas, los llantos, las salidas, las experiencias y el crecimiento como persona que me ayudaron a formar, y por ultimo pero no menos importante agradecerle a mi compañera de tesis, por tan hermosa y valiosa amistad.

Mayra Alejandra Panche Lozano

Mis profundos agradecimientos al ingeniero Oscar Libardo Lombana que, al ser el director del proyecto, nos guió en todas las etapas del proceso siempre aportando de su conocimiento y experiencia con siempre la mejor disposición. Así mismo, a los docentes de la Universidad de América que participaron en conocimiento y formación a lo largo de la carrera.

Al ingeniero químico Martin Sarmiento e ingeniería química Nathalia Alvarado por siempre tenerme en cuenta en sus proyectos y ser los autores de esta propuesta, siempre estando atenta a mis inquietudes y sugerencias.

Valentina Fernández Cuadros

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

TABLA DE CONTENIDO

	<i>pág.</i>
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
1. GENERALIDADES	3
1.1 Marco Teórico	3
1.1.2 <i>C. Sativa subsp. Sativa</i>	3
1.1.3 <i>C. Sativa subsp. Rudelaris</i>	3
1.1.4 <i>C. Sativa subsp. Índica</i>	4
1.1.5 <i>¿Qué es la marihuana?</i>	7
1.1.6 <i>¿Qué es el THC y por qué es dañino?</i>	7
1.1.7 <i>¿Qué es el cáñamo?</i>	9
1.1.8 <i>¿Qué es el CBD?</i>	12
1.1.9 <i>¿Qué son los Terpenos?</i>	14
1.2 Normatividad	15
1.2.1 <i>Normatividad en Colombia</i>	15
2. FITOMEJORAMIENTO, CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO	19
2.1 Germinación y emergencia	19
2.2 Optimización del cultivo	23
2.3.1 <i>Temperatura</i>	23
2.3.2 <i>Fotoperiodo</i>	23
2.3.3 <i>Agua</i>	23
2.3.4 <i>Atmósfera</i>	24
2.3.5 <i>Suelo y fertilización</i>	24
2.3 Siembra	24
2.4.1 <i>Preparación de la cama de siembra y distribución de las plantas</i>	24
2.4.2 <i>Épocas de siembra</i>	25
2.4.3 <i>Varietades de cannabis Sativa L. Seleccionadas según su expresión sexual</i>	25
3. EXTRACCIÓN	27
3.1 Variables en una extracción	27
3.1.1 <i>Reconocimiento de la matriz vegetal</i>	27

3.1.2	<i>Mecanismos de la extracción</i>	27
3.1.3	<i>Excitación molecular</i>	29
3.1.4	<i>Superficie de contacto entre solvente y la muestra</i>	29
3.1.5	<i>Concentración de los reactivos</i>	29
3.1.6	<i>Tiempos de extracción</i>	29
3.1.7	<i>pH de la fase de extracción</i>	30
3.1.8	<i>Secado</i>	30
3.1.9	<i>Tipos de secadores</i>	33
3.1.10	<i>Solvente</i>	39
3.2	Métodos de extracción	43
3.2.1	<i>Prensado</i>	43
3.2.2	<i>Extracción con solventes volátiles</i>	43
3.2.3	<i>Enflorado</i>	44
3.2.4	<i>Extracción con fluidos supercríticos</i>	45
3.2.5	<i>Destilación por arrastre de vapor de agua, hidrodestilación, hidro-fusión o hidro-extracción.</i>	49
3.2.6	<i>Extracción sólido-líquida estática</i>	50
3.2.7	<i>Extracción por ultrasonido</i>	50
3.2.8	<i>Extracción criogénica dinámica</i>	51
4.	DISEÑO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN	57
4.1	Descripción del proceso de obtención de aceite CBD	57
4.1.1	<i>Subproductos</i>	59
4.1.2	<i>Equipos y variables del proceso</i>	59
4.2	Diagrama de bloque (bfd)	72
4.3	Diagrama de flujo de procesos (pfd)	73
4.4	Balance de masa por corrientes	74
5.	ESTUDIO DE MERCADO Y ANÁLISIS FINANCIERO	79
5.1	Estudio de mercado	79
5.2	Análisis financiero	90
6.	CONCLUSIONES	94
	BIBLIOGRAFÍA	95
	ANEXOS	97

LISTA DE FIGURAS

	<i>pág.</i>
Figura 1. <i>Planta Cannabis Sativa</i>	5
Figura 2. <i>Morfología de las especies de Cannabis: Sativa, Índica, Ruderalis</i>	6
Figura 3. <i>Especies del Cannabis</i>	7
Figura 4. <i>Efectos del THC en el cerebro</i>	8
Figura 5. <i>Estructura química del THC</i>	9
Figura 6. <i>Estructura química del CBD</i>	13
Figura 7. <i>Diferencias entre el cáñamo y marihuana</i>	14
Figura 8. <i>Demostración de la radícula visible</i>	19
Figura 9. <i>Estado vegetativo (tercer par de hojas)</i>	20
Figura 10. <i>Inicio estado de floración</i>	21
Figura 11. <i>Densidad de siembra y su influencia</i>	25
Figura 12. <i>Relación de la temperatura con la velocidad de las partículas</i>	28
Figura 13. <i>Relación de la cinética respecto a los estados de la materia</i>	28
Figura 14. <i>Ecuación de Henderson y haselbach (relación Ph-PKa)</i>	30
Figura 15. <i>Demostración del comportamiento de los tipos de humedad.</i>	32
Figura 16. <i>Curva de pérdida de peso</i>	33
Figura 17. <i>Ejemplo estructura polar y apolar</i>	40
Figura 18. <i>Tipos de solventes y su comportamiento</i>	41
Figura 19. <i>Prensado del aceite</i>	43
Figura 20. <i>Extracción con solventes volátiles</i>	44
Figura 21. <i>Método enflorado</i>	45
Figura 22. <i>Comportamiento de fases en el punto crítico</i>	46
Figura 23. <i>Extracción con fluidos supercríticos</i>	47
Figura 24. <i>Destilación por arrastre de vapor</i>	49
Figura 25. <i>Extracción por ultrasonido</i>	51
Figura 26. <i>Equipos de extracción dinámica criogénica</i>	52
Figura 27. <i>Perfiles de cannabinoides por cromatografía</i>	55

Figura 28. *Especificaciones fisicoquímicas del aceite de CBD como producto;***Error! Marcador no definido.**

Figura 29. <i>Congelador GN-550 Vertical</i>	60
Figura 30. <i>Liofilizador (Freezer Dry) Farmaceutico</i>	61
Figura 31. <i>Molino triturador pulverisette</i>	62
Figura 32. <i>C-40E Centrifugal Extractor</i>	63
Figura 33. <i>Apolo XStill (Equipo de Winterización)</i>	64
Figura 34. <i>Press Filter</i>	65
Figura 35. <i>Equipo de destilación</i>	66
Figura 36. <i>Reactor de calentamiento Batch</i>	67
Figura 37. <i>Decantador Farmaceutico</i>	68
Figura 38. <i>Intercambiador de calor de tubos y coraza</i>	68
Figura 39. <i>Diagrama de bloques del proceso de obtención de CBD</i>	72
Figura 40. <i>Diagrama de procesos PFD de obtención de aceite de CBD</i>	73
Figura 41. <i>Proporción de género en la encuesta</i>	79
Figura 42. <i>Proporción de ciudad en la encuesta</i>	80
Figura 43. <i>Proporción de edad en la encuesta</i>	80
Figura 44. <i>Proporción de preferencia de producto en la encuesta</i>	81
Figura 45. <i>Proporción de marca favorita según el producto seleccionado en la encuesta</i>	81
Figura 46. <i>Proporción de población con acné severo en la encuesta</i>	82
Figura 47. <i>Proporción de actividad física de la población en la encuesta</i>	82
Figura 48. <i>Proporción de la población dispuesta a consumir productos de CBD</i>	83
Figura 49. <i>Proporción de cuánto pagaría la población por el parche antiacné de CBD</i>	83
Figura 50. <i>Proporción de cuánto pagaría la población por el serúm facial de CBD</i>	84
Figura 51. <i>Proporción de cuánto pagaría la población por un preworkout de CBD</i>	84

LISTA DE TABLAS

	<i>pág.</i>
Tabla 1. <i>Composición nutricional de la semilla de cáñamo en ración de 30gr.</i>	10
Tabla 2. <i>Composición nutricional de la semilla de cáñamo en ración de 100gr.</i>	11
Tabla 3. <i>Tipos de grasa de semilla de cáñamo en una ración de 100gr.</i>	12
Tabla 4. <i>Tipo de licencias para producción de Cannabis.</i>	16
Tabla 5. <i>Punto de ebullición de los componentes del Cannabis.</i>	34
Tabla 6. <i>Punto de ebullición de los cannabinoides y respectivas propiedades.</i>	35
Tabla 7. <i>Punto de ebullición de los terpenos y respectivas propiedades.</i>	36
Tabla 8. <i>Punto de ebullición de los flavonoides.</i>	38
Tabla 9. <i>Tipo de solventes para la extracción de CBD.</i>	42
Tabla 10. <i>Condiciones críticas de los compuestos presentes en el proceso.</i>	48
Tabla 11. <i>Matriz de ruta química.</i>	53
Tabla 12. <i>Equipos y variables del proceso.</i>	69
Tabla 13. <i>Balance de masa por composición de las corrientes y sustancias.</i>	74
Tabla 14. <i>Estimación costos base de equipos.</i>	91
Tabla 15. <i>Costos materia prima.</i>	92

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

- CBD: Cannabidiol
- THC: Tetrahydrocannabinol
- CBDa: Ácido Cannabidiólico
- THCa: Ácido Tetrahydrocannabinólico
- CBG: Cannabigerol
- CBN: Cannabinol
- BFD: Diagrama de flujos de bloque
- PFD: Diagrama de flujos de proceso

RESUMEN

El presente trabajo se hace con la finalidad de identificar oportunidad de desarrollo en un sector que actualmente está teniendo un crecimiento exponencial que es el mercado del Cannabis. Por lo cual, el objetivo principal es realizar una propuesta de diseño de extracción de aceite de CBD para la industria cosmética por medio de una extracción sólido-liquida.

Para contextualizar más el proceso, se identificaron las generalidades de la planta en cuanto a especies de Cannabis existentes junto con sus respectivos componentes con el fin de conocer sus diferentes beneficios y así mismo desventajas. Así mismo, se enfatizó en los parámetros de cultivo y fitomejoramiento que puede tener una planta en cuanto a mejoramiento de genética y condiciones de cultivo para que de esta manera se comprenda más a profundidad el proceso para proseguir con el método de extracción que favorezca el rendimiento del producto a obtener. En cuanto a la selección del método de extracción, gracias a los diferentes estudios, investigaciones bibliográficas y cursos realizados se realizó un estudio comparativo en cuánto a procedimientos, variables del proceso, determinación de equipos a utilizar, materias primas, condiciones de operación, etc. Se realiza una matriz de ruta química para seleccionar el método que más conviene en la investigación para posteriormente, diseñar el proceso de extracción adecuado para obtener aceite de CBD.

Una vez seleccionado el método de extracción y definiendo sus condiciones de operación se procede a hacer un análisis financiero y de mercado para determinar qué tipo de producto sería más conveniente sacar al mercado definiendo costos de equipos, inversión e indicador costo/beneficio teniendo en cuenta los balances de masa realizados donde junto al diagrama PFD del proceso posibilitó identificar equipos y su respectivo dimensionamiento.

Palabras clave: Cannabis, Cábamo, Aceite de CBD, Fitomejoramiento, Extracción, Solvente, Etanol, Diseño y Viabilidad.

INTRODUCCIÓN

El cannabis ha sido objeto importante de debate tanto nacional como Internacional. Algunos grupos promueven la legalización de ésta como uso medicinal y otros usos potenciales para la salud y otros para el uso recreacional como droga psicoactiva. Generando de esta manera una oportunidad en la investigación y el creciente mercado del uso de productos a base de semilla de cáñamo de Cannabis Sativa.

El cannabis contiene más de 60 Fito cannabinoides de los cuales el THC y el CBD son los más abundantes. La actual regulación no permite la comercialización abierta de productos con cannabis psicoactivo y, en consecuencia, la industria de comercio local medicinal no existe, excepto en lo que concierne a la venta abierta del no psicoactivo (CBD). Lo que se busca en este proyecto, es proponer un proceso de diseño para la obtención de aceite de CBD para la industria cosmética, planteando de esta manera toda la cadena productiva: siembra-cultivo, cosecha, manejo de postcosecha, secado y molienda, almacenamiento, extracción, concentración y secado, control de calidad y la normalización.

Así mismo, describir la materia prima, donde se tratan puntos como la historia de esta planta y su taxonomía. También se encontrará información acerca de la extracción del aceite, por métodos de separación convencionales y fitomejoramiento genético de la planta ya que cabe resaltar que, gracias a los avances científicos y desarrollo tecnológico, se pueden plantear estrategias para la manipulación de los diferentes compuestos cannabinoides para la obtención de productos beneficiosos para el ser humano, intentado inhibir el impacto del THC en el cuerpo.

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar el proceso de extracción y de fitomejoramiento del cannabis para la producción de aceite CBD para la industria cosmética.

Objetivos específicos

1. Establecer parámetros de cultivo proponiendo posibles alternativas en la modificación de características genéticas de la planta de Cannabis Sativa.
2. Seleccionar la tecnología de extracción en semillas y tricomas para la extracción a escala industrial de aceite de CBD.
3. Diseñar el proceso de extracción más conveniente para la obtención de un producto final utilizado en la industria cosmética.
4. Realizar un análisis financiero en cuanto a la viabilidad del proceso en una industria de crecimiento exponencial como lo es la industria de Cannabis medicina

1. GENERALIDADES

1.1 Marco Teórico

1.1.1 *Cannabis sativa* cáñamo o marihuana

Es una especie herbácea de la familia Cannabáceas. Es una planta anual, dioica, originaria de las cordilleras del Himalaya, Asia. Los humanos han cultivado desde tiempos prehistóricos esta planta por sus numerosos usos: como fuente de fibra textil, para extraer el aceite de sus semillas, como planta medicinal, entre otros.

Actualmente se acepta que el género Cannabis está formado por la especie Cannabis sativa L. y se clasifica en tres subespecies: C. Sativa subsp. Sativa, C. Sativa subsp. Rudelaris y C. Sativa subsp. Índica.

1.1.2 *C. Sativa subsp. Sativa*

Son las más grandes de las tres familias y probablemente las más populares, provienen de las Selvas de países ecuatoriales en los que las horas de luz solar es invariable a lo largo del año, estas plantas han sabido aprovecharse de esta climatología y continúan creciendo en la etapa de floración, tienen un periodo de floración más largo que las otras dos subespecies, pero también un rendimiento mayor. "Su aspecto es más diáfano y suelto y sus hojas son largas y delgadas." ("Extracción CBD | Energía y recursos | Naturaleza") Tienen una alta concentración de THC y bajos niveles de CBD.

1.1.3 *C. Sativa subsp. Rudelaris*

"Es una subespecie no cultivada, es decir, crece espontáneamente en zonas de Rusia, Europa y Asia central y se adapta a las duras condiciones de estos lugares, es una planta muy baja (30-80 cm), produce muy pocas ramas y tiene hojas anchas de limbos gruesos." ("Extracción CBD | Energía y recursos | Naturaleza") Tiene unos niveles casi nulos de THC y bajos de CBD, su interés está en su fuerte genética la cual se ha utilizado para realizar cruces con las otras dos subespecies y crear nuevas cepas más resistentes y con altos niveles de Cannabinoides.

1.1.4 *C. Sativa subsp. Índica*

"Se reconocen por ser cortas y robustas, es originaria de países subtropicales como Pakistán y Afganistán, una vez que han alcanzado su altura óptima ponen todos sus esfuerzos en producir flores debido a la fluctuación de las horas de luz a las que están expuestas a lo largo del año." ("Extracción CBD | Energía y recursos | Naturaleza") Sus hojas tienen forma de abanico con una base ancha para captar una mayor cantidad de radiación solar. Florecen mucho antes que las otras subespecies. Son conocidas por tener un mayor contenido de CBD que las sativas.

Como se mencionó, el *Cannabis Sativa* es una planta que tiene dos principales componentes: THC (tetrahidrocannabinol) y CBD (canabidiol), la composición varía de acuerdo con las condiciones ambientales y genéticas de la planta. Según el Missouri Botanical Garden, las siguientes especies responden al nombre científico de *Cannabis Sativa*:

- *Cannabis sativa* fo. *afghanica*
- *Cannabis sativa* fo. *chinesis*
- *Cannabis sativa* fo. *pedemontana*
- *Cannabis sativa* fo. *vulgaris*
- *Cannabis sativa* L.
- *Cannabis sativa* subsp. *indica*
- *Cannabis sativa* subsp. *intersitia*
- *Cannabis sativa* subsp. *spontanea*
- *Cannabis sativa* var. *gigantea*
- *Cannabis sativa* var. *indica*
- *Cannabis sativa* var. *kafiristancia*
- *Cannabis sativa* var. *kif*
- *Cannabis sativa* var. *macrosperma*

- Cannabis sativa var. monoica
- Cannabis sativa var. praecox
- Cannabis sativa var. sativa
- Cannabis sativa var. Vulgaris.

Figura 1.

Planta cannabis sativa



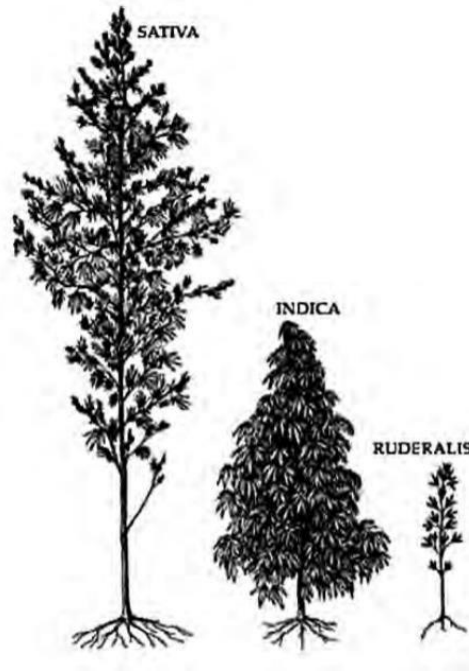
Nota. Figura representativa de una planta de Cannabis.

Tomada de: Informe y fracto

<https://informefracto.com/arte-ciencia/cannabis-sativa-l-una-planta-ancestral-extraordinaria-y-codiciada/>

Figura 2.

Morfología de las especies de cannabis: Sativa, Indica y Ruderalis.



Nota. Cultivo de Cannabis, diferentes tipos y morfologías.

Como se mencionó anteriormente la composición de la planta va ligado respecto a la forma de cultivo, como bien se sabe, Colombia es un país ideal para el cultivo de Cannabis debido a sus condiciones óptimas de crecimiento por su clima tropical y templado, en el cual que no se contemplan estaciones. Al ser un clima tropical la planta crece fácilmente en el exterior, de no ser así y tener un clima templado el cultivo debe llevarse a cabo en el interior (invernadero) para así poder suministrar todos los recursos necesarios en el año y de esta forma garantizar una buena floración y calidad de la planta.

El cannabis tiene dos tipos de variedades principales:

- Cábamo (Alto contenido de CBD y bajo contenido de THC)
- Marihuana (Bajo contenido de CBD y alto contenido de THC)

Figura 3.

Especies del cannabis.



Nota. Figuras de las diferentes especies del cannabis. Tomada de: GUÍA DEL CANNABIS. <https://es.formulaswiss.com/blogs/las-guias-completas-de-cbd/que-es-la-marihuana-el-canamo-y-el-cannabis-la-guia-completa-para-entender-el-cannabis>

1.1.5 ¿Qué es la marihuana?

Según el National Institute of Drug Abuse, la marihuana es una mezcla de hojas secas, flores, tallos y semillas del cáñamo, Cannabis sativa. La planta contiene una sustancia química que altera la mente llamada delta-9-tetrahydrocannabinol (THC) y otros compuestos relacionados a este.

La marihuana contiene THC en un rango del 6-12%, no obstante, en la actualidad existen varias maneras en donde este componente logra ser concentrado, dicha práctica es denominada como *dabbing*, generando de esta manera aceites, ceras o shatter (sustancia sólida, dura de color ámbar).

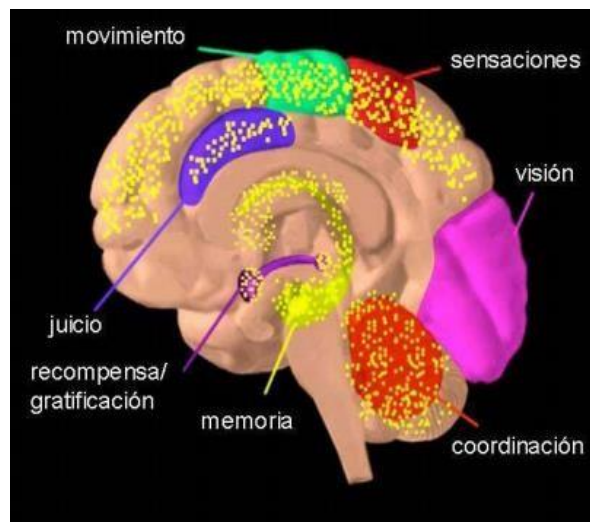
1.1.6 ¿Qué es el THC y por qué es dañino?

El THC es un tipo de cannabinoide con mayor potencia psicoactiva, con propiedades

hidrofóbicas por ende es soluble en lípidos, funciona de la siguiente manera: al ser introducido al organismo éste pasa rápidamente al torrente sanguíneo (0-30 minutos), recorriendo el cuerpo hasta llegar al cerebro, es aquí en donde el THC actúa en los receptores de células del cerebro, los cuales reaccionan naturalmente a químicos que son parecidos a este, de esta forma afectando las siguientes partes del cerebro (puntos amarillos):

Figura 4.

Efectos del THC en el cerebro



Nota. Efectos Cannabis recreativo en el cerebro. Tomada de:

https://www.drugabuse.gov/sites/default/files/drugfacts_marijuana_sp_9_2015.pdf

Generando de esta forma una percepción alterada de la visión, percepción alterada del tiempo, falta de coordinación motriz, problemas de memoria, cambios de sentido de ánimo, dificultad de pensar o resolver problemas. De esta forma afecta el desarrollo del cerebro debido a que puede reducir las facultades mentales para aprender, memorizar y pensar. Además, que afecta las interconexiones de las diferentes partes del cerebro.

