



EXTRACCIÓN DE CBD POR MEDIO DE LA DESTILACIÓN DE VAPOR SATURADO

Rafael Ernesto Valdelamar Duran - Ingeniería Ambiental

Diego Andrés Rueda Baquero - Ingeniería Química

Nicolás Díaz García – Ingeniería Química

Facultad de ingeniería, Universidad EAN

Liliana Margarita Meza Buelvas

Proyecto de grado, Grupo 2

22 de agosto de 2021

Bogotá D.C

Índice

1. Planteamiento del problema.....	7
2. Objetivos	9
2.1. Objetivo General.....	9
2.2. Objetivos Específicos	9
3. Justificación.....	10
4. Marco Teórico	12
4.1. Historia y contexto del Cannabis	13
4.2. Legislación.....	15
4.2.1. Cannabis medicinal en Colombia.....	15
4.2.2. Tipos y modalidades de licencias.....	16
4.2.3. Panorama mundial.....	16
4.3. Estrategia y Tipo de flujo.....	17
4.4. Métodos de extracción	18
4.4.1. Extracción con aceite.	18
4.4.2. Extracción con CO2	19
4.4.3. Extracción con vapor saturado.	20
4.5. Producción	21
4.6. Variables que afectan la producción de Cannabidiol.....	21
4.6.1. Ventajas de cultivar en el suelo:.....	23

4.6.2. Ventajas de cultivar en macetas	23
4.6.3. Plan de acción.....	24
4.7. Selección de las semillas.....	24
4.7.1. Durga Mata II.	24
4.7.2. Viagrra.....	26
4.7.3. Black Kush 98.	27
5. Análisis de restricciones.....	29
5.1. Legal y socio cultural.....	29
5.1.1. Evolución legislativa:.....	31
5.2. Funciones de las entidades.....	35
6. Solución de ingeniería.....	37
6.1. Destilación con solventes y vapor	37
6.2. Materias primas y suministros	39
6.3. Análisis termoquímico.....	41
6.3.2. Sistema ternario.....	43
6.4. Prototipo de proceso para la elaboración de extracto cannabis	45
6.4.1. Análisis y argumento para la selección del proceso.....	46
7. Comparaciones con hechos conocidos.....	48
7.1. Extracción con aceite vs Extracción con CO2 vs Extracción por arrastre de vapor	

7.2.	La droga de cannabis vs El extracto de cannabis.....	50
8.	Estudio Económico	51
8.1.	Costos.....	51
8.1.1.	Costos Directos.	51
8.2.2.	Costos Fijos	53
8.2.	Proyección de ventas	55
8.3.	Inversión	56
8.3.1.	Financiación	56
8.3.2.	Retorno de inversión	56
8.	Conclusión.....	58
9.	Referencias	60

Figuras

Figura 1.....	12
Figura 2.....	13
Figura 3.....	14
Figura 4.....	21
Figura 5.....	26
Figura 6.....	27
Figura 7.....	28
Figura 8.....	31
Figura 9.....	39
Figura 10.....	40
Figura 11.....	40
Figura 12.....	41
Figura 13.....	43
Figura 14.....	44
Figura 15.....	46
Figura 16.....	52
Figura 17.....	53
Figura 18.....	54
Figura 19.....	55
Figura 20.....	57

Tablas

Tabla 1	15
Tabla 2	34
Tabla 3	35
Tabla 4	38
Tabla 5	42
Tabla 6	44
Tabla 7	54
Tabla 8	56

1. Planteamiento del problema

El consumo de medicamentos para dolores musculares y dolores crónicos con enfermedades como artrosis y artritis son tratados con medicamentos como:

- Acetaminofén (Tylenol®)
- Ibuprofeno (Motrin®, Advil®)
- Diclofenaco (Cambia®, Cataflam®, Voltaren®, Voltarol®, Zipsor®)
- Naproxeno (Aleve®, Naprosyn®)
- Celecoxib (Celebrex®)
- Etodolaco (Lodine®)
- Meloxicam (Mobic®)
- Nabumetona (Relafen®)

El consumo de estos medicamentos a largo plazo puede causar úlceras, sangrados o perforaciones en el estómago o intestinos, estos problemas pueden aparecer en cualquier momento durante el tratamiento y presentarse sin síntomas de advertencia y podrían causar la muerte en el peor de los casos. Se busca una alternativa natural para el tratamiento de estas afecciones sin que sea invasivo como la toma de medicamentos si no que sea de uso cutáneo, por este motivo se ha planteado el uso de pomadas con base de Cannabidiol (CBD) y plantas antiinflamatorias. Frente al recurso de los analgésicos y antiinflamatorios convencionales las plantas medicinales pueden ser una alternativa.