Respecto a la salud física y mental se encuentran los siguientes efectos dañinos:

- Problemas de respiración

- Frecuencia cardiaca elevada
- "Problemas con el desarrollo del bebe durante y después del embarazo"
- Alucinaciones temporales
- Paranoia temporal
- Si se sufre de esquizofrenia los síntomas empeoran
- Depresión
- Ansiedad
- Pensamientos suicidas

Figura 5.

Estructura química del THC.



Nota. Molécula THC (Cannabis recreativo)

1.1.7 ¿Qué es el cáñamo?

Es una planta herbácea (aspecto a hierba) que se produce de forma anual, con un solo tallo que es recto, hueco y sin ramificaciones, el tallo dura en crecimiento alrededor de 4 a 5 meses con el fin de llegar a su altura máxima que es de 1 a 5 metros, posee un diámetro de 10 a 60 milímetros. Es considerada uno de los cultivos de crecimiento más rápido, esto se debe a que por día puede crecer de 2 hasta 11 cm. Compuesto químicamente de varios cannabinoides, en donde el CBD es el predominante.

Las semillas de cáñamo tienen la siguiente composición:

- 30% de proteína
- 50% de grasas saludables
- 4% de fibra
- Vitamina E
- Minerales: fósforo, magnesio, potasio, hierro y zinc

A continuación, el contenido en nutrientes por ración:

Tabla 1.

Composición nutricional de las semillas de cáñamo en una ración de 30 gramos.

Composición nutricional de las semillas de cáñamo por ración (30 g)	
Agua	1.49 g
Calorías	166 kcal
Grasa	14.62 g
Proteína	9.47 g
Hidratos de carbono	2.60 g
Fibra	1.2 g
Calcio	21 mg
Hierro	2.38 mg
Magnesio	210 mg
Fosforo	495 mg
Potasio	360 mg
Sodio	2 mg
Zinc	2 mg
Cobre	0.48 mg
Manganeso	2.28 mg
Vitamina C	0.1 mg
Vitamina B1	0.38 mg
Vitamina B2	0.09 mg
Niacina	2.76 mg
Vitamina B6	0.18 mg
Ácido fólico	33 mcg

Nota. Componentes y nutrientes presentes en la semilla de cáñamo. Tomado de: Departamento de agricultura de los Estados Unidos. USDA (2018).

Tabla 2.

Composición nutricional de las semillas de cáñamo en una ración de 100 gramos.

Composición nutricional de las semillas de cáñamo por ración (30 g)	
Agua	4.96 g
Calorías	553 kcal
Grasa	48.75 g
Proteína	31.56 g
Hidratos de carbono	8.67 g
Fibra	4 g
Calcio	70 mg
Hierro	7.95 mg
Magnesio	700 mg
Fosforo	1.650 mg
Potasio	1.200 mg
Sodio	5 mg
Zinc	9.90 mg
Cobre	1.6 mg
Manganeso	7.6 mg
Vitamina C	2 mg
Vitamina B1	1.28 mg
Vitamina B2	0.29 mg
Niacina	9.2mg
Vitamina B6	0.6 mg
Ácido fólico	110 mcg
Vitamina A	11 iu
Vitamina E	0.80 mg

Nota. Componentes y nutrientes presentes en la semilla de cáñamo. Tomado de: HEMP TODAY. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. USDA (2018).

<https://hemptoday.net/es/despeja-las-semillas-de-cultivo/>

Tabla 3.

Tipos de grasas de las semillas de cáñamo en una ración de 100 gramos.

Tipo de grasas de las semillas de cáñamo por 100 g	
GRASAS TOTALES	48,75
Grasas saturadas	4,6
De las cuales ácido palmítico	2,9
De las cuales esteárico	1,2
De las cuales ácido araquídico	0,3
Grasas monoinsaturadas	5,4
De las cuales ácido oleico (omega 9)	5,3
Grasas poliinsaturadas	38,1
De las cuales ácido linoleico (omega 6)	27,4
De las cuales ácido linoleico (omega 3)	10
Grasas trans	0

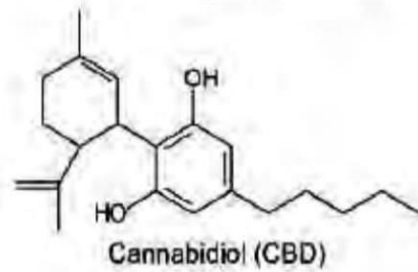
Nota: Componentes y nutrientes presentes en la semilla de cáñamo. Tomado de: Departamento de agricultura de los Estados Unidos. USDA (2018).

1.1.8 ¿Qué es el CBD?

Es el principal componente de la marihuana y representa casi el 40% de los extractos que se pueden sacar de ella. Es considerado un componente no psicoactivo debido a que, aunque tenga THC es mínimo, exactamente del 0.2%.

Figura 6.

Estructura química del CBD.



Nota. Molécula química del CBD

Contiene diferentes propiedades terapéuticas que han sido demostradas con calidad, a continuación, dichas propiedades:

- Analgésico
- Antiinflamatorio
- Anti convulsionante
- Antioxidante
- Antitumoral
- Inmunomodulador
- Neuro protector

A continuación, una imagen con una breve explicación respecto a la diferencia en cuanto físicamente y en propiedades del cáñamo y la marihuana.

Figura 7.

Diferencias entre el cáñamo y la marihuana



Nota. Diferencias entre Cáñamo (CBD) y Marihuana Recreativa.

Tomado de: <https://vegetalbioplant.com/blog/es/como-distinguir-entre-cannabis-canamo-y-marihuana/>

Mientras que el THC y el CBD son los principales cannabinoides que se encuentran en la planta, existe un tipo de aceites esenciales llamados terpenos, estos aceites como sucede con las especias y las hierbas aromáticas, dotan a la planta de un olor característico.

1.1.9 ¿Qué son los Terpenos?

Los terpenos son compuestos orgánicos aromáticos y volátiles, constituidos básicamente por isopreno (hidrocarburos de cinco carbonos). "Existen alrededor de 100 terpenos en el cáñamo proporcionando aromas desde lo afrutado al terroso acre, no son psicoactivos y se ubican en los tricomas de la planta." ("Extracción CBD | Energía y recursos | Naturaleza") Algunos de los más habituales son:

- **Mirceno:** Posee un aroma terroso, almizclado y también se encuentra en otras plantas

como el lúpulo, el cardamomo y otras, es el terpeno más abundante. Es conocido por sus propiedades antiinflamatorias, antioxidantes y para combatir el insomnio.[1]

- Limoneno: Tiene un sabor cítrico y aroma fresco y ácido. Se encuentra en el limón, la lima, uvas y menta. Puede ayudar a mejorar la concentración, el estado de ánimo y aliviar el estrés.
- Pineno: Tiene un aroma terroso, también se encuentra en el romero, las agujas de pino y otros. Aporta propiedades gastro protectoras y antisépticas.

1.2 Normatividad

En 1961 en la convención del protocolo 1972 de las Naciones Unidas, se acordó el fundamento del régimen global de control de drogas, el cual trata sobre las normas que van en contra de producción y tráfico de estupefacientes, creando así la “lista amarilla” (se puede encontrar en los anexos) que cuenta con de 120 sustancias que se le restringe la manufactura y comercialización, dentro de esta lista se encuentra en el numeral 26 y 27, la sustancia cannabis y cannabis - resinas y extractos.

Para el año 1971 las naciones unidas crearon la “lista verde” mediante el convenio 1971 sobre las sustancias psicotrópicas, la cual hace referencia a las 121 sustancias sometidas a la fiscalización por parte de la JIFE (Junta Internacional de Fiscalización de Estupefacientes), las respectivas tablas en cuanto a estas sustancias mencionadas anteriormente pueden ser encontradas en los Anexos 1 y 2.

1.2.1 Normatividad en Colombia

En el último año, el Gobierno de Colombia decidió promulgar **la ley de 1787** de 2016 con el objetivo principal de que este cuerpo legal permitirá el acceso al Cannabis Medicinal a los pacientes que puedan beneficiarse de los múltiples beneficios terapéuticos atribuidos a la planta. Gracias al **Decreto emitido en 2017** se ha permitido el uso médico y científico de cannabis (CBD). Igual en ciertos casos se puede obtener una receta para consumo, así mismo pueden ser obtenidos en forma libre como medicina alternativa.

De igual forma existían en ese entonces diversos estudios en donde se demostraba que el cannabis puede ser usado de forma medicinal, claramente haciendo uso de la dosis requerida, de esta forma no se vuelve recreativa.

La Ley 30 de 1986 (4) estableció en Colombia la dosis mínima personal, así: “Dosis para uso personal: Es la cantidad de estupefaciente que una persona porta o conserva para su propio consumo. Es dosis para uso personal la cantidad de marihuana que no exceda de veinte (20) gramos; la de marihuana hachís la que no exceda de cinco (5) gramos; de cocaína o cualquier sustancia a base de cocaína la que no exceda de un (1) gramo, y de metacualona la que no exceda de dos (2) gramos. No es dosis para uso personal, el estupefaciente que la persona lleve consigo, cuando tenga como fin su distribución o venta, cualquiera que sea su cantidad”. Posteriormente esta ley fue reglamentada mediante el Decreto 3788 de 1986. [2]

Para el cultivo cannábico y el tratamiento de este, en Colombia se requiere cumplir con la siguiente normativa:

- Resolución 2891 de 2017 (Transformación de la planta)
- Resolución 2892 de 2017 (Técnicas a seguir)
- Resolución 577 y 578 (Regulación técnica de la evaluación y seguimiento de la modalidad de: cultivo de cannabis psicoactivo, no psicoactivo y uso de semillas. Además, establece las tarifas para la obtención de la licencia)

Tabla 4.

Tipo de Licencias para producción de Cannabis

TIPO	MODALIDAD	OTORGA
Fabricación de derivados de cannabis	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para uso nacional 2. Para investigación científica 3. Para exportación 	Ministerio de Salud y Protección Social
Cultivo de cannabis psicoactivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para producción de semillas para siembra 2. Para producción de grano 3. Para fabricación de derivados 4. Para fines científicos 5. Para almacenamiento 6. Para disposición final 	Ministerio de Justicia y del Derecho
Cultivo de cannabis no psicoactivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para producción de semillas de siembra 2. Para producción de grano 3. Para fabricación de derivados 4. Para fines científicos 5. Para almacenamiento 6. Para disposición final 	Ministerio de Justicia y del Derecho
Semilla	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comercialización o entrega 2. Fines científicos 	Ministerio de Justicia y del Derecho

Nota: En la tabla se pueden apreciar los diferentes tipos de licencias que se deben contar en Colombia para el cultivo y producto de Cannabis y las diferentes entidades envueltas en cada una.

Reglamentación: invima

Decreto 613 de 2017

Artículo 2.8.11.1.4 Autoridades de control.

“El Ministerio de Salud y Protección Social, a través de la Dirección de Medicamentos y Tecnologías de la Salud, es la autoridad competente para expedir la licencia de fabricación de derivados de cannabis. El control administrativo y operativo a las actividades relacionadas con el manejo de cannabis y sus derivados se hará a través del Fondo Nacional de Estupefacientes (FNE), una vez expedida la licencia, quien también es la autoridad competente para el control de los productos terminados provenientes del cannabis

psicoactivo, sin perjuicio de las competencias en materia sanitaria y fitosanitaria del Instituto Nacional de Vigilancia de Alimentos y Medicamentos (INVIMA) y del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) que le sean aplicables a los productos que los contengan”.

“Las preparaciones magistrales sólo pueden elaborarlas los establecimientos Farmacéuticos y Servicios Farmacéuticos de Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud conforme al Decreto 2200 de 2005. Los establecimientos y servicios farmacéuticos que realicen operaciones de elaboración de las preparaciones magistrales de las que trata este artículo deberán obtener el Certificado de Cumplimiento de Buenas Prácticas de Elaboración otorgado por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA), y su dirección técnica estará a cargo exclusivamente de un químico farmacéutico”.

“El INVIMA o la entidad que cumpla sus funciones deberá reportar al Grupo Técnico de Cupos todos los medicamentos de síntesis química, fitoterapéuticos u homeopáticos que contengan cannabis psicoactivo, que sean autorizados para su comercialización en Colombia, una vez sean expedidos los respectivos registros sanitarios o autorización de comercialización”. [48]

2. FITOMEJORAMIENTO, CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO

El ciclo de vida del crecimiento y desarrollo del cultivo de cáñamo se divide en cuatro fases principales:

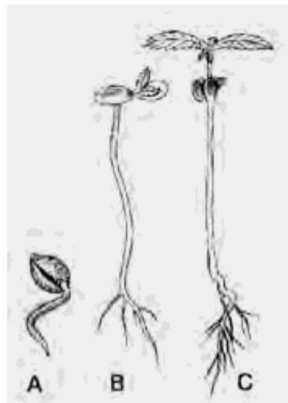
2.1 Germinación y emergencia

Inicialmente se debe sumergir la semilla en agua y esta sea absorbida, la radícula empieza hacerse visible y de esta forma comienza a germinar la planta y de esta forma los cotiledones se extienden por encima de la superficie.

La temperatura óptima de germinación es de 24 °C, aunque también puede realizarse a una temperatura de 0°C (temperatura mínima) el proceso puede demorarse. Aunque en condiciones óptimas se demora entre 3 a 7 días.

Figura 8.

Demostración de la radícula visible (A), los cotiledones (B) y el fruto de la germinación, es decir sus primeras hojas (C).



Nota. Cultivo de Cannabis, densidad de siembra.

• ESTADO VEGETATIVO

En este estado es donde se genera el crecimiento de tallos y hojas, el cual al principio se genera lentamente hasta que se forman los cinco primeros pares de hoja y sus espacios entre los nudos son cortos, así sucesivamente, es decir que a medida que el tallo crece, los espacios entre los nudos aumentan. Formándose de siete hasta doce pares de hojas, las cuales se distribuyen con los folíolos (de forma impar), el primer par de hojas tiene un solo folíolo, el segundo par posee tres, el quinto ya tendrá 5, etc.

Figura 9.

*Estado
vegetativo
(tercer par de
hojas)*



Nota. Cultivo de
Cannabis,
densidad de
siembra.

2.2 Floración y formación de semilla

Este estado comienza cuando la posición de las hojas se ubica de forma externa a la planta, como se muestra a continuación:

Figura 10.

Inicio estado de floración



Nota. Cultivo de Cannabis, densidad de siembra.

Comienza la aparición de los primordios florales, estos pueden ser machos o hembras, los machos se distinguen por: su forma de garra curva, pimpollos florales de puntas redondeadas que poseen cinco segmentos radiales. Las hembras se identifican por tener una elongación de un cáliz tubular simétrico. El nacimiento de estos primordios florales y claramente el proceso de floración inicia desde la base de la planta hacia arriba, hasta llegar a la parte superior de la inflorescencia.

"Las diferencias entre el ritmo de crecimiento y desarrollo de las plantas macho y hembra son grandes" [3]. Las plantas macho tienden a florecer y fenecer antes. También dentro del mismo sexo, las plantas más grandes reprimen a las pequeñas y la variación entre plantas puede llegar a ser considerable y hasta dar como resultado el auto raleo. Particularmente en cultivos densos la competición intraespecífica genera una jerarquía por tamaño y por tanto un incremento en la variabilidad del ciclo a floración.

De esta forma generando 3 tipos de especies:

1. Plantas dioicas macho: "Las plantas de Cannabis macho producen flores masculinas que parecen pequeñas bolas. Pueden aparecer alrededor de las semanas 3-4 de la semilla. Estos son en realidad sacos de polen que contienen granos de polen. Los machos no son capaces de

producir cogollos, pero sí pueden polinizar a las hembras, lo que da como resultado más semillas, menos cogollos y más pequeños. Las prefloras masculinas a veces se desarrollan primero y muy rápido. Una vez que esos sacos de polen están abiertos, es probable que comiencen a polinizar, no solo tu cultivo sino la mayoría de las plantas a 5 km a la redonda. Busca signos tempranos de plantas macho: generalmente son más altas y menos tupidas que las plantas hembra. Simplemente elimínalas del cultivo, a menos que quieras producir semillas o polen en un ambiente controlado”. [3]

Plantas dioicas hembras:” Las plantas de cannabis hembra por lo general comienzan a mostrar el sexo con pequeñas prefloras, alrededor de 4-6 semanas desde la semilla. Las prefloras femeninas se ven como un par de pelos blancos (el estigma) que sale de un cáliz verde y redondo. Las hojas que lo rodean se llaman brácteas. Esta estructura también se conoce como “pistilos”. De aquí en adelante nos referiremos a ellos como pistilos. Muchas de estas pequeñas prefloras que crecen juntas se convertirán en “cogollos” o flores, que contienen la mayor concentración de cannabinoides. Las plantas de marihuana hembra pueden brotar a partir de semillas fotoperiódicas, automáticas o feminizadas”. [3]

La formación de las flores femeninas toma inicio durante la liberación del polen y alcanza la mitad de la floración cuando las brácteas inflorescencia están formadas, después de esto las semillas formadas se solidifican y la planta comienza a despojarse de ellas. El tiempo de maduración de las semillas varía de 3 a 5 semanas y según el código fenológico se logra un 50% del proceso cuando las semillas se encuentran duras o han sido liberadas.

2. Plantas hermafroditas: es la formación de una flor de ambos sexos, la relación de su número depende tanto del cultivar como del individuo. La aparición de las flores masculinas se genera en la punta de las ramas femeninas y la floración y maduración de la semilla de esta es similar a la mencionada anteriormente. Las plantas de Cannabis pueden ser o volverse hermafroditas. Esto significa que una planta desarrolla flores masculinas y femeninas en el mismo individuo. Las “hermas” deben eliminarse del cultivo inmediatamente después de detectarlas o, de lo contrario, comenzarán a polinizar tus otras plantas. De hecho, esas semillas pueden producir más plantas hermafroditas. [4]

Senescencia: Luego de la floración de las plantas las hojas y los tallos empiezan a secarse y después de un tiempo la planta muere.

“Las hojas de *Cannabis sativa* L. son probablemente más reconocidas que el follaje de cualquier otra planta. Las hojas tienden a ser decusadas en el tallo inferior (opuestas, los pares sucesivos giran 180°), usualmente alternan cerca del ápice del tallo, son pecioladas, palmeadas y compuestas (a excepción de las pequeñas hojas unifoliadas en los ápices ramificados), con un número impar (entre 3 y 13) de folíolos gruesos, serrados y lanceolados.

Los sexos son dimorfos no sólo con respecto a los órganos reproductivos: las plantas masculinas tienden a ser entre un 10 y un 15 % más altas, aunque menos robustas que las plantas femeninas, con tallos más delgados, menos ramificados, hojas más pequeñas y un aspecto más delicado y mueren después de la antesis (liberación del polen)” [5]

2.3 Optimización del cultivo

2.3.1 *Temperatura*

El rango de temperatura óptima es de 21 a 27 °C, donde la mejor temperatura es a 24 °C. De noche la temperatura puede oscilar entre 13 a 21 °C. Cabe resaltar que la condición de temperatura puede llegar a más de los 30 °C y la planta poder adaptarse, depende del control que se le ponga a la planta en temas también de agua y humedad.

2.3.2 *Fotoperiodo*

En la primera y segunda etapa (germinación y estado vegetativo) se requiere de bastante luz para que estas etapas se puedan realizar, en la siguiente etapa (floración) se requiere cada vez menos horas de luz. Dependiendo de la radiación del lugar se puede tener un fotoperiodo de 14a 15.5 horas o de 9 a 14 horas.

2.3.3 *Agua*

Debido a la materia seca que produce el cáñamo, se requiere de una gran cantidad de agua, el volumen requerido ronda entre en un rango de 250 mm a 400 mm por ciclo de cultivo, aunque esto puede incrementar dependiendo de la localización del cultivo. Se resalta que el cáñamo es

muy sensible a la sequía y no prospera en suelos áridos, pero tampoco en suelos saturados de agua o mal drenados.[6]

2.3.4 *Atmósfera*

Tener en cuenta el nivel de dióxido de carbono(CO_2) que existe en la atmósfera debido a que es un gran influyente en el fotoperiodo.

2.3.5 *Suelo y fertilización*

Se requiere de un suelo húmedo y bien drenado, el cual contenga nutrientes como Nitrógeno, potasio y fósforo (fosfato triple), por hectárea se requiere respectivamente 75 kg, 113 kg.

El cultivo prospera de una mejor forma cuando el suelo presenta una estructura franco-arcillosa, franco limoso o arcillo limosa y con un pH mayor a 5 (siendo el pH óptimo de 6.5) [].

2.4 *Siembra*

2.4.1 *Preparación de la cama de siembra y distribución de las plantas*

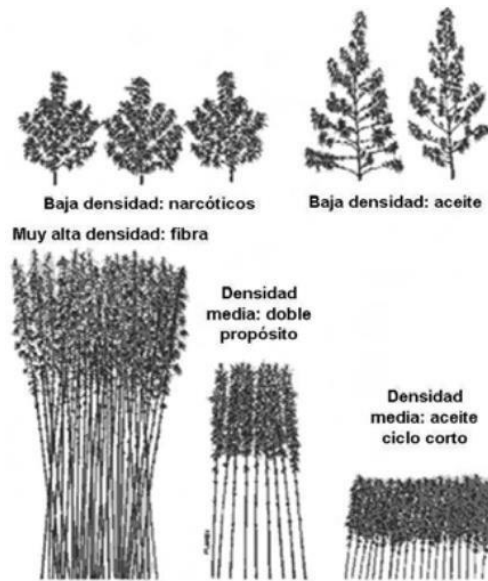
Antes de sembrar la tierra debe ser laboreada repetidas veces a una profundidad de 20 a 23cm con una rastra, cinco meses después se vuelve a pasar la rastra y seguido de esto un rodillo, de esta manera se genera una fina capa en la superficie del suelo. Normalmente se siembra de forma lineal entre surcos de 7 a 20 cm. La profundidad de la semilla debe ser de 1 a 2 cm [12].

Densidad de siembra

En el caso de la producción de cannabinoides se tiene una densidad baja de aproximadamente de 10 plantas / metro cuadrado. Se resalta que la densidad varía respecto a las condiciones ambientales que presenta (incluyendo suministro de agua y radiación solar).

Figura 11.

Densidad de siembra y su influencia.



Nota. Cultivo de Cannabis, densidad de siembra.

2.4.2 Épocas de siembra

Ya que como se asumirá que la siembra del cultivo será en Colombia, este factor no es determinante ya que Colombia cuenta con uno de los mejores climas de siembra para este tipo de plantas, contando con una condición de clima tropical y templado que favorece el crecimiento y a la calidad de vida de la planta, haciendo que sus productos sean de alta calidad.

Realmente, lo que más influye en este caso es el área geográfica en donde se hará el cultivo y la latitud.

2.4.3 Variedades de cannabis Sativa L. Seleccionadas según su expresión sexual

Como se dijo previamente, Cannabis sativa L. es una especie naturalmente dioica (plantas solamente con flores masculinas o femeninas), que muestra un dimorfismo sexual en una fase tardía del desarrollo de la planta. En los cultivares dioicos se observan diferencias en la tasa de crecimiento y desarrollo en medio de las plantas masculinas y femeninas, por lo cual las plantas

masculinas tienden a florecer previamente. Esto crea alteración en el cultivo y además la competencia en medio de las plantas puede conducir a la eliminación de las plantas más pequeñas.

Como resultado de una optimización exhaustiva, se produjeron muchas variedades de *Cannabis sativa* L. con diferentes expresiones sexuales, lo cual terminó en una extensa escala de tipos sexuales en este cultivo.

Ciertos híbridos obtenidos por polinización de hembras de líneas dioicas con polen de plantas monoicas son predominantemente hembras (también se generan algunas hermafroditas y unos pocos machos). Estas líneas híbridas femeninas son productivas para ciertos fines (son bastante uniformes y tienen la posibilidad de crear gran proporción de semillas), sin embargo, su semilla híbrida es costosa de generar. Las denominadas semillas "feminizadas" se proponen habitualmente en el negocio ilícito de cannabis y son capaces de producir sólo plantas productoras de flores femeninas (sólo las plantas femeninas se usan para la producción de narcóticos) [13].

3. EXTRACCIÓN

La extracción es una técnica muy usada, en la cual consiste la separación de una materia prima orgánica que es de interés (producto) de una mezcla en reacción o con el fin de aislarlo de sus fuentes naturales. Esta separación se efectúa en presencia de un disolvente, dependiendo de las características que se tenga de la mezcla y el producto de interés a separar, el disolvente será diferente.

Este capítulo tiene como fin evaluar las variables que se deben de tener encuentra en la extracción del aceite CBD del cáñamo, además de indagar los diferentes métodos de extracción y tipos de solventes que se pueden llevar a cabo. Al finalizar se define a partir de una tabla de puntuación cual es el mejor método de extracción y el mejor solvente que conviene en la separación.

3.1 Variables en una extracción

3.1.1 *Reconocimiento de la matriz vegetal*

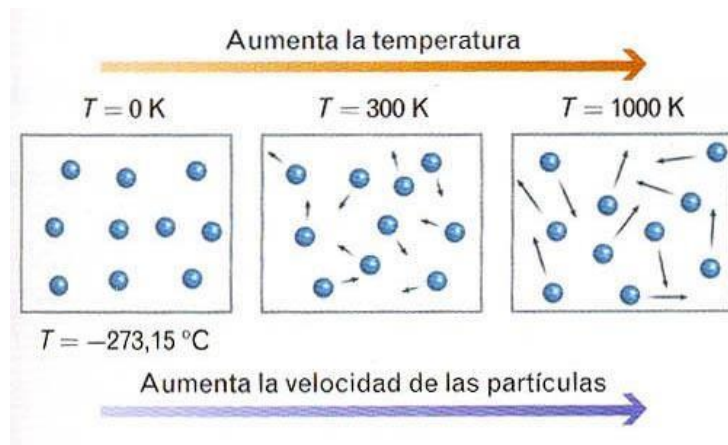
La matriz vegetal es la pared celular de característica rígida que tiene como principal funcionamiento el proteger y dar soporte a la planta. Cada planta posee una matriz celular diferente. [14]

3.1.2 *Mecanismos de la extracción*

El mecanismo de extracción dinámico trata de la relación que se encuentra de manera directa entre la temperatura y el aumento de la velocidad de las moléculas (energía cinética molecular), en este caso a temperatura ambiente se tiene una baja velocidad entre las moléculas, pero al momento de realizar un aumento en la temperatura estas se excitan y por ende tienden a aumentar su energía cinética molecular, como se puede visualizar en la siguiente imagen. [15]

Figura 12.

Relación de la temperatura con la velocidad de las partículas



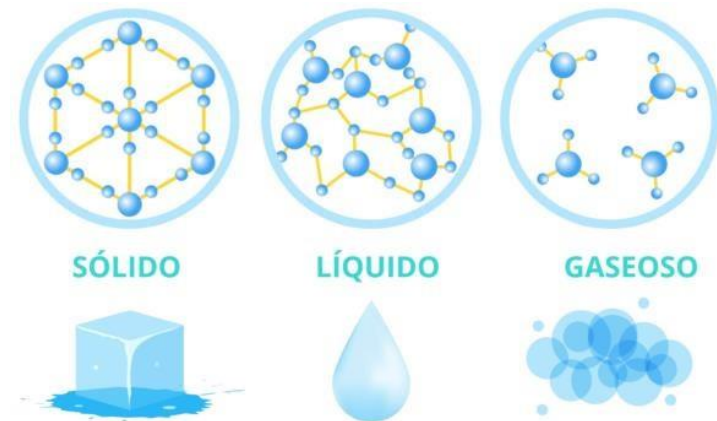
Nota. La figura muestra la cinética con respecto a la temperatura de las moléculas en los diferentes estados de la materia. Tomado de:

<https://www.caracteristicas.co/estados-solido-liquido-gaseoso/>

Este aumento de la cinética favorece a la extracción debido a que genera equilibrios sucesivos moleculares, de esta manera lograr el pasar de un estado a otro, ejemplo:

Figura 13.

Relación de la cinética respecto a los estados de la materia.



Nota. La figura muestra la cinética de las moléculas en los diferentes estados de la materia. Tomado de:

<https://www.caracteristicas.co/estados-solido-liquido-gaseoso/>

3.1.3 *Excitación molecular*

Como se mencionó anteriormente las moléculas aumentan su cinética respecto a la temperatura que se encuentren, esto se debe gracias a la excitación molecular que sucede entre ellas. La excitación molecular es el choque que se genera entre las moléculas debido al factor externo que se le aplique, en este caso la temperatura. Al momento de generarse dicha excitación existe una transferencia de energía entre las moléculas no excitadas y las excitadas. [16]

3.1.4 *Superficie de contacto entre solvente y la muestra*

La superficie de contacto de la muestra respecto a la muestra es de vital importancia en el proceso, debido a que al tener una gran área de contacto se obtiene una mayor extracción del aceite CBD, al igual que la temperatura, la superficie de contacto es directamente proporcional al área de contacto, es decir, que aumenta el choque entre las moléculas y así de esta forma su cinética. [17]

3.1.5 *Concentración de los reactivos*

En general la concentración de los reactivos es un factor influyente en cualquier proceso que se realice, en el caso de la extracción el aumentar la concentración, aumenta el número de colisiones entre ellos, debido a que existe un mayor número de partículas en el mismo volumen y de esta forma generando el aumento de la cinética. [18]

3.1.6 *Tiempos de extracción*

Al momento de realizar el diseño, el efecto del tiempo es un parámetro que se debe tener en cuenta, ya que varía en el rendimiento de la extracción. Para este caso, se determinó que tendría una duración de 20 minutos de acuerdo con el equipo utilizado. [19]

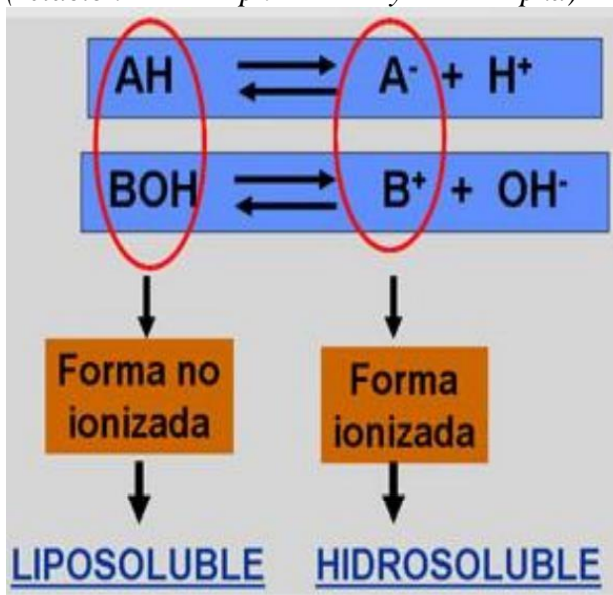
3.1.7 *pH de la fase de extracción*

Como bien se sabe trabajar con el uso de solventes puede llegar a ser riesgoso en cuanto a peligros químicos, tales como la toxicidad, por este motivo el pH es factor muy influyente en la fase de extracción.

Inicialmente se debe de tener en cuenta que en la extracción existirá una cantidad de sustancia la cual no será ionizada, esto es función de la constante de disociación (pka) y del pH medio, la relación entre el pH. Donde el pka se obtiene mediante la siguiente ecuación:

Figura 14.

*Ecuación de henderson – hasselbach
(relación ph y pka)*



Nota. Ecuación de hidro y liposolubilidad. Tomado de: curso FIDATEC.

A partir de esta ecuación se puede demostrar que las formas no ionizadas son más liposolubles y de esta forma son capaces de atravesar la matriz vegetal (liberando toxinas). "Lo contrario ocurre con las formas ionizadas, que son hidrosolubles." [20]

3.1.8 *Secado*

Como se mencionó en el primer capítulo, el cannabis cuenta con múltiples componentes y todos con diferentes puntos de ebullición es por eso por lo que el secado cumple un gran papel en el

proceso de extracción del cannabis, se deben de tener en cuenta la humedad presente en la hoja, los mecanismos y la cinética del secado, los tipos de secadores y claramente el componente que se requiere extraer que en este caso es el CBD.

Para hablar del secado se deben de tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Humedad (X): si se habla de un sólido generalmente es expresado en términos de base seca, es decir, la masa de agua que acompaña el sólido seco.
- Humedad de equilibrio (X^*): El sólido húmedo es puesto en contacto con parámetros previamente establecidos (temperatura y humedad del aire), que se mantienen de manera constante. De esta forma se alcanzan las condiciones de equilibrio entre el aire y el sólido húmedo, ya que la presión parcial del agua del sólido húmedo es igual a presión de vapor del agua en el aire.

$$P_{ps} = P_{pv}$$

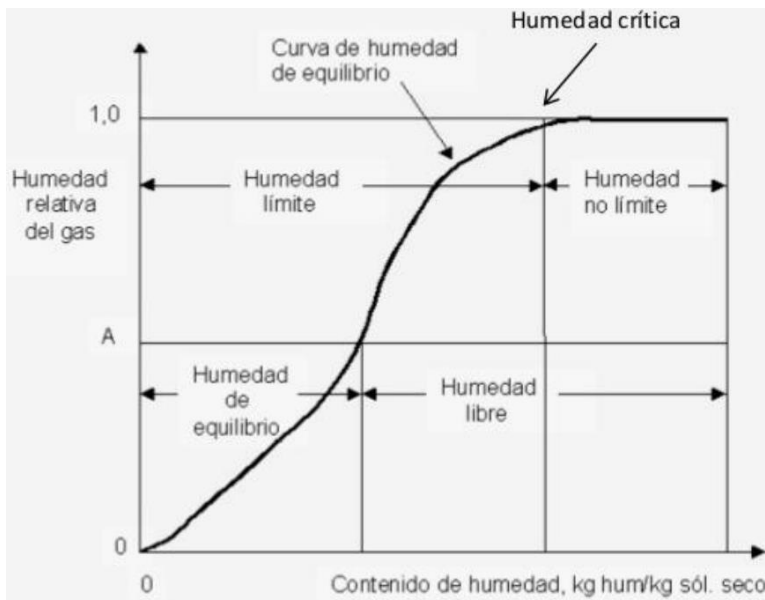
- Sólido húmedo: la presión de vapor del agua que se encuentra con el sólido igual que la tensión de vapor del agua a la misma temperatura.
- Sólido higroscópicos: la presión de vapor del agua que se encuentra con el sólido es menor que la tensión de vapor del agua a la misma temperatura.
- Humedad libre (F): es el agua que el sólido puede perder mediante métodos físicos, en forma aritmética, es la diferencia entre la humedad del sólido (X) y la humedad de equilibrio (X^*)

$$F = X - X^*$$

- Humedad ligada: Humedad mínima del sólido que se requiere para que este deje de comportarse como un sólido higroscópico.
- Humedad crítica: En el sólido la humedad crítica hace referencia al punto en el cual se separa el secado precrítico y post-crítico.

Figura 15.

Demostración del comportamiento de los tipos de humedad



Nota. Gráfica del comportamiento de la humedad. Tomada de: <http://www.monografias.com/trabajos15/operacion-secado/image2103.gif>

3.1.9 *Mecanismos y cinética de secado*

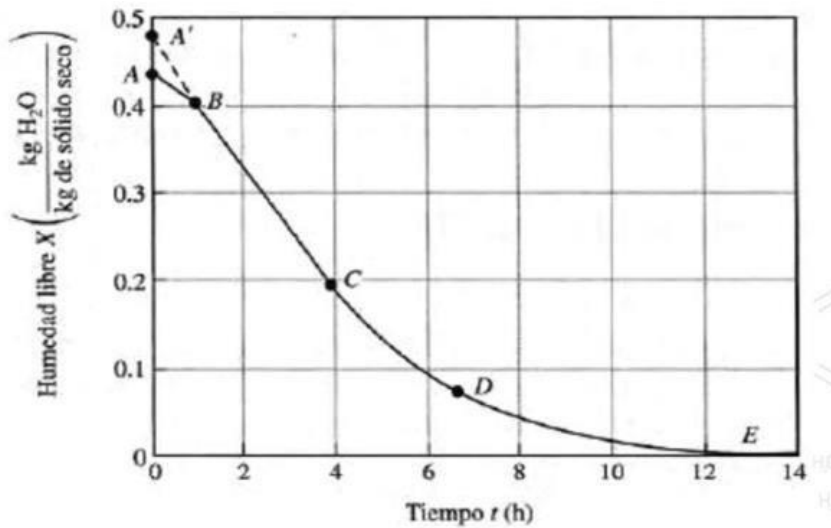
Cuando se realiza este proceso, simultáneamente sucede el fenómeno de transporte de calor y materia. La transferencia de calor dentro del sólido se genera por conducción, mientras que si es hacia la interfase puede ser por conducción, convección y radiación. El transporte de materia se genera de forma opuesta que el transporte de calor y se puede exponer a través del sólido por difusión y/o capilaridad y por difusión desde la interfase hacia el centro de la fase gaseosa.

Si se establece la velocidad del secado se puede determinar la capacidad que requiere el equipo y adicional el tiempo de secado, para el análisis de la velocidad de secado se hace uso de los parámetros de: humedad, temperatura, presión y velocidad de aire.

Para realizar este respectivo análisis se genera una curva de pérdida de peso, en donde se lleva un registro de la humedad libre en el sólido conforme avanza el tiempo. [21]

Figura 16.

Curva de pérdida de peso



Nota. Gráfica humedad libre vs. Tiempo para pérdida de peso de la flor. FIDATEC.

Esta curva se analiza a partir de los tramos generados (A-E), en donde cada tramo hace referencia a:

Tramo AB: Sólido frío

Tramo A'B: Sólido caliente

Tramo BC: Pendiente y velocidad constante

Tramo CD: Pendiente decreciente, primer periodo de velocidad decreciente

Tramo DE: Segundo periodo de velocidad decreciente (mayor velocidad)

En general los variables que influyen en el proceso de secado son: la naturaleza del material, temperatura del aire, velocidad del aire, humedad absoluta del aire y el tamaño de partícula del sólido.

3.1.9 Tipos de secadores

Existen dos tipos de secadores según el método de transmisión de calor a los sólidos húmedos, los directos y los indirectos. Los directos son los secadores que valga la redundancia logra el contacto directo entre los sólidos húmedos y los gases calientes, es decir que el líquido vaporizado se arrastra por medio de los gases calientes. En los indirectos el líquido vaporizado

se separa independiente del medio de calentamiento, la velocidad de secado depende del contacto establecido entre el material mojado y las superficies calientes. [22]

- Secador de bandejas
- Secador de lecho fluidizado
- Liofilización
- Secador rotatorio
- Secador por aspersión (spray dryer)

El cannabis fresco puede contener entre un 75% - 90% de agua [23], esta debe ser evaporada antes de su respectivo tratamiento, principalmente ayuda a la concentración de metabolitos, facilita la manipulación de extracto posterior a la extracción y definir la calidad del producto en interés. Según los componentes que se encuentran en el cannabis, estos serían su respectivo punto de ebullición:

Tabla 5.

Punto de ebullición de los componentes del cannabis.

COMPONENTE	TEMPERATURA DE EBULLICIÓN
THC-A	104 °C
CBD-A	120 °C
a-Pinene	155 °C
THC	157 °C
Myrcene	167 °C
Caryophyllene	176 °C
D-limonene	176 °C
CBD	180 °C
CBN	185 °C
Linalool	197 °C
Humulene	197 °C

Nota. Esta tabla muestra los componentes principales del Cannabis con sus puntos de ebullición. Tomado de: curso FIDATEC

Tabla 6.*Punto de ebullición de los cannabinoides y sus respectivas propiedades.*

CANNABINOIDES	PUNTO DE EBULLICIÓN	PROPIEDADES
Delta-9- tetrahidrocannabinol, Δ- 9- THC	157 °C	Analgésicas, antieméticas, antioxidantes, antiinflamatorias
Cannabidiol, CBD	160°C – 180 °C	Ansiolíticas, analgésicas, antiinflamatorias, antipsicóticas, antioxidantes y
Cannabigerol, CBG		Antiinflamatorias, antifúngicas y antibióticas.
Cannabinol, CBN	185 °C	Antibióticas y sedativas.
Cannabicromeno, CBC	220 °C	Antiinflamatorias, antifúngicas y antibióticas.
Tetrahidrocannabicarina, THCv	220°C	Analgésicas y euforizantes.
Delta-8- tetrahidrocannabinol, Δ- 8- THC	175 °C – 178 °C	Antieméticas, parecidas al THC, más estable pero menos psicoactivo que este.

Nota: Propiedades de los diferentes de los cannabinoides. Tomado: curso FIDATEC

Tabla 7.

Punto de ebullición de los terpenos y sus respectivas propiedades.

TERPENOS	TEMPERATURA EBULLICIÓN	PROPIEDADES
α-Terpineol	217 °C – 218 °C	Sedativas, antibióticas, antioxidantes, antipalúdicas, inhibidor de acetilcolinesterasa.
Borneol	210 °C	Antibióticas.
Linalool	198 °C	Sedativas, antidepresivas y ansiolíticas. Potencia el sistema inmune.
P-Cimeno	177°C	Antibióticas y anticandidales.
D-Limoneno	177 °C	Antidepresivas, anti mutagénicas. Potencia el sistema inmune.
Eucaliptol (1,8 - cineol)	176 °C	Estimulantes, antibióticas, antivirales, antiinflamatorias. Inhibidor de la acetilcolinerasa,

Δ-3-Careno	168°C	Antiinflamatorias.
β-Mirceno	166 °C - 168°C	Analgésicas, antiinflamatorias, antibióticas y anti mutagénicas.
α-Pinoeno	156°C	Antiinflamatorias, estimulantes, broncodilatadoras, antibióticas y antineoplásicas. Inhibidor de la acetilcolinesterasa.
β-Cariofileno	119°C	Antiinflamatorias, antipalúdicas. Protector de la mucosa gástrica.
Pulegona	224°C	Sedativas y antipiréticas. Inhibidor de la acetilcolinesterasa.
Terpineol-4-ol	209°C	Antibióticas, inhibidor de la acetilcolinesterasa.

Nota. En esta tabla se observan los diferentes terpenos presentes en la planta junto sus propiedades. Tomada de: Curso FIDATEC

Para los flavonoides presentes:

Tabla 8.

Punto de ebullición de los flavonoides.

FLAVONOIDES	PUNTO DE EBULLICIÓN	PROPIEDADES
Quercetina	250°C	Antioxidantes, anti mutagénicas, antivirales y antineoplásicas.
Cannaflavina A	182°C	Inhibidoras de la ciclooxigenasa y la 5- lipoxigenasa.
Apigenina	178°C	Ansiolíticas, antiinflamatorias y estrogénicas.
β-Sistosterol	134°C	Antiinflamatorias, inhibidor de la 5-α-reductasa.

Nota. En esta tabla se observan los diferentes terpenos presentes en la planta junto sus propiedades. Tomada de: Curso FIDATEC.

Un gran defecto de los secadores industriales mencionados anteriormente respecto al secado del cannabis, se debe a que el cannabis contiene ciertos microorganismos (ya sea por la siembra, el cultivo, la recolección de la cosecha, etc.) que crecen por el calor. Haciendo uso de estos secadores se corre el riesgo de que los microorganismos crezcan y dañen no solo todo el proceso de producción (por contaminación), si no también los equipos por incrustaciones.

Actualmente existe un método de secado llamado liofilización, que tiene como fin sublimar el cannabis congelado, es decir, que antes de realizar la liofilización se debe de realizar un acondicionamiento en donde se congele el cannabis. El liofilizador funciona con altas presiones

de vacío, generando de esta forma que el agua a una temperatura negativa, supere rápidamente su temperatura de ebullición (100 °C) y de esta forma asegurando la eliminación del agua en un 95%.

El rango de temperatura a usar en el congelamiento se encuentra entre los -20 °C y los -40 °C [24]. Las presiones de vacío se encuentran en un rango de bajo a ultra alto, en donde bajo es 1×10^3 y ultra alto es de 1×10^{-12} [25].

Haciendo una recopilación de lo mencionado anteriormente, se opta por realizar el secado a partir de un liofilizador. Su acondicionamiento se realizará en un congelador en donde se disminuirá la temperatura a -30 °C, a continuación, se ingresará al liofilizador en donde se trabaja a una presión alta de vacío de 0.025 pascales (Pa), debido a que en estas condiciones se garantiza la sublimación del agua en un 95%.

3.1.10 Solvente

El disolvente es un compuesto químico, el cual generalmente se encuentra en estado líquido, usado para extraer un material sin modificar o alterar su composición química. Su clasificación general se divide en los siguientes tres grupos [26]:

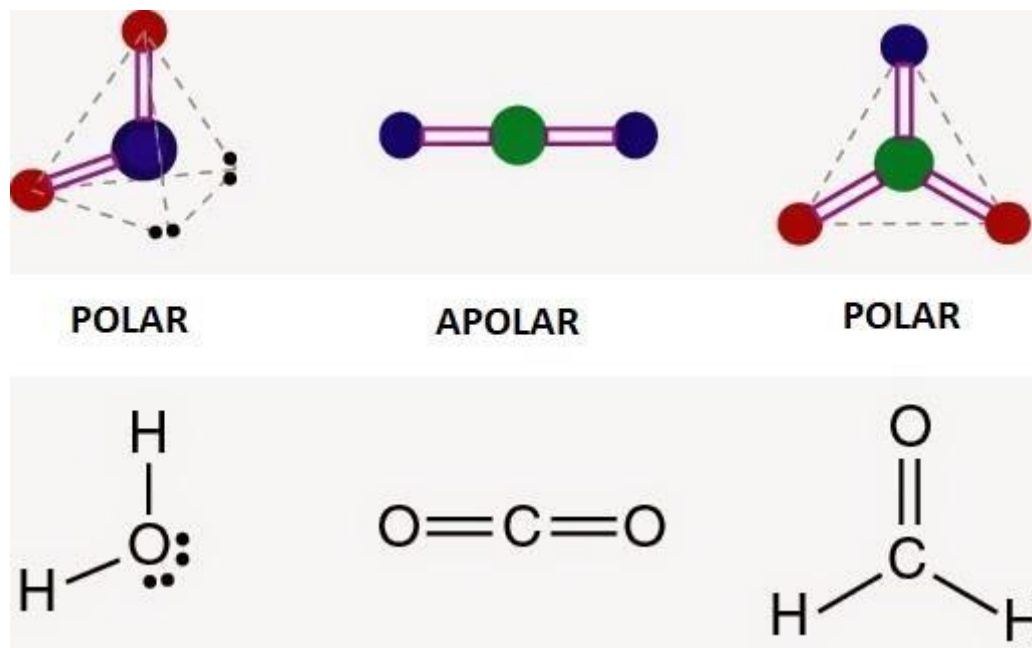
1. Solvente con alto grado de toxicidad, benceno.
2. Solvente con toxicidad inerte, metanol y hexano
3. Solvente destinado al consumo humano, disolvente autorizado

Adicional se pueden clasificar en polares o apolares,

- Polares, utilizados para disolver las sustancias polares, estas sustancias se caracterizan por tener una distribución no uniforme de cargas y es dipolo (posee dos polos) [27].
- Apolares, utilizados para disolver las sustancias apolares (no hidrosolubles), estas sustancias se caracterizan por tener una distribución uniforme de cargas [28].

Figura 17.

Ejemplo Estructura Polar y Apolar

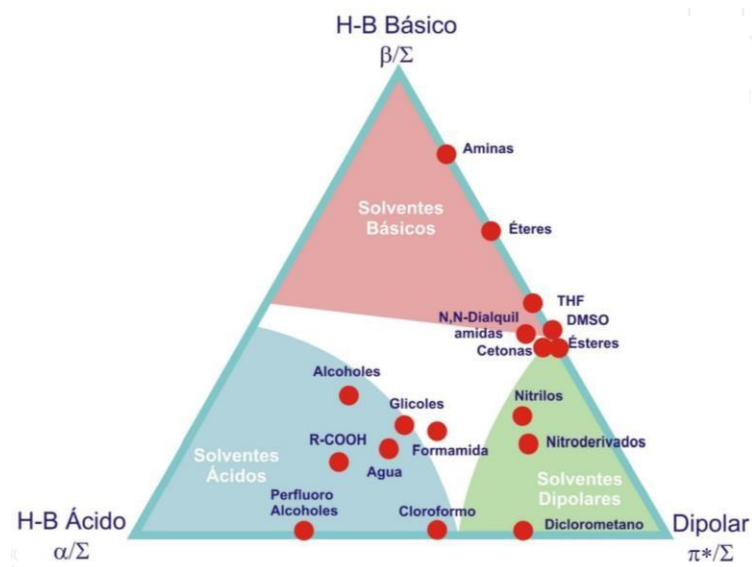


Nota. Estructuras polares y apolares (gráficos) Tomadas:
<https://www.liceoagb.es/quimiorg/covalente4.html>

Para la elección del disolvente se debe de tener presente que compuesto es el que se quiere extraer, la afinidad (solubilidad) que se tiene con todos los reactivos, la temperatura a la que se va a realizar el proceso, la volatilidad, la inflamabilidad y explosividad del solvente y el efecto que se espera de este mismo. Los solventes suelen ser en su gran mayoría compuestos orgánicos que se comportan de la siguiente manera:

Figura 18.

Tipos de solventes y su comportamiento



Nota. Comportamiento y azeótropos de los solventes para la extracción. Tomada de: curso FIDATEC

Para la extracción de cannabinoides usualmente se hace uso de los siguientes solventes:

Tabla 9.*Tipos de Solventes para la extracción de aceite de CBD.*

NOMBRE	CALIDAD DEL SOLVENTE	INFLAMABILIDAD	DISPONIBILIDAD	PUNTO EBULLICIÓN(°C)	CLAS E
CLOROFORMO	ALTA	ALTA	BAJA	61.2	2
ÉTER DE PETROLEO	ALTA	ALTA	BAJA	40-60 60-80	1
BENCENO	ALTA	ALTA	BAJA	80.1	1
ETANOL	MEDIA	MEDIA	ALTA	78.3	3
METANOL	MEDIA	MEDIA	ALTA	64.7	2
ISOPROPANOL	MEDIA	MEDIA	ALTA	55.6 – 55.8	3
CLORURO DE METILO	ALTA	NINGUNA	MEDIA	39.75	
HEXANO	ALTA	MEDIA	BAJA	69	2
BUTANO	ALTA	ALTA	ALTA	0.5	3
ACETONA	ALTA	ALTA	BAJA	56	3
NAFTA	ALTA	ALTA	MEDIA	36	

Nota. En la tabla se puede hacer una comparación de diferentes solventes utilizados generalmente en los procesos de extracción con el fin de elegir el más óptimo. Tomado de: Extracciones cannábicas / Javier Ruano / Jak de Sostoa

Para este proceso se hará uso del etanol extra neutro, es decir a una proporción del 96%. Se opta por este solvente debido a la afinidad que tiene con la materia prima, además es clasificado en el grupo 3 (solvente destinado al consumo humano, disolvente autorizado) y adicionalmente al ser extra neutro, su origen es vegetal (maíz, bagazo de caña, etc.), lo cual lo hace más apto en la industria cosmética. Actualmente se usa en industrias como LOREAL [29], NATURE REPUBLIC [30] y proactive [31]. Las propiedades de este etanol se encuentran en el anexo 3.

3.2 Métodos de extracción

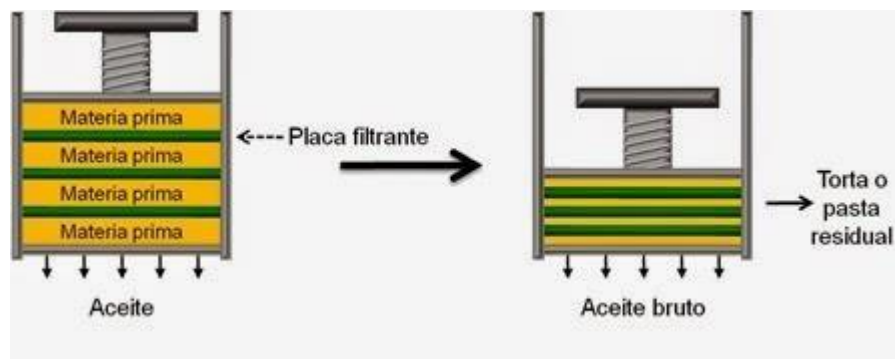
Existen tres grandes ramas referentes a los métodos de extracción, la extracción mecánica que se realiza por presión o incisiones, la destilación por arrastre de vapor y la extracción por covalentes que se divide en dos grandes subgrupos que son los métodos discontinuos (maceración, infusión, decocción) y el método continuo (percolación, soxhlet) [32].

3.2.1 Prensado

La materia prima se exprime de forma mecánica liberando de esta forma el aceite, seguido de esto se realiza una filtración para eliminar impurezas.

Figura 19.

Prensado del aceite.



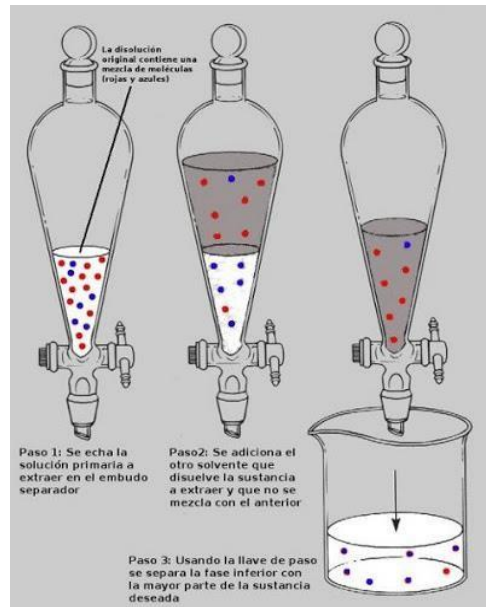
Nota: Se puede evidenciar el funcionamiento del método de extracción por prensado.
<http://elpequenoagroindustrial.blogspot.com/2014/07/extraccion-de-aceite-prensado.html>

3.2.2 Extracción con solventes volátiles

Previamente al proceso se debe realizar un secado a la planta y seguido de esto una molienda para poder dar inicio con el método, en donde la materia prima se pone en contacto con solventes (alcohol o cloroformo) y de esta forma los compuestos solubilizan el aceite esencial y a su vez extraen grasas y ceras. Este método es usado especialmente a nivel laboratorio debido a que manera industrial posee costos elevados [33].

Figura 20.

Extracción con solventes volátiles.



Nota. Se puede evidenciar el funcionamiento del método de extracción por solventes volátiles.

Tomado de:

<http://www.sabelotodo.org/quimica/extraccion.html>.

3.2.3 Enflorado

Se hace uso de un vehículo extractor (grasa) el cual se pone en contacto con la materia prima, generando de esta forma una mezcla de estos dos. Previamente se realiza una separación con métodos fisicoquímicos.

Figura 21.

Método de enflorado



Nota. Se puede evidenciar el funcionamiento del método de extracción por enflorado de la planta. Tomada de:

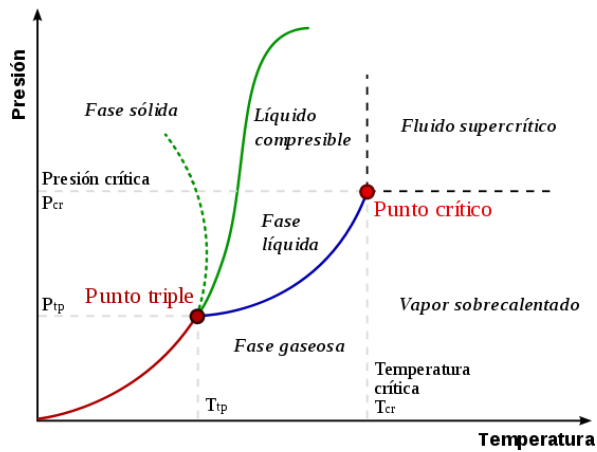
https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/45045/mod_resource/content/1/17%20Aceites%20esenciales.pdf

3.2.4 Extracción con fluidos supercríticos

Se denomina fluido supercrítico como aquel fluido que se encuentra en condiciones de presión y temperatura mayores su punto crítico, estos presentan propiedades intermedias entre un gas y un líquido [34], como se puede evidenciar en la siguiente gráfica:

Figura 22.

Comportamiento de fases en el punto crítico.



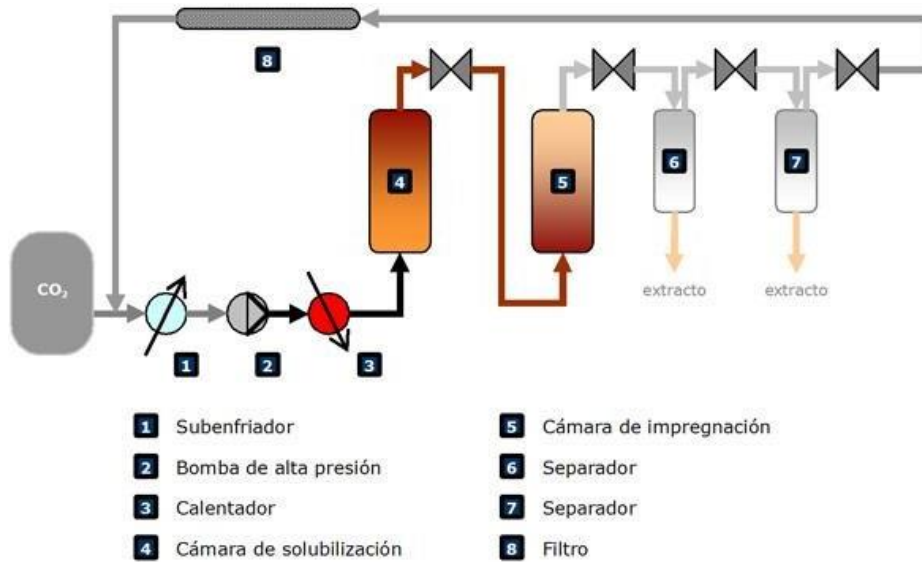
Nota. Se observa la gráfica del comportamiento de fases explicando el método de fluidos super críticos. Tomado de: <https://aprendecienciytecnologia.com/2018/03/14/que-son-los-fluidos-supercriticos/>

En términos termodinámicos y fisicoquímicos, el punto crítico es el límite que se encuentra para que el volumen de un líquido sea igual a la masa de un gas, es decir, que se encuentran en iguales densidades los dos estados. Este comportamiento favorece a la penetración de diferentes matrices y por ende a la solubilización de solutos.

Inicialmente la materia prima es cortada en pequeños trozos, es molida o licuada, y por último se empaqueta en una cámara de acero inoxidable la cual circula a través de un fluido en estado supercrítico (por ejemplo, CO_2) y obteniendo de esta manera una sustancia en donde su grado de pureza depende directamente de las condiciones utilizadas previamente en la extracción [35].

Figura 23.

Extracción con fluidos supercríticos.



Nota. Se observa el proceso de extracción por fluidos supercríticos para obtención de aceite. Tomada de: <https://www.interempresas.net/Textil/Articulos/98999-Aplicaciones-de-la-tecnologia-de-fluidos-supercriticos-en-el-sector-textil.html>

Como bien se sabe para que un fluido se encuentre de forma supercrítica, este debe de encontrarse en condiciones críticas, a continuación, las condiciones críticas de diferentes compuestos:

Tabla 10.*Condiciones críticas de los compuestos presentes en el proceso.*

	Tc °C	Pc (atm)	Pc (g cm-3)	δ (cal $\frac{1}{2}$ cm - 3/2)
Helio	-268	2.2	0.070	1.0
Hidrógeno	-240	12.8	0.031	2.6
Nitrógeno	-147	12.8	0.031	2.6
Xenón	16.6	57.6	1.113	6.1
Dióxido de carbono	31	72.9	0.466	7.5
Etano	32.2	48.2	0.203	5.8
Óxido nitroso	36.4	74.5	0.452	7.2
Hexafluoruro de azufre	45.5	37.1	0.738	5.5
Amoniaco	132.4	111.3	0.235	9.3
n-Butano	152	37.5	0.228	5.3
Dióxido de nitrógeno	158.3	100	0.271	11.0
n-Pentano	196.5	33.3	0.237	5.1
n-Hexano	234.2	29.3	0.233	4.9
Metanol	239.4	79.9	0.272	8.9
Acetonitrilo	274.8	47.7	0.253	6.3
Agua	374.1	217.6	0.322	13.5

Nota. Condiciones críticas de compuestos presentes en el proceso de extracción de aceite de Cannabis. Tomado de: Curso FIDATEC.

El dióxido de carbono (CO_2) es de gran valor como disolvente, además es una alternativa amplia en el caso de una serie de procesos de extracción, no es tóxico, es de alta disponibilidad y de bajo costo, no obstante, al momento de tratar con compuestos polares su relatividad es baja. Otros disolventes estudiados son el agua (H_2O) y el amoníaco (NH_3), la problemática de hacer uso del agua radica en que al encontrarse en estado crítico existe una limitación en la presión y en la

temperatura, mientras que el amoníaco posee una temperatura accesible, pero químicamente es muy reactivo [36].

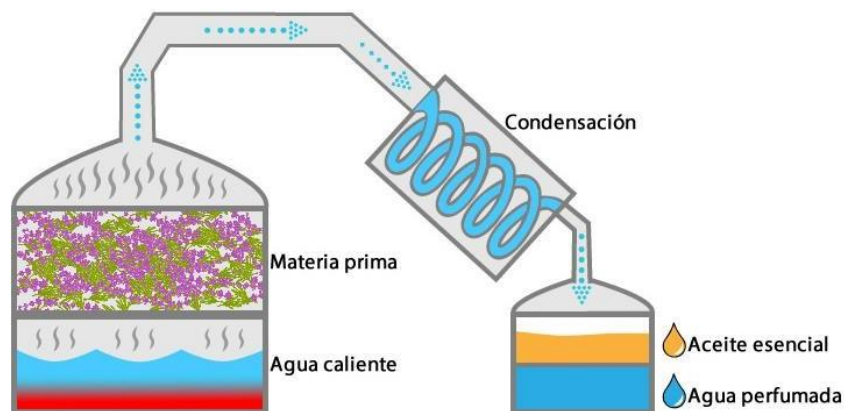
3.2.5 Destilación por arrastre de vapor de agua, hidrodestilación, hidro- fusión o hidro-extracción.

La materia prima es llevada a un hidro destilador y es empaquetada como un lecho fijo compacto. El vapor de agua es introducido mediante un distribuidor interno, cerca de su base y con la presión necesaria para superar la resistencia hidráulica del lecho, de esta forma se genera un contacto entre la materia prima y el vapor de agua generando así la liberación del aceite esencial y gracias a su volatilidad, se genera un “arrastre” de este hacia un condensador en donde enfría la mezcla a temperatura ambiente y obteniendo el aceite en un estado viscoso.

Cuando se hace uso de vapor saturado o sobrecalentado fuera del equipo principal se habla de una “destilación por arrastre de vapor”, cuando se utiliza vapor saturado y la materia prima posee contacto con el agua generadora del vapor se denomina “hidrodestilación”, cuando es vapor saturado y la materia prima tiene contacto con un reflujo condensado generado en el interior del destilador y se asume que el líquido es de un agente extractor se denomina “hidro extracción”. [37]

Figura 24.

Destilación por arrastre de vapor.



Nota. En la figura se evidencia en proceso de obtención de aceite por medio de arrastre de vapor. Tomado de: <https://www.perfume-man.com/destilacion-arrastre-vapor/>

En el proceso de la extracción en el cannabis usualmente se hace uso de la hidrodestilación para la extracción de los terpenos, la destilación por arrastre de vapor es usada para la extracción del aceite.

3.2.6 Extracción sólido-líquida estática

Para realizar esta extracción se debe de realizar un previo acondicionamiento, que es la molienda, que tiene como objetivo reducir el tamaño de la partícula y romper las células del cannabis. Para poder lograr esto se hace uso de un molino, por mecanismo de cortado (molino de cuchillas) o por mecanismo de trituración (molino de martillo o bolas).

En este proceso se obtiene un polvo refinado con un 99% de glándulas de resina y un perfil de terpenos casi intacto. El gran inconveniente de esta extracción es un rendimiento extremadamente bajo con respecto a la materia vegetal utilizada, es muy utilizado en la separación de analitos de muestras solidas [38].

Puede llevarse a cabo de forma estática o dinámica. En forma estática, la celda o cilindro de extracción es presurizado manteniendo cerrada la válvula de salida del reactor. Una vez la extracción es finalizada, la válvula es abierta permitiendo el paso del fluido utilizado con los compuestos extraídos del sistema. "La extracción estática permite una mayor penetración del fluido en los poros de la muestra, permitiendo alcanzar el equilibrio de reparto del analito entre la matriz y el fluido." [39]

3.2.7 Extracción por ultrasonido

Basada en la repetición de ciclos de baja y alta presión, es decir, la agitación de la muestra sumergida en el disolvente orgánico. Estos ciclos alternantes de baja y alta presión tienen una frecuencia de 20.000 veces por cada segundo de sonicación y generan intensas fuerzas de cizalla y corrientes en el líquido. Esta tensión extrema vence la selectividad de membrana, perforando y rompiendo la pared celular, lo que traduce en una alta transferencia de masa entre el interior celular y el solvente circundante.

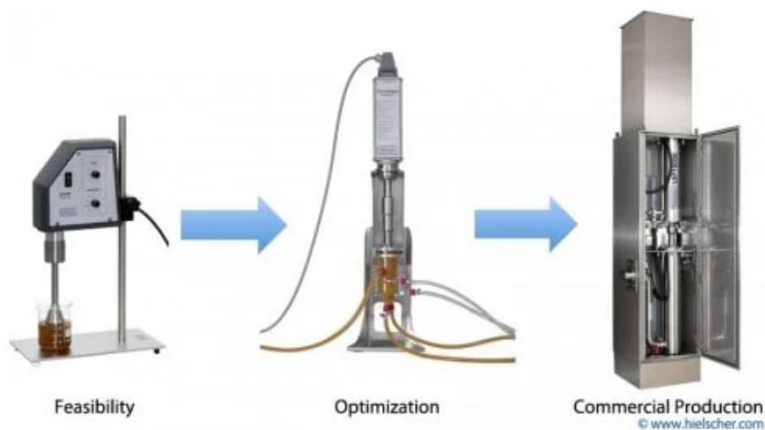
Gracias a la extracción ultrasónica, se pueden conseguir mayores rendimientos en un tiempo menor, el rango de tiempo se encuentra entre los 3 y 60 minutos. Y puesto que la extracción por ultrasonidos es un proceso reproducible, se pueden reproducir los resultados para estandarizar la

calidad del producto.

La extracción ultrasónica es un método no térmico (depende del equipo usado se puede tener un control de temperatura) y, por tanto, suave para evitar así la degradación de los compuestos activos extraídos. Puede combinarse fácilmente con presión, calor, condiciones de extracción supercrítica o el extractor Soxhlet para mejorar los resultados y/o adaptar su equipo de extracción a los requerimientos específicos [40].

Figura 25.

Extractores por ultrasonidos



Nota. Equipos que se utilizan para la técnica de extracción por ultrasonido. Tomado de: <https://www.hielscher.com/es/fast-simple-ultrasonic-cannabis-extraction.htm>

3.2.8 Extracción criogénica dinámica

Es un proceso dinámico de extracción de baja temperatura, pero de alta eficiencia, hace uso de una tecnología única de preprocesamiento de materias prima. A nivel celular el efecto del frío se representa en la estructura de la membrana, debido a que se genera un cambio de fase (líquido-gel), lo que ocasiona un cambio físico en la savia de la planta y repercutiendo en el movimiento de los lípidos dentro de la membrana plasmática. En esta fase gel, los lípidos se encuentran con menor energía cinética y con un menor movimiento lateral en la fase líquida, generando la extracción [41].

Figura 26.

Equipos de extracción criogénica dinámica.



Nota. Imagen de equipos y producción del método de extracción criogénica. Tomado de: Alibaba/equipos-extracción-criogénica

Realizando una recopilación de las 8 extracciones mencionadas anteriormente se procede a realizar una matriz de ruta química para las 3 extracciones que toman mayor relevancia según su tecnología y calidad de extracción (ultrasonido, fluidos supercríticos y sólido líquido), en donde se evalúan cinco aspectos fundamentales, como lo son los enunciados en la Tabla 11. Se realiza la evaluación con un rango de puntaje de 0 a 5, siendo 0 lo más bajo y 5 lo más alto.

Tabla 11.*Matriz de ruta química*

Parámetro/ Ruta	Extracción por ultrasonido	Extracción por fluidos supercríticos	Extracción sólido líquido
Financiero	4	4	5
Legal	3	4	3
Proceso	3	3	4
Seguridad	4	3	4
Ambiental	4	3	4
Total	18	17	20

Nota. Se muestran las tres rutas posibles en uno de los procesos críticos inmersos en la producción de CBD, junto con los puntajes con respecto a cada uno de los parámetros establecidos. Elaboración Propia.

Los métodos de extracción estudiados son unos de los más conocidos y empleados en la industria, inicialmente, se evalúa la extracción por agitación con ultrasonido, es uno de los métodos de lixiviación más usados, en el cual se emplean ondas de ultrasonido para agitar la muestra sumergida en el disolvente orgánico.

Por otro lado, la extracción con fluidos supercríticos, como su nombre lo dice, se emplea un disolvente en estado supercrítico, como amoníaco o dióxido de carbono, en donde este fluye a través del sólido y disuelve los componentes extraíbles. Por último, en la extracción tipo Soxhlet, se extraen los componentes solubles con un disolvente, regenerando el disolvente y empleando calor.

Con respecto al parámetro de proceso, la extracción con ultrasonido es un método con altos rendimientos y tasas de extracción, sin embargo, es necesario emplear limpiadores ultrasónicos, lo que implica un gasto económico adicional. En el caso de la extracción con fluidos super críticos implica un acondicionamiento del disolvente a las condiciones necesarias, necesitando una etapa de pretratamiento del material. Por el contrario, con el método de extracción sólido -líquido, al emplear calor, se favorece la solubilidad y se obtienen excelentes recuperaciones del disolvente,

generando así un ahorro económico.

Adicionalmente, en el aspecto ambiental, se debe tener en cuenta que en la extracción con fluidos supercríticos se emplea dióxido de carbono, lo que contamina no solo a la capa de ozono, sino también a la salud humana. Por el contrario, en los métodos de extracción sólido – líquido, como lo son por agitación con ultrasonido y sólido - líquido, se emplean solventes orgánicos. El aspecto de seguridad es analizado, teniendo en cuenta el tipo de solvente a emplear, en el caso de la extracción por fluidos supercríticos, es posible emplear agua, sin embargo, a condiciones supercríticas se limita su uso, por esta razón, se usa dióxido de carbono, el cual es una buena alternativa; sobre las precauciones de seguridad se debe vigilar constantemente el nivel de dióxido de carbono, mantener en un espacio ventilado, emplear equipos de respiración al entrar al área donde se encuentre contenido, pero especialmente tener una gran precaución respecto al manejo de las altas presiones que se usan en esta extracción.

Por otro lado, en la extracción sólido – líquido, se emplea etanol el cual puede ser empleado industrialmente y en cuanto a seguridad en su manejo se debe tener en cuenta que es inflamable y debe encontrarse herméticamente cerrado, igualmente es uno de los disolventes más usados en la extracción.

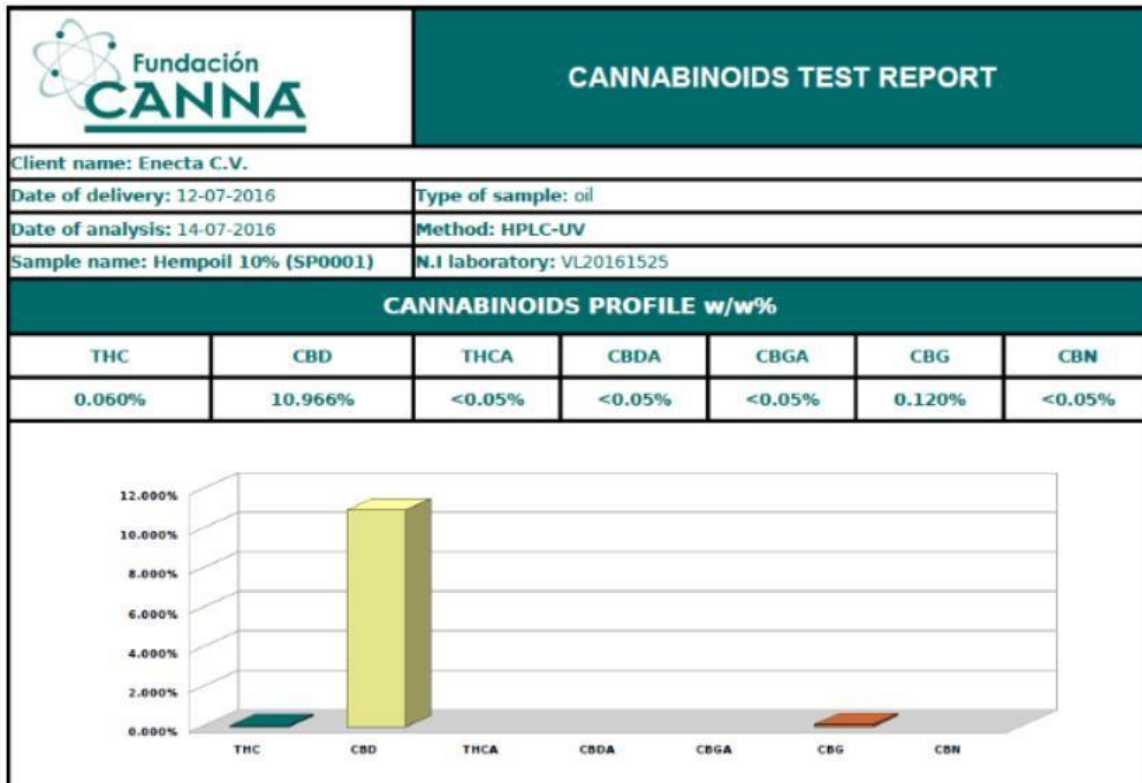
El aspecto financiero, es uno de los más importantes, ya que, en el caso del método de extracción con fluidos supercríticos, el equipo capaz de realizar el proceso tiene un costo de 150 millones de pesos, por el contrario, el equipo empleado para la extracción sólido - líquido, tiene un costo diario de 230 mil pesos. [42]

En conclusión, se especifica la ruta de proceso a realizar, la cual es una extracción sólido líquido por solvente, empleando etanol, haciendo posible identificar el proceso crítico de la producción, que permitirá obtener el producto objetivo con mayor efectividad.

A continuación, se muestra un ejemplo de ficha técnica (prueba por cromatografía) de un producto de CBD con el fin de contextualizar las pruebas y mostrar los perfiles de cannabinoides presentes que se pueden encontrar en el aceite:

Figura 27.

Perfiles de cannabinoides por cromatografía.



Nota. Resultados de calidad de una muestra de aceite de CBD por cromatografía. Tomado de: FUNDACIÓN CANNA.

Cabe resaltar que, la ficha técnica que se presenta a continuación es una representación de una fórmula magistral ya que se presenta como producto final consumible:

OIL
Producto Colombiano
THC <0.2%
CBD OIL

ACEITE DE CBD al 72%

Figura 28.

Especificaciones fisicoquímicas del aceite de CBD como producto.

ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS		
Parámetro	Especificación	Método
ASPECTO	Aceite, sin partículas extrañas	Organoléptico
COLOR	Transparente o característico a los componentes.	Organoléptico
OLOR	Característico a los componentes	Organoléptico
SABOR	Característico a los componentes o sabor	Organoléptico
SOLUBILIDAD EN AGUA	Insoluble	Método analítico de Solubilidad
SOLUBILIDAD EN ETANOL 96%	Insoluble	Método analítico de Solubilidad
pH	No aplica	N/A

Nota. Parámetros y especificaciones del aceite de CBD en el mercado.

Tomado de:

<https://b2bmarketplace.procolombia.co/sites/default/files/products/f.t-aceite-con-cbd-almost-virgin-se-x50ml.pdf>

4. DISEÑO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN

4.1 Descripción del proceso de obtención de aceite CBD

Es de vital importancia tener conocimiento del tratamiento de la planta y lo que favorece su tratamiento y extracción. Teniendo en cuenta que el mercado del Cannabis ha ido en aumento, han sido varias las tecnologías que han salido al mercado con el fin de obtener un extracto mucho más puro y métodos de acondicionamiento de la planta para sacar su máximo provecho. Se realizó la respectiva búsqueda y análisis de nuevas tecnologías en cuanto a extracción de Cannabis por solvente, determinando de esta manera el siguiente procedimiento:

Como es de saberse, inicialmente la flor de cannabis debe pasar por una etapa de acondicionamiento, en el cual se hará uso de un congelador ya que al manejar temperaturas bajas justo al momento de almacenar la flor seca para su proceso antes de la extracción permitirá conservar diferentes propiedades características de la flor y no permitirá que se oxide con la misma velocidad a como si se introdujera a temperatura ambiente. Luego, se requiere hacer el proceso de secado de la planta, es decir, una deshidratación. Para esto se decide realizar un proceso de liofilización, el cual es un método de secado que evita que la resina se oxide y conserva las propiedades organolépticas manejando presiones altas y temperaturas bajas para que se produzca sublimación y de esta manera retirar la humedad de la planta en altos porcentajes. A demás se puede liofilizar la marihuana y conservarla mucho tiempo sin que pierda sus característico color, aroma y sabor [43]. Se puede llegar a lograr un 95% de la humedad presente en la planta. Además, no se emplea calor lo que se traduce a un ahorro energético por este lado.

Como etapa siguiente, pasa por una trituración el cual se logrará reducir tamaño de partícula donde se utilizará un molino triturador. A continuación, el triturado de flor seca entra al proceso de extracción que se eligió en el capítulo anterior (solvente), en donde se emplea etanol, al ser este solvente polar será más hidro trópico, significa que querrá unirse a los componentes solubles en agua de la planta, la mayor parte de la extracción de componentes vegetales solubles en agua se puede eludir manteniendo temperaturas muy frías por debajo de -5 °F. La corriente

de salida del extractor contiene una corriente que trae solvente, CBD, lípidos, ceras o parafinas, clorofila, entre otros. Por esta razón es necesaria una etapa posterior de purificación, donde ocurre un proceso llamado Winterización.

Se llama winterización al proceso en el cual se eliminan las grasas solidas del aceite y clorofilas mediante enfriamiento debido a que generan turbidez y aumento de la viscosidad del aceite y son productos indeseados al querer obtener aceite de CBD como producto final.

En este proceso se hace uso de también etanol, pero en temperaturas bajo cero, en este caso entra al equipo de winterización a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ donde el equipo debe mantener una temperatura objetivo de -80°C . El otro reto en este proceso es conservar todo gélido a aquellas temperaturas a lo largo de 24 horas o más para que los indeseables se coagulen. Si este paso no se hace de manera correcta, la pureza de los cannabinoides va a ser menor y el destilado va a ser menos transparente, afectando el valor de su producto, lo cual los hace sencillos de filtrar con un filtro fino. Para evitar este tipo de inconvenientes, se implementa un procedimiento por rampas para manejar diferentes concentraciones del extracto para poder separar y controlar de mejor manera la obtención de grasas y ceras.

El filtrado normalmente es asistido por un vacío para ayudar a sacar la micela a través del filtro. La filtración también debe ocurrir rápidamente, ya que debe permanecer fría para asegurar que los lípidos y las ceras no se disuelvan nuevamente en la solución. No mantener las temperaturas bajo cero correctas hará que las ceras, lípidos y grasas no se separen, y la preparación para la winterización del aceite no se pueda completar de manera eficiente.

Algunos procesadores filtrarán varias veces para eliminar cualquier lípido y ceras en su destilado. Si bien esto es más fácil a pequeña escala, este tipo de proceso puede ser un cuello de botella en instalaciones a gran escala. Estos subproductos pueden tener utilidad en productos recreativos debido a su contenido de THC.

Ahora, se realiza la etapa de eliminación inicial del solvente. En este punto, una vez que se han eliminado los materiales no deseados más grandes, como ceras y lípidos, se hace la utilización de un evaporador elevando así la temperatura para eliminar la mayor parte del solvente etanol restante y realizar el proceso de descarboxilación del aceite, el cual es el proceso de eliminar el ácido carboxílico de los cannabinoides presentes en la biomasa cruda o en un extracto de cannabis. Para esto se hace la utilización de un evaporador el cual elevara las temperaturas lo

suficiente como para eliminar el disolvente residual sin quemar los valiosos cannabinoides y así mismo hacer la oxidación del CBDA y THCa para luego convertirse a CBD y THC con las características que los resaltan.

Aunque el tratamiento térmico del concentrado elimina la mayor parte del solvente, el concentrado de CBD restante todavía tiene trazas de solvente, y ahora es el momento de eliminar la última parte.

Lo que lleva a una purga final donde en un sistema de circuito cerrado, es decir, haciendo uso de una destilación flash, el solvente se recolecta y se recircula para que pueda usarse para lotes de extracción posteriores. Cabe resaltar que las presiones a usar son de 1,021 bares.

4.1.1 Subproductos

Se obtienen dos subproductos que son el grupo de las grasas y ceras y el grupo de la clorofila. El grupo de grasas y ceras son de origen vegetal, por lo que pueden ser procesadas y obtener productos como aceites vegetales, es decir que se establecerían en la industria alimenticia. Al igual que el grupo de las grasas vegetales, la clorofila se establece como un subproducto que tiene como fin ser utilizado en la industria alimenticia. La clorofila es empleada como un agente de color y en algunos casos de sabor, respecto al color, suples colorantes sintéticos (amarillo y azul), agregando de esta forma un valor al producto debido a que satisface el mercado de lo “natural” [44]

4.1.2 Equipos y variables del proceso

Las especificaciones de los equipos empleados a lo largo del proceso son los siguientes:

- Congelador

El congelador por usar es de tipo industrial con una longitud de 0.7 metros, 0.82 metros de ancho y 2.05 metros de alto, posee un rango de enfriamiento de -22 a -18 °C, el poder del compresor es de 750 W, un voltaje de 110 V y su sistema de congelamiento es de forma ventilada.

Figura 29.

*Congelador gn 550tb,
vertical.*



Nota. Equipo de extracción por solvente (ETANOL).

Tomado de:

<https://www.hibernaitaly.com.co/congelador-industrial-550/>

- Liofilizador

Cuenta con un dimensionamiento de 0.46 x 0.54 x 0.72 metros (largo, ancho y alto) y con un peso de 60 kilogramos. Su contenido incluye la bomba de vacío (evidenciar en la imagen) y 7 bandejas de acero inoxidable con medidas de 45.7 x 19 x 1.9 cm.

Figura 30.

*Liofilizador (freeze dry)
farmacéutico*



Nota: Equipo de extracción por solvente (ETANOL). Tomado de: <https://www.lahuertagrowshop.com/liofilizador-freeze-dry-farmaceutico-m.html>

- Molino triturador

Este sistema está equipado con un motor de velocidad variable, así como una variedad de tamices, lo que permite la optimización para la extracción, la preparación de productos listos a utilizar (“pre-rolled”) u otros ingredientes. El tamaño de partícula a la salida puede ajustarse y controlarse fácilmente y es reproducible independientemente del usuario.

Ofrece una alta velocidad de flujo de 0.5kg / minuto o más, dependiendo del contenido de humedad del material, el tamaño de las flores y la granulometría final requerida.

Figura 31.

*Molino triturador
pulverisette 19 para
cannabis*



Nota. Equipo de extracción por solvente (ETANOL).

Tomado de:

https://lavallab.com/es/products/molinos/molino-de-cuchillas-para-cannabis/#_

- Extractor

El XMOD es el equipo de extracción de cannabis, el cual trabaja con etanol. Tiene una capacidad de 100 litros o un rango de masa de 13 a 16 kilogramos respecto a la materia prima, para el solvente cuenta con una capacidad de 32 a 98 kilogramos. Su altura es de 2 metros, su longitud es de 5 metros y su ancho es de aproximadamente 1 metro.

Figura 32.

C-40e centrifugal extractor



Nota. Equipo de extracción por solvente (ETANOL). Tomado de: <https://precisionextraction.com/c-40-centrifuge-extractor/>

- Equipo de winterización

El diseño del ApolloXStill™ se enfoca especialmente en la winterización con soluciones de etanol. Tiene una longitud de 1 metro, su ancho es de 0.65 metros y su altura es de 1.07 metros. Para más especificaciones visualizar el anexo 4.

Figura 33.

Apolloxstill™, equipo de winterización



Nota. Equipo de extracción por solvente (ETANOL).

Tomada de: SOCIAL BIOMED.

<https://www.socalbiomed.com/by-application/cannabis/winterization/apolloxstill-industrial-winterization-filter-system.html>

- Filtro prensa

Posee una longitud de 1.9 metros, un ancho de 0.8 metros y una altura de 1.3 metros. Con un filtrado de hasta 3.600 litros por 8 horas.

Figura 34.

Press filter



Nota. Equipo de extracción por solvente (ETANOL). Fuente:

<https://precisionextraction.com/fp1-cannabis-filter-press/>

- Torre de destilación (flash)

Su longitud es de 2.18 metros, posee un ancho de 0.64 metros y una altura de 2 metros.

Figura 35.

Equipo de destilación



Nota. Equipo de extracción por solvente (ETANOL). Tomado de: PRECISIÓN EXTRACTION.

<https://precisionextraction.com/tg6-wiped-film-distillation-equipment/>

- Reactor Batch de calentamiento con chaqueta

Dimensiones 1,8 m x 4,2 m. Cuenta con una potencia de 11kW y una velocidad de rotación de 50RPM, cuenta con una capacidad de 5000L y una chaqueta de calentamiento para el proceso, su material es de acero al carbono.

Figura 36.

Reactor de calentamiento batch



Nota. Equipo de extracción por solvente (ETANOL). Fuente: <https://www.tradewheel.com/p/50001-jacketed-heating-chemical-industrial-batch-476945/>

- Decantador

Se hace uso de un decantador centrífugo, las dimensiones respecto a longitud y ancho en metros, corresponde a 1.9 y 0.45. Posee una velocidad de 4000 RPM, el motor principal requiere de una potencia eléctrica de 37 a 45 Kw y el motor interno entre 7.5 a 11 Kw. Su fabricación es de acero inoxidable.

Figura 37.

Decantador farmacéutico



Nota. Equipo de extracción por solvente (ETANOL). Tomado de: <https://www.gnseparation.com/separation-decanter-centrifuge>

- Intercambiador de calor de tubos y coraza.

Figura 38.

Intercambiador de calor tubos y coraza



Nota. Equipo de extracción por solvente (ETANOL). Tomado de: https://www.colmaquinas.com/?https://www_colmaquinas_com/intercambiadores/&gclid=CjwKCAiAp8iMBhAqEiwAJb94zxoyBmY5JNiMHLNxLFuGM85x5UX1g8S_a2E_TY33go-XEmud9OEv_hoCN9AQAxD_BwE

Teniendo en cuenta los equipos necesarios para el proceso de producción de CBD se deben considerar las variables manipuladas y de respuesta para el adecuado funcionamiento de estos.

Tabla 12.

Equipos y variables del proceso

Equipo	Código	Variables Manipulada	Variables de respuesta
Congelador	T – 101	Tensión de referencia al variador de velocidad	Temperatura final
Liofilizador	S - 101	Temperatura Flujo de entrada	Humedad del producto
Molino de bolas	Mo - 101	Potencia del motor Flujo de entrada	Velocidad de salida
Tanque de agitación	M-102	Velocidad de agitación Control de nivel Tiempo de retención Flujo de entrada	Temperatura final Conversión
Torre de destilación	T-102	Flujo de entrada Temperatura Inicial	Flujo de salida Conversión Temperatura final

Intercambiador de calor	E-101	Flujo de entrada de la corriente de agua de enfriamiento	Temperatura de salida de la corriente de agua de enfriamiento
Flujo de entrada de la corriente de la MP			Temperatura de salida de la corriente de MP. Fase de la corriente de agua de enfriamiento

Nota. Esta tabla permite analizar las diferentes variables que se encontrarán en el proceso para un mejor manejo de la información y desarrollo del proceso de extracción. Elaboración Propia.

Balance de masa

Para realizar el balance de masa, se hace uso de los siguientes ítems:

1. Por hectárea de cultivo se producen 2000 kilogramos de flor.
2. Por medio de la liofilización se eliminan el 95% de agua y el 60% de los terpenos.
3. Se emplea como solvente 1L de alcohol por cada 5kg de planta seca.
5. Por cada gramo de extracto se emplean 10 ml de etanol frío en el proceso de winterización.
6. En la purificación se separa al 100 % la clorofila y las ceras del extracto.
7. En la etapa de reacción se separa al 100 % el etanol del extracto.
8. En la etapa de separación se separa por completo el THC del CBD.

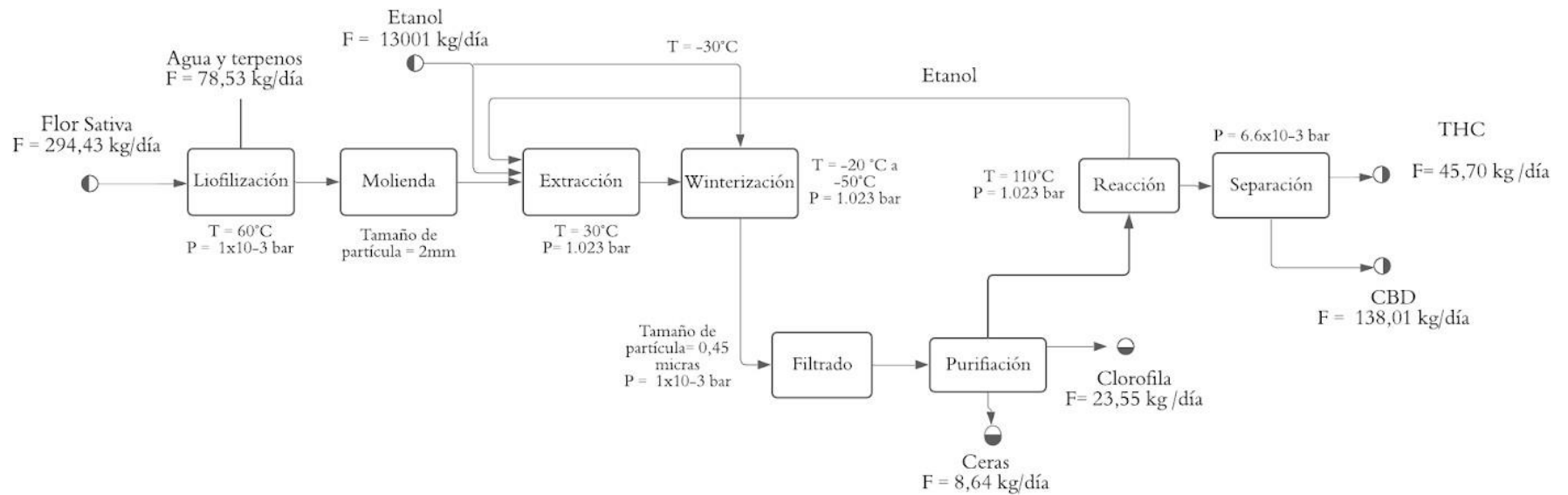
Como se puede evidenciar en el PFD se generan cuatro corrientes de salida, las cuales no contienen el componente principal (CBD). La corriente 21 contiene una gran cantidad de

solvente, la cual es recirculada al proceso de extracción. En la corriente 17 se encuentra el subproducto de la clorofila y en la corriente 18 el segundo subproducto que son las ceras, estos son tomados como dos subproductos. La clorofila se puede usar en la industria de alimentos como agente de color y sabor, mientras que las ceras se pueden usar en la industria textil más específicamente en las telas y el cuero. Adicionalmente se tiene el material vegetal obtenido como residuo de la extracción, este puede emplearse como compostaje, se resalta que debe tener un pretratamiento en donde se asegure que no contenga etanol.

4.2 Diagrama de bloque (BFD)

Figura 39.

Diagrama de bloques del proceso de obtención de CBD.

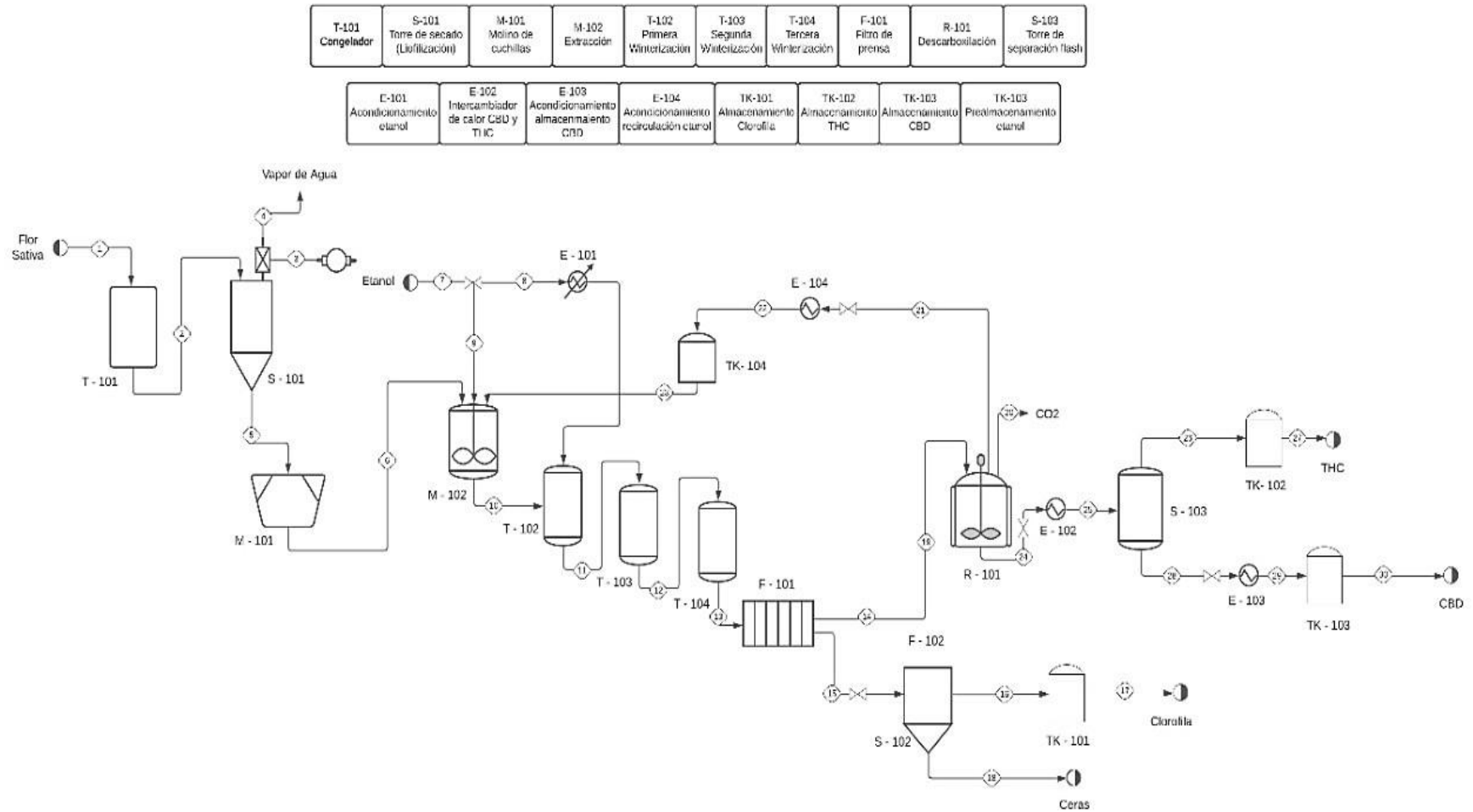


Nota. Se muestra el proceso en diagrama BFD de obtención de aceite de CBD.

4.3 Diagrama de flujo de procesos (PFD)

Figura 40.

Diagrama de procesos PFD obtención de aceite de CBD



Nota. Se muestra el proceso industrial de obtención de aceite de CBD.

4.4 Balance de masa por corrientes

Tabla 13.

Balance de masa por composición de las corrientes y sustancias.

Fuente: Elaboración propia.

Corriente	1	2	3	4	5	6	7
CBDa	0,35	0,35	0	0	0,48	0,48	0
THCa	0,1	0,1	0	0	0,14	0,14	0
TERP (ALFAPINENO)	0,08	0,08	0	0	0,06	0,06	0
TERP (LIMONENO)	0,08	0,08	0	0	0,06	0,06	0
TERP(CARIOFILEN)	0,08	0,08	0	0	0,06	0,06	0
CLOROF(FITOL)	0,04	0,04	0	0	0,05	0,05	0
MAGNESIO	0,04	0,04	0	0	0,05	0,05	0
CERAS	0,1	0,1	0	0	0,04	0,04	0
AGUA	0,13	0,13	0	1	0,05	0,05	0
ETANOL	0	0	0	0	0	0	1
ETANOL FRÍO	0	0	0	0	0	0	0
CBD	0	0	0	0	0	0	0

THC	0	0	0	0	0	0	0
DIÓXIDO DE CARBONO	0	0	0	0	0	0	0

8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0,20	0,02	0,02	0,02	0,02	0
0	0	0,06	0,01	0,01	0,01	6,48E-03	0
0	0	0,03	2,90E-03	2,90E-03	2,90E-03	2,91E-03	0
0	0	0,03	2,90E-03	2,90E-03	2,90E-03	2,91E-03	0
0	0	0,03	2,90E-03	2,90E-03	2,90E-03	2,91E-03	0
0	0	0,02	2,59E-03	2,59E-03	2,59E-03	2,59E-03	0,25
0	0	0,02	2,59E-03	2,59E-03	2,59E-03	2,59E-03	0,25
0	0	0,02	1,90E-03	1,90E-03	1,90E-03	0	0,5
0	0	0,02	2,56E-03	2,56E-03	2,56E-03	2,56E-03	0
1	1	0,58	0,07	0,07	0,07	0,07	0
0	0	0	0,89	0,89	0,89	0,89	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

16	17	18	19	20	21	22	23
0	0	0	0,02	0	0	0	0
0	0	0	6,48E-03	0	0	0	0
0	0	0	2,91E-03	0	0	0	0
0	0	0	2,91E-03	0	0	0	0
0	0	0	2,91E-03	0	0	0	0
0,5	0,5	0	2,59E-03	0	0	0	0
0,5	0,5	0	2,59E-03	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	2,56E-03	0	0	0	0
0	0	0	0,07	0	1	1	1
0	0	0	0,89	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0

24	25	26	27	28	29	30
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0,10	0,10	0,42	0,42	0	0	0
0,10	0,10	0,00	0	0,14	0,14	0,14
0,10	0,10	0,00	0	0,14	0,14	0,14
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0,54	0,54	0	0	0,72	0,72	0,72
0,15	0,15	0,58	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Nota. El balance de materia permitirá saber la cantidad de materia prima que entra y saldrá del proceso de extracción.

5. ESTUDIO DE MERCADO Y ANÁLISIS FINANCIERO

5.1 Estudio de mercado

En el presente análisis que se expondrá, permitirá conocer la viabilidad económica del proyecto presentando las respectivas estimaciones de costos de equipos, estudios de mercado con el fin de obtener información sobre el estado actual del mercado e industria del Cannabis Medicinal determinando su grado de rentabilidad.

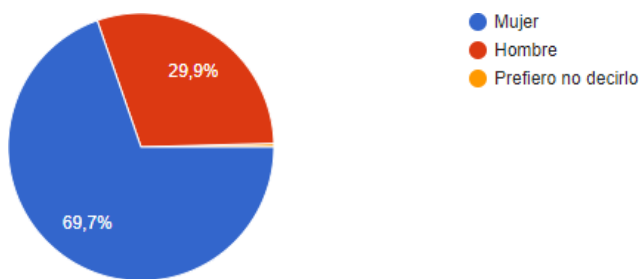
Inicialmente, se elaboraron propuestas de producto en industrias específicas las cuales son: Deportiva, Cosmética y Medicinal. Con ayuda de un estudio de mercado y encuestas se determinó la industria más conveniente.

Se realizó una encuesta enfocada en población colombiana donde se obtuvieron 234 respuestas a las siguientes preguntas.

SELECCIONAR GÉNERO:

Figura 41.

Proporción de género en la encuesta

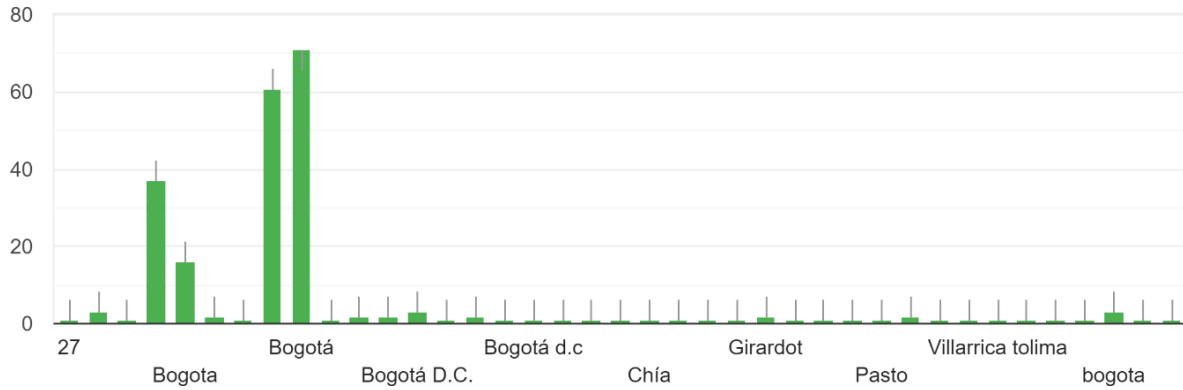


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

CIUDAD:

Figura 42.

Proporción de ciudad en la encuesta

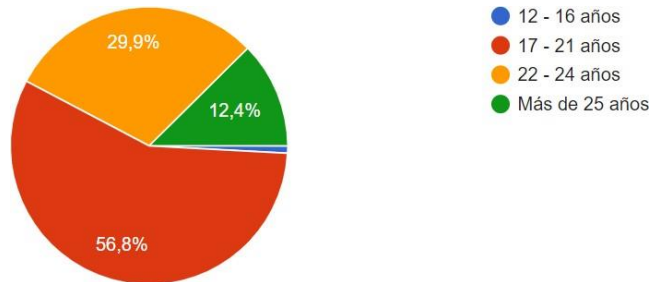


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

RANGO DE EDAD:

Figura 43.

Proporción de edad en la encuesta

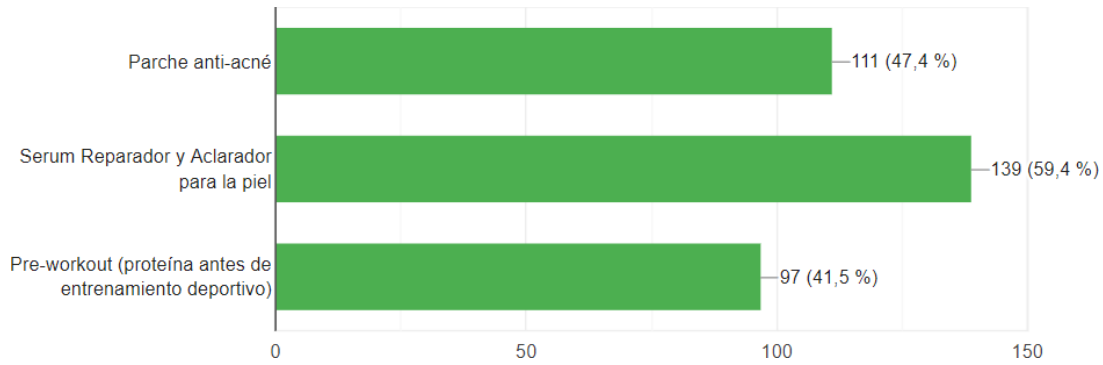


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

¿CUÁL DE LOS SIGUIENTES PRODUCTOS LE LLAMA MÁS LA ATENCIÓN?

Figura 44.

Proporción de preferencia de producto en la encuesta

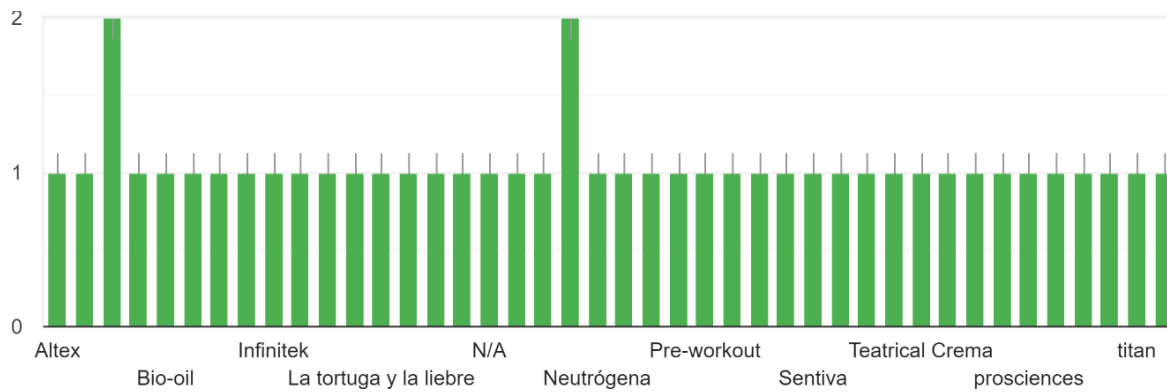


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

DEL PRODUCTO SELECCIONADO, ¿CUÁL ES SU MARCA FAVORITA?

Figura 45.

Proporción de marca favorita según el producto seleccionado en la encuesta

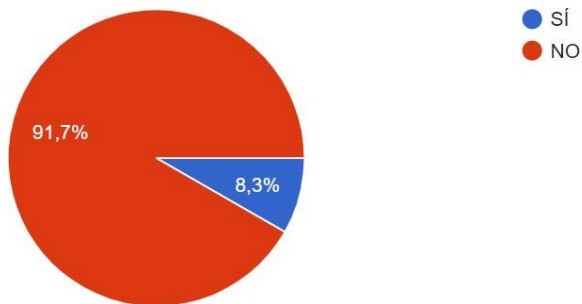


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

SI SU RESPUESTA FUE PARCHES ANTI-ACNE, ¿CONSIDERA QUE TIENE ACNE SEVERO?

Figura 46.

Proporción de población que tiene acné severo en la encuesta

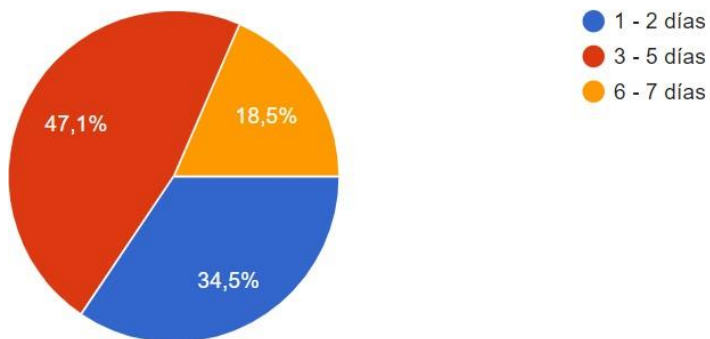


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

SI SU RESPUESTA ANTERIOR FUE PROTEÍNA, ¿CUÁNTOS DÍAS HACE ACTIVIDAD FÍSICA SEMANALMENTE?

Figura 47.

Proporción de actividad física de la población en la encuesta

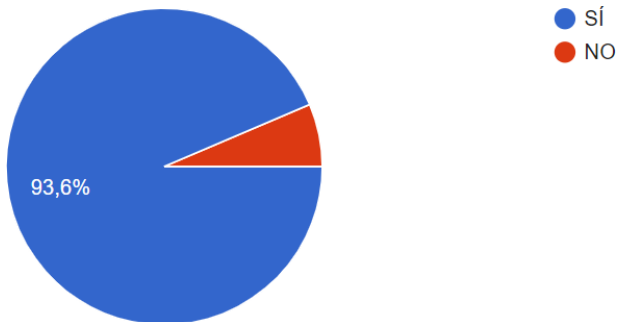


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

A PARTIR DEL PRODUCTO SELECCIONADO, ¿ESTARÍA DISPUESTO(A) A CONSUMIR ESTE PRODUCTO A BASE DE CANNABIS? (PRINCIPALMENTE CBD, COMPUESTO NO PSICOACTIVO)

Figura 48.

Proporción de la población dispuesta a consumir productos de CBD en la encuesta

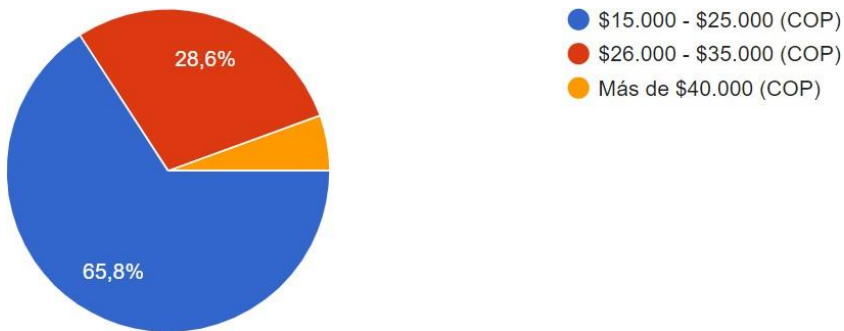


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

¿CUÁNTO ESTARÍA DISPUESTO A PAGAR POR PARCHES ANTI-ACNÉ A BASE DE EXTRACTO DE CBD?

Figura 49.

Proporción de cuanto la población pagaría por el parche antiacné de CBD en la encuesta

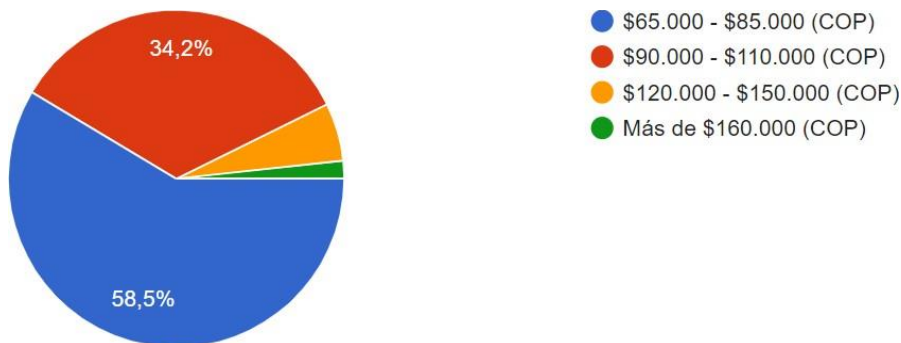


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

¿CUÁNTO ESTÁS DISPUESTO A PAGAR POR EL SERUM FACIAL A BASE DE ACEITE DE CBD? (DE ALTA PUREZA) ¿JUNTO OTROS COMPONENTES RELACIONADOS CON EL CUIDADO DE LA PIEL, RELACIONANDO CALIDAD-PRECIO?

Figura 50.

Proporción de cuanto la población pagaría por el serum facial de CBD en la encuesta

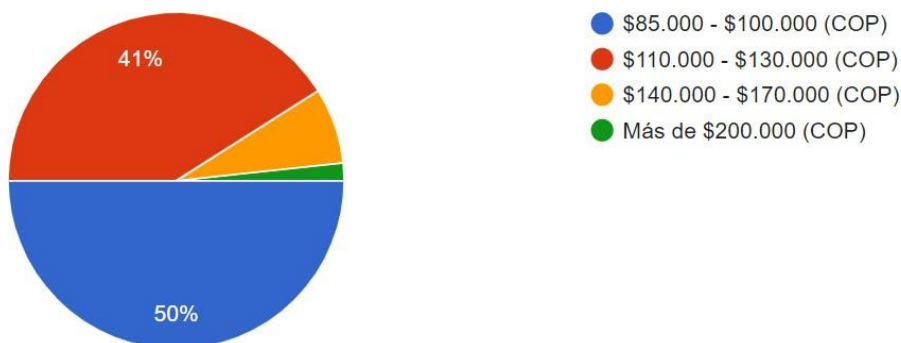


Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

¿CUÁNTO ESTÁS DISPUESTO A PAGAR POR LA PROTEÍNA PRE-WORKOUT A BASE DE EXTRACTO DE CBD, RELACIONANDO CALIDAD-PRECIO?

Figura 51.

Proporción de cuanto la población pagaría por el pre-workout de CBD en la encuesta



Nota. Imagen del resultado de encuesta de producto. Elaboración propia

Según las respuestas obtenidas en la encuesta, se observa que el mayor puntaje fue el producto

cosmético, serum facial, debido a que los participantes de la encuesta consideran que no hay un consumo directo, poseen más información respecto a las propiedades antiinflamatorias y antioxidantes del CBD. De acuerdo con lo anterior se procede a realizar un estudio de mercado que nos permita identificar diferentes aspectos y oportunidades en cuanto al desarrollo del producto.

SERUM REPARADOR Y ACLARADOR PARA LA PIEL A BASE DE EXTRACTO DE CBD DE SEMILLA DE CÁÑAMO

Elaborar una propuesta de producto para el mercado cosmético, un producto innovador que cumple la función de reparar y aclarar la piel (específicamente la del rostro) mediante el componente principal que es el CBD, el cual será extraído de la semilla de cáñamo.

NATURALEZA DEL ESTUDIO DE MERCADO

Gracias a los componentes que posee este producto, no existe una restricción con respecto, a que edad se debe empezar a implementar, ya que en cualquier de los casos su efecto es el mismo, de igual forma según la bibliografía la gran mayoría de consumidores lo emplean desde los 20 años. Por este motivo en el siguiente estudio se busca llegar a una población tanto de hombres como mujeres entre el rango de edad de 10-100 años.

Según el DANE para el 2021 contamos con una población de 51'049.498 millones de personas en Colombia, en donde se encuentra un 84.56% (siendo un 40.91% masculino y 43.64% femenino) cumple con las características mencionadas anteriormente. Es decir que se tiene una muestra de: 43.169.534, con una población específica de 20'886.612 masculina y 22'282.922 femenina.

IDENTIFICACIÓN DE BIENES O SERVICIOS

Teniendo en cuenta que el producto a elaborar es de uso personal, de la industria cosmética, es decir, no se está brindando un servicio debido a que nuestro producto es tangible. Por ende, se determina que es un bien material.

USOS

El serum provee una cantidad alta de componentes que favorece a la piel. A continuación, los usos que tienen si este es aplicado en la piel de la cara [45]:

- Anti-manchas
- Hidratante
- Protege la piel de radicales libres, el sol, la contaminación y factores que también envejecen
- Combate la flacidez, arrugas, luminosidad y manchas de la piel.
- Previene las arrugas
- Disminuye imperfecciones severas
- Exfolia y regenera
- Antioxidante

USUARIOS

Como se mencionó anteriormente el serum posee una gama amplia de usuarios, pero específicamente será comprado por la población mayor de edad (18 años). No obstante, se recuerda que se puede hacer uso de este desde los 10 años. Además que se puede aplicar para cualquier tipo de piel, sin importar que sea seca o grasa.

FUNCIONAMIENTO DE LOS MERCADOSMERCADO

El mercado de América del Norte representa una participación importante en términos de ingresos y se espera que mantenga su dominio durante el período de pronóstico, debido a la alta demanda de suero facial y los altos ingresos disponibles en países de la región como Estados Unidos y Canadá.

Se anticipa que el mercado en Asia Pacífico será testigo del mayor crecimiento en términos de CAGR durante el período de pronóstico. La creciente demanda interna de suero facial de países emergentes como India y China es un factor clave que impulsa el crecimiento del mercado

objetivo en la región de Asia Pacífico. Se espera que el mercado en Europa, América Latina y Oriente Medio y África experimente un crecimiento lucrativo en términos de ingresos, debido a la mayor conciencia sobre los múltiples beneficios de los productos de suero facial en los países de estas regiones. (MarketResearch)

ÁREA DE MERCADO

Se tiene como meta/objetivo, que a largo plazo se obtenga un mercado internacional. No obstante, para lograr esto primero se debe de establecer un objetivo/meta a mediano/corto plazo que será una distribución a nivel nacional (Colombia). Según el DANE para este año se tiene una población de 51' 049.498 personas. Con una tasa de crecimiento promedio del 2%.

LA SEGMENTACIÓN DEL MERCADO

Demográfico

En donde se encuentra a la población con los siguientes aspectos:

- Ingresos

Actualmente el salario mínimo (incluyendo auxilio de transporte) en Colombia, está en \$1.014.980 (COP)

Una desventaja que posee este producto es que, debido al precio de venta establecido, las personas que quieran adquirirlo deben poseer ingresos medios/altos para consumirlo.

- Edad:

Se segmenta la población en tres grupos de edades:

-0-9 años: 4.025.619 hombres y 3.854.345 mujeres, para un total de 7.879.964 personas.

-10-49 años: 15.407.537 hombres y 15.417.332 mujeres, para un total de 30.824.869 personas.

-50-100 años: 5.479.075 hombres y 6.865.590 mujeres, para un total de 12.344.665 personas.

- Género:

Masculino: 24'912.231 personas (48.8%) Femenino: 26'137.267 personas (51.2%)

PRECIO

Actualmente en Colombia existe un rango de precio del serum de \$30.000 - \$2.000.000 (COP). De igual manera se estableció un rango de precios en la encuesta que va desde \$65.000 - Más de \$160.000 (COP), debido a que este es el rango de precio al cual queremos sacar al mercado el serum.

OFERTA

Actualmente se encuentra frente a una oferta competitiva o de mercado libre en donde existe una gran cantidad de productores del mismo producto, que en este caso es el serum reparador y aclarador para la piel.

CONSUMO

Según Cámara de la industria Cosmética y Aseo - ANDI, 2017, Colombia es el quinto mercado de cosméticos y artículos de aseo en Latinoamérica. Para el año 2019 las colombianas gastaban trimestralmente \$300.000 (COP) en productos de maquillaje y belleza, es decir, alrededor de 1,2 millones al año.

DEMANDA

La creciente demanda de suero facial entre las personas debido a la aparición cada vez mayor de diversos problemas relacionados con la piel, como arrugas faciales, envejecimiento y acné, es un factor clave que se espera que impulse el crecimiento del mercado mundial de sueros faciales durante el período de pronóstico. Además, el aumento del uso del suero facial para tratar diversas enfermedades de la piel como el acné o las espinillas y las imperfecciones y la creciente preocupación por la apariencia física entre las personas en todo el mundo son factores importantes que se espera que impulsen el crecimiento del mercado objetivo durante el período de pronóstico. (MarketResearch).

ANÁLISIS DE LA DEMANDA

El mercado Suero Facial ha sido testigo de un impacto negativo y ha afectado el crecimiento debido a la pandemia de COVID-19. Según Marketresearch.biz investigación de mercado centrada en pandemias, el crecimiento del mercado disminuyó en 2020 en comparación con 2019. Pero ahora el escenario está cambiando a medida que las organizaciones de todo el mundo están aplanando gradualmente su curva recesiva aprovechando la tecnología. Muchas empresas pasarán por fases de respuesta, recuperación y renovación. La creación de resiliencia empresarial y la habilitación de la agilidad ayudarán a las organizaciones a salir de la crisis de la COVID-19 hacia la próxima normalidad. (Sportlepsia,2021)

CONSUMO APARENTE

Para el año 2016 se obtuvo un comercio en exportaciones que significó 1'582.000.000 (COP), obteniendo un decrecimiento del 13%, en comparación del año 2015. Al igual las importaciones disminuyeron obteniendo un valor significativo de 2'679.000.000 (COP). [46]

Calculando el consumo aparente de la siguiente manera:

$$DEMANDA\ CNA = Producción\ nacional + Importaciones - Exportaciones$$

$$CNA = 9'479.000.000 + 2'679.000.000 - 1'582.000.000$$

$$CNA = \$10'846.000.000 (COP)$$

CONSUMO PER-CÁPITA

Lo que hace referencia que el consumo anual por un colombiano en el sector cosmético para el año 2016 fue de \$222.491 (COP).[47] Cálculo realizado a continuación:

$$Consumo\ per - \acute{c}apita = \frac{Consumo\ aparente}{Poblaci3n\ anual}$$

$$Consumo\ per - \acute{c}apita = \frac{\$10'846.000.000}{48.748.000\ personas}$$

$$Consumo\ per - \acute{c}apita = \$ 222.491 \frac{COP}{Persona}$$

No obstante, para el año 2019 según la editorial el portafolio las colombianas gastaban trimestralmente \$300.000 (COP) en productos de maquillaje y belleza, es decir, alrededor de 1,2 millones al año.

COMERCIALIZACIÓN DEL PRODUCTO

Sobre la base del canal de distribución, se espera que el segmento de tiendas especializadas domine el mercado objetivo, debido a la alta disponibilidad de una amplia gama de productos para el cuidado de la piel y la amplia presencia de tiendas especializadas en todo Colombia. Además de que se impulsará a partir de marketing digital, iniciando en la realización de campañas y ventas desde redes sociales.

5.2 Análisis financiero

INVERSIÓN PRE-OPERATIVA

La inversión necesaria para un proyecto es un parámetro importante que establecer, debido a que después se verificará si la ganancia viable justifica realizar la inversión.

Donde en un proyecto, la inversión está compuesto por:

1. Inversión de capital fijo:

Es el dinero que se destinará a costos de producción y equipamiento de la planta.

a. Activos Tangibles

- i. Costo Base de Equipos
- ii. Costo Equipos Auxiliares e Instalaciones
- iii. Costo Terreno

b. Activos Intangibles

- i. Gastos de Ingeniería y de Campo

2. Inversión Capital de Trabajo: Es el dinero que se destinará a inventarios de materia

prima y deproducto final.

Tabla 14.

Estimación costos base de equipos

<i>Equipo</i>	<i>Costo (COP)</i>
Congelador	\$ 8.384.000
Liofilizador	\$ 18.793.091
Molino	\$ 50.005.270
Extractor	\$ 124.249.600
Equipo de Winterización	\$ 34.906.372
Filtro prensa	\$ 23.660.000
Evaporador	\$ 21.674.952
Decantador	\$ 69.919.200
Torre flash	\$ 23.306.400
Intercambiadores de calor tubos y coraza	\$ 38.880.000
Bomba de vacío	\$ 7.080.500
TOTAL	\$420.859.385

Nota. Estimación costos del proceso para analizar si es viable realizar este tipo de extracciones.

DETERMINACIÓN COSTO TERRENO (CTE)

El valor por hectárea en un cultivo de Cannabis en Guaduas, Cundinamarca es: \$150,000.000. Se hace uso de 4 hectáreas para el proceso.

DETERMINACIÓN INVERSIÓN CAPITAL FIJO

$$ICF = f \times CB + CTe$$

$CB = \text{Costo Base}$

$CTe = \text{Costo Terreno}$

$f = \text{este factor depende del tipo de planta.}$

$$ICF = (4.3 \times 420.859.385) + (4 \times 150.000.000)$$

$$ICF = 2.559.693.356$$

En este caso, nuestra planta procesa fluidos y sólidos, por ende, obtenemos un resultado de: \$2.559.695.356 (COP).

Tabla 15.

Costos Materia Prima.

Materia Prima	Cantidad	Costo
Flor seca (Cannabis)	1 Ha	\$128.000.000
Etanol	100 L	\$1.100.000
TOTAL		\$129.100.000

Nota. Estimación costos de materia prima utilizada en el proceso.

La producción de hoja seca (libre de humedad) por hectárea se estima en 1.600 kilos, con un porcentaje de humedad del 20%. El valor de la cosecha se estima en 16,2 millones de pesos.

Para determinar la factibilidad del proceso, se hará uso del indicador costo-beneficio, en este se relaciona directamente como lo dice su nombre con el costo y el beneficio de un proyecto. Se realiza a partir de la siguiente ecuación:

$$C/B = \frac{\text{ingresos totales netos}}{\text{costos totales}}$$

A partir de esta relación se establece que, si el resultado es mayor a uno, los beneficios son mayores que los costos, siendo así el proyecto es viable. Si es igual a uno, los costos y los beneficios son iguales, por ende, no se generará ningún tipo de ganancia. Si el resultado es menor a uno, el proyecto no es viable debido a que los costos superan a los beneficios.

Se realiza el respectivo calculo teniendo en cuenta que los ingresos totales netos corresponden a el consumo aparente el cual en pesos colombianos corresponde a \$10´846.000.000 (valor obtenido anteriormente), y los costos totales corresponde a la inversión de capital fijo, en donde se tiene en cuenta los costos de los equipos y el terreno a usar, este valor es de \$2.559.695.356. A continuación, se procede a realizar el respectivo calculo:

$$C/B = 10.846.000.000 / 2.559.695.356$$

$$C/B = 4.23$$

Como se puede evidenciar el resultado obtenido es mayor que uno, lo que hace referencia a que el proceso de extracción del CBD es viable.

6. CONCLUSIONES

En el fitomejoramiento (optimización del cultivo) se manejan las variables de temperatura, fotoperiodo, agua y el modo de siembra. Al tener los mejores datos para estos parámetros, se obtiene una facilidad al extraer, así como una excelente calidad del aceite de CBD.

La extracción solida-líquida es la óptima para el proceso, esto se establece a partir de la matriz de ruta química, debido a que se realiza una comparación entre los demás métodos de extracción y se evalúan cinco parámetros muy importantes y relevantes a la hora de tomar decisiones, como lo son: el ámbito financiero, legal, proceso, seguridad y ambiental.

Hacer uso del etanol desnaturalizado (proporción del 96%) como disolvente, facilita la extracción, gracias a la afinidad que tiene con el cannabis. Se encuentra en la clasificación de un solvente apto para el consumo humano, proporcionando de esta manera un producto confiable para la industria cosmética. Adicionalmente es un solvente de bajo costo, lo cual es favorece mucho al proceso.

El diseño realizado para el proceso de obtención de CBD para la industria cosmética es el más óptimo debido a que se establecen diversos procesos (previa y posteriormente) a la extracción que garantizan un producto de calidad y apto para el consumo humano.

Se obtiene una relación de costo – beneficio mayor a 1 (exactamente de 4.3), lo que indica que realizar este proceso es viable, debido a que se obtendrá una ganancia.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Esther Ángeles López, F. B. (27 de marzo de 2015). *Scielo*. Obtenido de Cannabis sativa L., una planta singular: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952014000400004
- [2] Ramírez, J. M., Naranjo L., J. D., & Torres, A. (2019, diciembre). La industria del cannabis medicinal en colombia. fedesarrollo. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3823/Repor_Diciembre_2019_Ram%c3%adrez.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- [3] Van der Werf, Hayo & Van Geel, Willem & Wijnhuizen, M. (1995). Agronomic research on hemp (Cannabis sativa L.) in the Netherlands, 1987-1993. *Journal of the International Hemp Association*. 2. 14-17.
- [4] Alicia. (diciembre de 2019). Grow with Jane. Obtenido de <https://growwithjane.com/es/determinar-sexo-planta-cannabis-macho-hembra-herma/>
H. Colmenero, B. González, Identificación del sexo de ejemplares de Cannabis sativa L. mediante el uso de marcadores moleculares. 2017. Universidad ORT Uruguay Facultad de Ingeniería
- [5] Red de Investigadores en Cannabis, Universidad Nacional de Colombia. Bioprospección de Cannabis: Avances y Retos de la Academia, Aspectos técnicos del cultivo de cannabis
- [6] H. Colmenero, B. González, Identificación del sexo de ejemplares de Cannabis sativa L. mediante el uso de marcadores moleculares. 2017. Universidad ORT Uruguay Facultad de Ingeniería.
- [7] FIDATEC, “Procesos de Transformación de la flor de Cannabis Medicinal en Aceite y Fórmulas Magistrales,” 2021.
- [8] Akimov, Volodymyr , Grado de ionización, Universidad de Antioquia. 2021.
- [9] FIDATEC, “Procesos de Transformación de la flor de Cannabis Medicinal en Aceite y Fórmulas Magistrales,” 2021.
- [10] Técnicas de vacío – Laboratorio IV, Universidad de Buenos Aires, 2012.
- [11] FIDATEC, “Procesos de Transformación de la flor de Cannabis Medicinal en Aceite y Fórmulas Magistrales,” 2021.

- [12] Universidad de Colorado. “Polaridad de la molécula”. Obtenido de <https://phet.colorado.edu/es/simulations/molecule-polarity>
- [13] Lujan Ramirez, C., Fanovich, M. A., & Churio, M. S. (2019). Chapter 4 - Cannabinoids: Extraction Methods, Analysis, and Physicochemical Characterization. *Studies in Natural Products Chemistry*, Elsevier, ScienceDirect, 61,143–173. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978044464183000004X>
- [14] LÓRÉAL GROUPE, “Alcohol en los cosméticos”, tomado de <https://interior-productos.loreal.es/ingredientes/alcohol-en-los-cosmeticos>
- [15] COSMETIC LATAM, “Alcohol etílico desnaturalizado en productos cosméticos”, 2020. Tomado de <https://www.cosmeticaltam.com/index.php/2020/08/03/alcohol-en-productos-cosmeticos/>
- [16] Alejandro G Marangoni, Editorial overview: Cannabis oil extraction, purification, utilization — innovations in food science Vol. 28, *Current Opinion in Food Science*, Volume 28, 2019, Pages iii-iv, ISSN 2214-7993, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.11.010>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799319301067>)
- [17] FIDATEC, “Procesos de Transformación de la flor de Cannabis Medicinal en Aceite y Fórmulas Magistrales,” 2021.
- [18] FIDATEC, “Procesos de Transformación de la flor de Cannabis Medicinal en Aceite y Fórmulas Magistrales,” 2021.
- [19] FIDATEC “Procesos de Transformación de la flor de Cannabis Medicinal en Aceite y Fórmulas Magistrales,” 2021.
- [20] Aaron C. Elkins, Myrna A. Deseo, Simone Rochfort, Vilnis Ezernieks, German Spangenberg, “Development of a validated method for the qualitative and quantitative analysis of cannabinoids in plant biomass and medicinal cannabis resin extracts obtained by super-critical fluid extraction”, *Journal of Chromatography B*, Volume 1109, 2019, Pages 76-83
- [21] Alejandro G Marangoni, Editorial overview: Cannabis oil extraction, purification, utilization — innovations in food science Vol. 28, *Current Opinion in Food Science*, Volume 28, 2019, Pages iii-iv, ISSN 2214-7993, <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.11.010>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799319301067>)

- [22] Schettino, Lorenza; Prieto, Marta; Benedé, Juan L.; Chisvert, Alberto; Salvador, Amparo. 2021. "A Rapid and Sensitive Method for the Determination of Cannabidiol in Cosmetic Products by Liquid Chromatography–Tandem Mass Spectrometry" *Cosmetics* 8, no. 2: 30.<https://doi.org/10.3390/cosmetics8020030>
- [23] Páez, R. Rivera, M. Cardona, C. Muñoz, L. Gómez, L. Passaro, D. Quiceno, C. (2016). *Guía de extracción por fluidos supercríticos: fundamentos y aplicaciones*.
- [24] Porto, C. da ; Decorti, D. ; Natolino, A. Department of Food Science, University of Udine, via Sondrio 2/A, 33100 Udine, Italy. Ultrasound-assisted extraction of volatile compounds from industrial *Cannabis sativa* L. inflorescences. *International Journal of Applied Research in Natural Products* 2014 Vol.7 No.1 pp.8-14 ref.22 [Consultado 05 de mayo del 2021]
- [25] FIDATEC, "Procesos de Transformación de la flor de Cannabis Medicinal en Aceite y Fórmulas Magistrales," 2021.
- [26] LOPEZ, Joaquin. Los costos que hay cuando recién se comienza en un cultivo de cannabis a nivel local. [en línea]. Agronegocios. Colombia. (11 de septiembre de 2019)[Consultado en: 01 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.agronegocios.co/tecnologia/los-costos-que-hay-cuandorecien-se-comienza-en-un-cultivo-de-cannabis-a-nivel-local-2906598>
- [27] LIOFILIZADOR (FREEZE DRY) FARMACEUTICO. La Huerta "Grow Shop" [en línea]. Consultado el noviembre 02 del 2021.
- [28] Vibha Devi, Shabina Khanam, Comparative study of different extraction processes for hemp (*Cannabis sativa*) seed oil considering physical, chemical and industrial scale economic aspects, *Journal of Cleaner Production*, Volume 207, 2019, Pages 645-657, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.036>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618330506>)
- [29] Noma Nazish. FORBES, Everything You Need To Know About CBD Skincare. 30 diciembre del 2020. [Consultado el 04 de abril de 2021]
- [30] PWC Colombia. Colombia Productiva - Planes de negocio, Industrial del Cannabis Medicinal. 2017. <https://www.colombiaproductiva.com/ptp-capacita/publicaciones/sectoriales/publicaciones->

farmaceuticos/hoja-de-ruta-cannabis-medicinal-2019-2032/estudio-de-prospectiva-y-benchmarking

[31] P. Santiago Villaverde, TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CANNABINOIDES A PARTIR DE LA PLANTA CANNABIS SATIVA L. Universidad de las Illes Balears. 2019-2020.https://dspace.uib.es/xmlui/bitstream/handle/11201/154558/Santiago_Villaverde_Pablo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[32] DECRETO 613 DE 2017. Reglamentación técnica asociada al otorgamiento de la licenciapara la producción y fabricación de derivados de Cannabis.
https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%2002892%20de%202017.pdf

ANEXOS

ANEXO 1.

“LISTA AMARILLA” DE SUSTANCIAS PSICOTRÓPICAS SOMETIDAS A LA FISCALIZACIÓN.

Orden	Denominación común Internacional	Orden	Denominación común Internacional
1	3-metilfentanilo (3-methylfentanyl)	61	Fentanilo (Fentanyl)
2	3-metiltiofentanilo (3-methylthiofentanyl)	62	Folcodina, morfoliniletimorfina (Pholcodine, morpholinylethylmorphine)
3	Acetil-alfa-metilfentanilo (Acetyl-alpha-methylfentanyl)	63	Furetidina (Furethidine)
4	Acetildihidrocodeína (Acetyldihydrocodeine)	64	Heroína, diacetilmorfina (Heroin, diacetylmorphine)
5	Acetilmetadol (Acetylmethadol, methadyl Acetate)	65	Hidrocodona, Dihidrocodeinona (Hydrocodone, Dihydrocodeinone)
6	Acetorfina (Acetorphine)	66	Hidromorfinol, 14-hidroxi-dihidromorfina (Hydromorphenol, 14-hydroxydihydromorphine)
7	alfacetilmetadol, alfametadil acetato (alphacetylmethadol)	67	Hidromorfona, Dihidromorfinona (Hydromorphone, Dihydromorphinone)
8	Alfameprodina (Alphameprodine)	68	Hidroxi-petidina (Hydroxypethidine)
9	Alfametadol (alphamethadol)	69	Isometadona (Isomethadone)
10	Alfa-metilfentanilo (Alpha-methylfentanyl)	70	Levofenacilmorfano (Levophenacymorphan)
11	Alfa-metiltiofentanilo (Alpha-methylthiofentanyl)	71	Levometorfano (Levomethorphan)
12	Alfaprodina (Alhprodine)	72	Levomoramida (Levomoramide)
13	Alfentanilo (Alfentanil)	73	Levorfanol (Levorphanol)
14	Alilprodina (Allylprodine)	74	Metadona (Methadone)
15	Anileridina (Anileridine)	75	Metadona, intermediario de la (Methadone intermediate)
16	Becitramida (Bezitramide)	76	Metazocina (Metazocine)
17	Bencetidina (Benzethidine)	77	Metildesorfina (Methyl-desorphine)
18	Bencilmorfina (Benzylmorphine)	78	Metildihidromorfina (Methyldihydromorphine)
19	Betacetilmetadol, betametadil Acetato (Betacetylmethadol, betamethadyl Acetate)	79	Metopón, 5-metilhidromorfona (Metopon, 5-methylhydromorphone)

20	Beta-hidroxi-3-metilfentanilo, Ohmefentanilo (Beta-hydroxy-3-methylfentanyl, Ohmefentanyl)	80	Mirofina (Myrophine)
21	Beta-hidroxi-fentanilo (Beta-hydroxyfentanyl)	81	Moramida, intermediario de la (Moramide intermediate)
22	Betameprodina (Betameprodine)	82	Morferidina (Morpheridine)
23	Betametadol (Betamethadol)	83	Morfina (Morphine)
24	Betaprodina (Betaprodine)	84	Morfina bromometilato de, N-metilmorfina bromuro (Morphine methobromide, N-methylmorphine bromide)
25	Butirato de dioxafetilo (Dioxaphetyl butyrate)	85	MPPP (MPPP)
26	Cannabis (Cannabis)	86	Nicocodina, 6-nicotinilcodeina (Nicocodine, 6-nicotinylcodeine)
27	Cannabis - resinas y extractos (Cannabis - resin and extracts)	87	Nicodicodina, 6-nicotinildihidrocodeina (Nicodicodine, 6-nicotinyldihydrocodeine)
28	Cetobemidona (Ketobemidone)	88	Nicomorfina (Nicomorphine)
29	Clonitaceno (Clonitazene)	89	Noracimetadol (Noracymethadol)
30	Coca y hoja de coca (coca and coca leaf)	90	Norcodeína (Norcodeine)
31	Cocaína (Cocaine)	91	Norlevorfanol (Norlevorphanol)
32	Codeína (Codeine)	92	Normetadona (Normethadone)
33	Codoxima (Codoxime)	93	Normorfina (Normorphine)
34	Concentrado de paja de adormidera (concentrate of poppy straw)	94	Norpipanona (Norpipanone)
35	Desomorfina (Desomorphine)	95	N-Oximorfina (Morphine-N-oxide)
36	Dextromoramida (Dextromoramide)	96	Opio (Opium)
37	Dextropropoxifeno, D-Propoxifeno (Dextropropoxyphene, D-propoxyphene)	97	Oripavina (Oripavine)
38	Diampromida (Diampromide)	98	Oxicodona, 14-hidroxidihidrocodeinona (Oxycodone, 14-hydroxydihydrocodeinone)

39	Dietiltiambuteno, Tiambuteno (Diethylthiambutene, thiambutene)	99	Oximorfona (Oxymorphone)
40	Difenoxilato (Diphenoxylate)	100	Para-fluorofentanilo (Para-fluorofentanyl)
41	Difenoxina, Ácido difenoxílico (Difenoxin, diphenoxyllic acid)	101	PEPAP (PEPAP)
42	Dihidrocodeína (Dihydrocodeine)	102	Petidina Intermediario A de la, (Pethidine intermediate A)
43	Dihidroetorfina (Dihydroetorphine)	103	Petidina Intermediario B de la, Norpetidina (Pethidine intermediate B, norpethidine)
44	Dihidromorfina (Dihydromorphine)	104	Petidina Intermediario C de la, ácido petidinico (Pethidine intermediate C, pethidinic acid)
45	Dimefeptanol, Racemetadol (Dimepheptanol, Racemethadol)	105	Petidina, Meperidina (Pethidine, Meperidine)
46	Dimenoxadol (Dimenoxadol)	106	Piminodina (Piminodine)
47	Dimetiltiambuteno (Dimethylthiambutene)	107	Piritramida (Piritramide)
48	Dipipanona (Dipipanone)	108	Proheptacina (Proheptazine)
49	Drotebanol (Drotebanol)	109	Properidina (Properidine)
50	Ecgonina (Ecgonine)	110	Propiram (Propiram)
51	Etilmetiltiambuteno (Ethylmethylthiambutene)	111	Racemetorfano (Racemethorphan)
52	Etilmorfina (Ethylmorphine)	112	Racemoramida (Racemoramide)
53	Etonitaceno (Etonitazene)	113	Racemorfano (Racemorphan)
54	Etorfina (Etorphine)	114	Remifentanilo (Remifentanyl)
55	Etoxeridina (Etoxeridine)	115	Sufentanil (Sufentanyl)
56	Fenadoxona (Phenadoxone)	116	Tebacón, acetildihidrocodeinona (Thebacon, acetyldihydrocodeinone)
57	Fenampromida (Phenampromide)	117	Tebaína (Thebaine)
58	Fenazocina (Phenazocine)	118	Tilidina (Tilidine)
59	Fenomorfano (Phenomorphan)	119	Tiofentanil (Thiofentanyl)
60	Fenoperidina (Phenoperidine)	120	Trimeperidina (Trimeperidine)

Fuente: adaptada por los autores de United Nations. Single Convention on Narcotic Drugs 1961. As amended by the 1972 Protocol amending the Single Convention on Narcotic Drugs, 1961.

ANEXO 2.

“LISTA VERDE DE SUSTANCIAS PSICOTRÓPICAS SOMETIDAS A FISCALIZACIÓN”

Orden	Denominación común internacional	Orden	Denominación común internacional
1	(+)-Lisergida, LSD (Lysergide, LSD)	62	Flurazepam (Flurazepam)
2	(±)Δ 10a-Tetrahidrocannabinol	63	GHB (GHB)
3	(±) Δ 10-Tetrahidrocannabinol	64	Glutetimida (Glutethimide)
4	(±) Δ 6a-Tetrahidrocannabinol	65	Halazepam (Halazepam)
5	(±) Δ 7-Tetrahidrocannabinol.	66	Haloxazolam (Haloxazolam)
6	(±) Δ 8-Tetrahidrocannabinol	67	Ketazolam (Ketazolam)
7	(±)-exo-Tetrahidrocannabinol, (±)-exo-THC	68	Lefetamina, SPA (Lefetamine, SPA)
8	2-CB (2-CB)	69	Levanfetamina (Levamphetamine)
9	4-metilaminorex (4-methylaminorex)	70	Levometanfetamina (Levomethamphetamine)
10	4-MTA, 4-metiltioanfetamina (4-MTA, 4-methylthioamphetamine)	71	Loflazepato de etilo (Ethyl Loflazepate)
11	Alobarbital (Allobarbital)	72	Loprazolam (Loprazolam)
12	Alprazolam (Alprazolam)	73	Lorazepam (Lorazepam)
13	Amineptina (Amineptine)	74	Lormetazepam (Lormetazepam)
14	Aminorex (Aminorex)	75	Mazindol (Mazindol)
15	Amobarbital (Amobarbital)	76	MDMA (MDMA)
16	Anfepramona, Dietilpropion, Dietilcatinona (Amfepramone, Diethylpropion, Diethylcathinone)	77	Meclocualona (Mecloqualone)
17	Anfetamina (Amphetamine)	78	Medazepam (Medazepam)
18	Barbital (Barbital)	79	Mefenorex (Mefenorex)

19	Benzfetamina (Benzfetamine)	80	Meprobamato (Meprobamate)
20	Bromoanfetamina , DOB (Bromoamphetamine, DOB)	81	Mescalina (Mescaline)
21	Bromazepam (Bromazepam)	82	Mesocarbo (Mesocarb)
22	Brotizolam (Brotizolam)	83	Metacualona (Methaqualone)
23	Buprenorfina (Buprenorphine)	84	Metanfetamina (Methamphetamine)
24	Butalbital, Butabarbital (Butalbital, butabarbital)	85	Metcatinona (Methcathinone)
25	Butobarbital (Butobarbital)	86	Metilfenidato (Methylphenidate)
26	Camazepam (Camazepam)	87	Metilfenobarbital (Methylphenobarbital)
27	Catina, (+)-norpseudoefedrina (Cathine, (+)-norpseudoephedrine)	88	Metiprilona (Methylprylon)
28	Catinona (Cathinone)	89	Midazolam (Midazolam)
29	Ciclobarbital (Cyclobarbital)	90	MMDA (MMDA)
30	Clobazam (Clobazam)	91	N-etil MDA, MDE, MDEA (N-ethyl MDA, MDE, MDEA)
31	Clonazepam (Clonazepam)	92	N-hidroxi MDA, MDOH (N-hydroxy MDA, MDOH)
32	Clorazepato (Clorazepate)	93	Nimetazepam (Nimetazepam)
33	Clordiazepóxido (Chlordiazepoxide)	94	Nitrazepam (Nitrazepam)
34	Clotiazepam (Clotiazepam)	95	Nordazepam, Desmetildiazepam (Nordazepam, Desmethyldiazepam)
35	Clozazolam (Clozazolam)	96	Oxazepam (Oxazepam)
36	Delorazepam, clordesmetildiazepam (Delorazepam, chlordesmethyldiazepam)	97	Oxazolam (Oxazolam)
37	Dexanfetamina (Dexamphetamine)	98	Parahexilo (Parahexyl)
38	Diazepam (Diazepam)	99	Pemolina (Pemoline)
39	Dietilriptamina, DET (Diethyltryptamine, DET)	100	Pentazocina (Pentazocine)
40	Dimetilheptilpirano, DMHP (Dimethylheptylpyran, DMHP)	101	Pentobarbital (Pentobarbital)
41	Dimetilriptamina, DMT (Dimethyltryptamine, DMT)	102	Pinazepam (Pinazepam)

42	Dimetoxianfetamina, DMA (Dimethoxyamphetamine, DMA)	103	Pipradrol (Pipradrol)
43	DOET (DOET)	104	Pirovalerona (Pyrovalerone)
44	DOM, STP (DOM, STP)	105	PMA. p-metoxianfetamina (PMA, p-methoxyamphetamine)
45	Dronabinol, (-)- Δ^9 tetrahidrocannabinol, Δ^9 -THC	106	Prazepam (Prazepam)
46	Estazolam (Estazolam)	107	Psilocibina (Psilocybin)
47	Etclorvinol (Ethchlorvynol)	108	Psilocina, Psilotsina (Psilocin, Psilotsin)
48	Eticlidina, PCE (Eticyclidine, PCE)	109	Racemato de metanfetamina (Methamphetamine Racemate)
49	Etilanfetamina (Ethylamphetamine)	110	Roliclidina, PCPy (Rolicyclidine, PCPy)
50	Etinamato (Ethinamate)	111	Secbutabarbita (Secbutabarbita)
51	Etriptamina, AET (Etryptamine, AET)	112	Secobarbita (Secobarbita)
52	Fencamfamina (Fencamfamin)	113	Temazepam (Temazepam)
53	Fenciclidina, PCP (Phencyclidine, PCP)	114	Tenanfetamina, MDA (Tenamphetamine, MDA)
54	Fendimetracina (Phendimetrazina)	115	Tenociclidina, TCP (Tenocyclidine TCP)
55	Fenetilina (Fenetyllina)	116	Tetrazepam (Tetrazepam)
56	Fenmetracina (Phenmetrazina)	117	Triazolam (Triazolam)
57	Fenobarbita (Phenobarbita)	118	Trimetoxianfetamina, TMA (Trimethoxyamphetamine, TMA)
58	Fenproporex (Fenproporex)	119	Vinilbita (Vinylbita)
59	Fentermina (Phentermina)	120	Zipeprol (Zipeprol)
60	Fludiazepam (Fludiazepam)	121	Zolpidem (Zolpidem)
61	Flunitrazepam (Flunitrazepam)		

Fuente: adaptada por los autores de: United Nations. International Narcotics Control Board. Convention on Psychotropic Substances, 1971.

ANEXO 3.

“PROPIEDADES DEL ETANOL EXTRA-NEUTRO (96%)”



**Química
Universal**

FICHA TECNICA

Química Universal Ltda. a través de su Departamento Técnico, certifica que su producto **Alcohol Etilico Extra Neutro 96°**, cumple con las siguientes especificaciones técnicas:

DESCRIPCIÓN

Producto obtenido a partir de la fermentación de granos, por lo que se le conoce también como alcohol extra neutro, etanol extra neutro o alcohol grado farmacoepa.

APLICACIONES:

Alcohol etílico rectificado extra neutro es de alta calidad y pueda ser utilizado para diversas aplicaciones industriales tales como la elaboración de bebidas alcohólicas, alcohol antiséptico, perfumes, etc. Las industrias licorera, farmacéutica, cosmetológica, entre otras utilizan este alcohol como su principal materia prima.

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

Propiedad	Unidades	Especificaciones	Test
Gravedad Especifica a 20 °C	g/cm ³	0.8037 - 0.8071	ABNT NBR 5992/15639
Gravedad Especifica a 15.56 °C	g/cm ³	0.8075 - 0.8109	ABNT NBR 5992/15639
Contenido Alcohólico a 20 °C	°GL (%p/p)	94.00 - 95.20	ABNT NBR 5992/15639
Densidad @ 20 °C/20 °C	-	0.8051 - 0.8085	ABNT NBR 5992/15639
Acidez	mg/l	3 - 12	ABNT NBR 9866

PH	-	6.0 - 8.0	ABNT NBR 10891
Barbet	Minutos	Min. 35	ABNT NBR 5824
Rango destilación inicial	°C	Min. 75.0	ABNT NBR 7125
Rango destilación final	°C	Max. 2.5	ABNT NBR 7125
Residuo Evaporado	mg/100ml	Claro, Inflamable	ABNT NBR 8911
Apariencia	-	Pasa	Visual
Olor	-	Max. 10.0	Sensoreal
Acetadehyde	mg/l	Max. 10.0	ABNT NBR 10260
Acetona	mg/l	Max. 10.0	ABNT NBR 10260
Acetato de Etilo	mg/l	Max. 10.0	ABNT NBR 10260
Acetal	mg/l	Max. 10.0	ABNT NBR 10260
Isoamyl	mg/l	Max. 10.0	ABNT NBR 10260
	mg/l	240 nm: Max. 0.40	
UV Absorvencia		250 a 260 nm: Max. 0.30	Europeo
	-	270 a 340 nm: Max. 0.10	Pharmacopeia

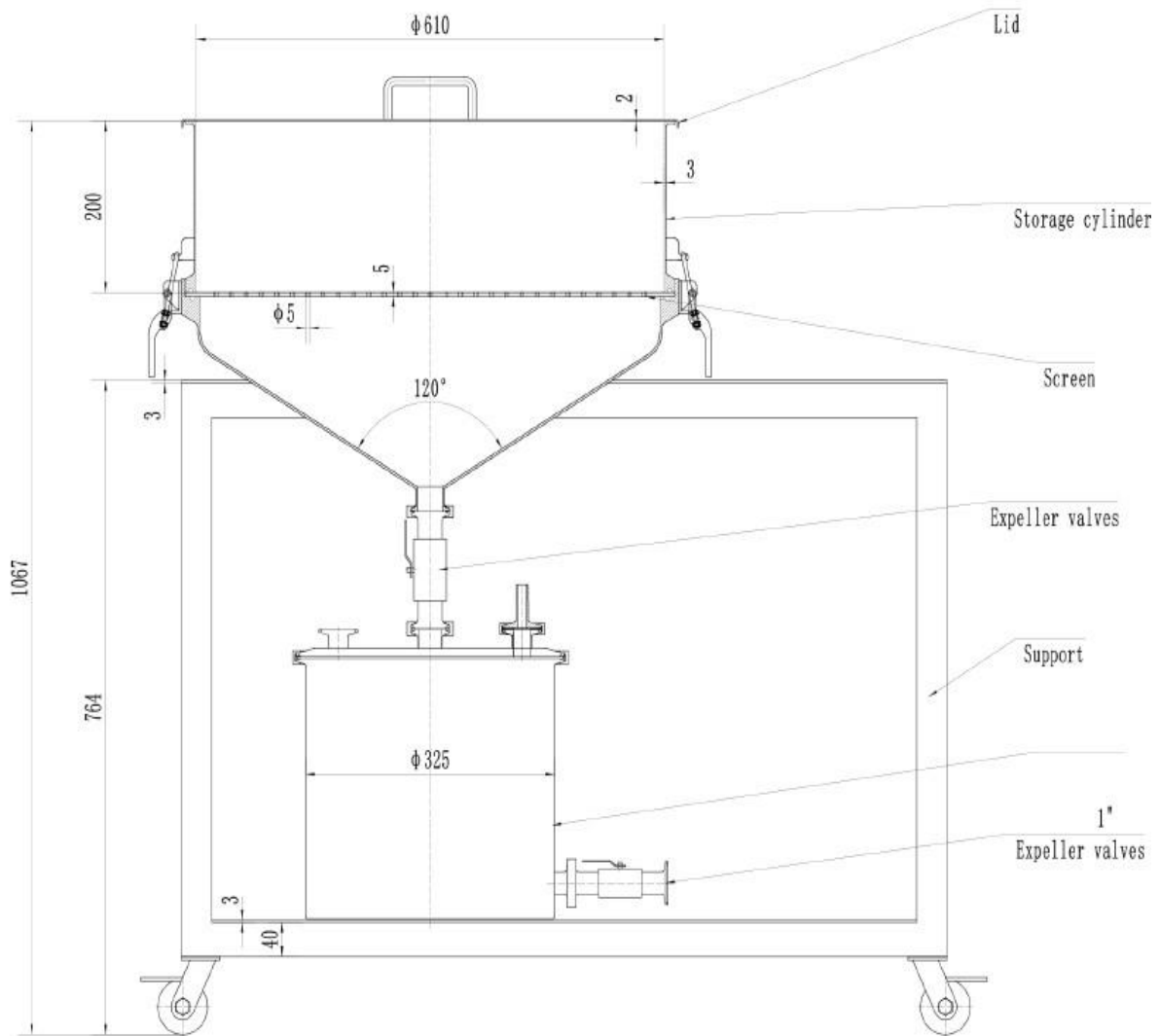
FORMATO: Tambor, IBC o Granel.

FECHA EMISIÓN: junio de 2020

Química Universal, Lo Zañartu 092, Quilicura, CP 8720525, Santiago – Chile
 Fono: +562 2783 4400
www.quimicauniversal.cl

ANEXO 4.

“DIMENSIONES ESPECÍFICAS DEL WINTERIZADOR”



ANEXO 5.

RECOMENDACIONES

Realizar este proceso de manera experimental de tal forma que se puedan identificar las variables y cuantificar datos que puede no se lleguen a reconocer de manera teórica.

En lo posible, ser aconsejado por profesionales que tengan experiencia y manejo en los procesos de cultivo y de extracción.

Tomar en consideración emisiones de CO₂ ocurridas en el proceso de descarboxilación.

Tener en cuenta protocolos de seguridad en el proceso tanto de cultivo como de extracción y así mismo, atender a las respectivas normativas y requerimientos del personal operativo.

Considerar la locación de la planta de extracción con el fin de reducir costos en transporte de materia prima.