En Colombia la regulación del cannabis medicinal ha tenido un largo y difícil trasegar en la legislación, iniciando con una ponencia de ley por parte del exsenador Juan Manuel Galán llevó al Congreso en el año 2016 buscando como propósito esencial que las más de 5,6

millones de personas con enfermedades que deterioran considerablemente la calidad de vida tuvieran acceso a alternativas terapéuticas (Khiron Life). Por otra parte, el mercado negro no garantiza ni recibe el respaldo necesario para tratamiento que se requiere, a diferencia de las empresas emergentes que ya están institucionalizadas las cuales se apoyan en un riguroso trabajo científico, social y económico en aras de la salud del paciente. De acuerdo con lo anterior muchos empresarios agrícolas, al igual que el pequeño y mediano productor, se han visto interesados en la producción y diseño de un proceso y/o producto enfocado a la creación de alternativas medicinales que posean los estándares de alta calidad que requiere la industria farmacéutica.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Analizar la factibilidad de desarrollo de una pomada a base de CBD y extractos naturales, como solución a los efectos secundarios del uso de medicamentos vía oral, en la industria cosmética colombiana.

2.2. Objetivos Específicos

- Reconocer e identificar los resultados obtenidos de estudios científicos, las ventajas y desventajas del uso del CBD en el mercado de la industria cosmética.
- Interpretar y clasificar los diferentes parámetros legales del uso del CBD en Colombia.
- Analizar cualitativamente los métodos actuales usados para extracción de CBD, por medio de su factibilidad de desarrollo a corto, mediano y largo plazo.
- Plantear los diferentes extractos naturales, que canalicen e impulsen el funcionamiento del extracto del cannabis.
- Obtener el extracto de CBD en función de la química verde, por medio de una extracción artesanal. Definiendo sus factores técnicos y productivos en su fabricación.
- Proponer un prototipo de extracción a nivel industrial, para conocer los valores de la operación.

3. Justificación

Las plantas de marihuana contienen cannabinoides, que están derivadas en una serie de beneficios sustanciales, con fines médicos o científicos, por tal razón es de gran importancia materializar estas especies de cannabis con el fin de crear y optimizar los procesos de extracción de CBD, de tal manera llegar al avance e incremento de productos cosméticos derivados de la marihuana para la comercialización legal.

Para el proceso de cultivo de la materia prima es fundamental generar ambientes fisicoquímicos y entornos para las diferentes especies de plantas y analizar la concentración de cada una de ellas. Es importante destacar que además del proceso; el medio ambiente se ve favorecido por esta industria ya que se ha desarrollado y demostrado disminución de diferentes variables, como gasto energético, costos a nivel monetario, tiempos de vegetación, floración y corte de la materia prima; en este caso la industrial del cannabis busca garantizar el buen tratamiento y disposición de la marihuana, en el proceso de la extracción y conversión de la materia prima. La industria extractora de CBD tendrá operaciones ambientalmente sostenibles, buscando la recuperación del 70% de solventes para una reutilización del material.

Otra de las razones por la cual es de mucho interés llevar a cabo esta investigación tiene que ver con el desarrollo de un prototipo artesanal de extracción, ampliando información en diseños de proceso, para el crecimiento de productos cosméticos farmacéuticos. En la actualidad son procesos industrialmente novedosos y característicos para la innovación de productos derivados de la materia prima como la marihuana, ubicando un espacio para realización de cada objetivo dentro de la creación del producto en su etapa artesanal de fabricación, procesando el Cannabis para obtener un producto final sobresaliente en

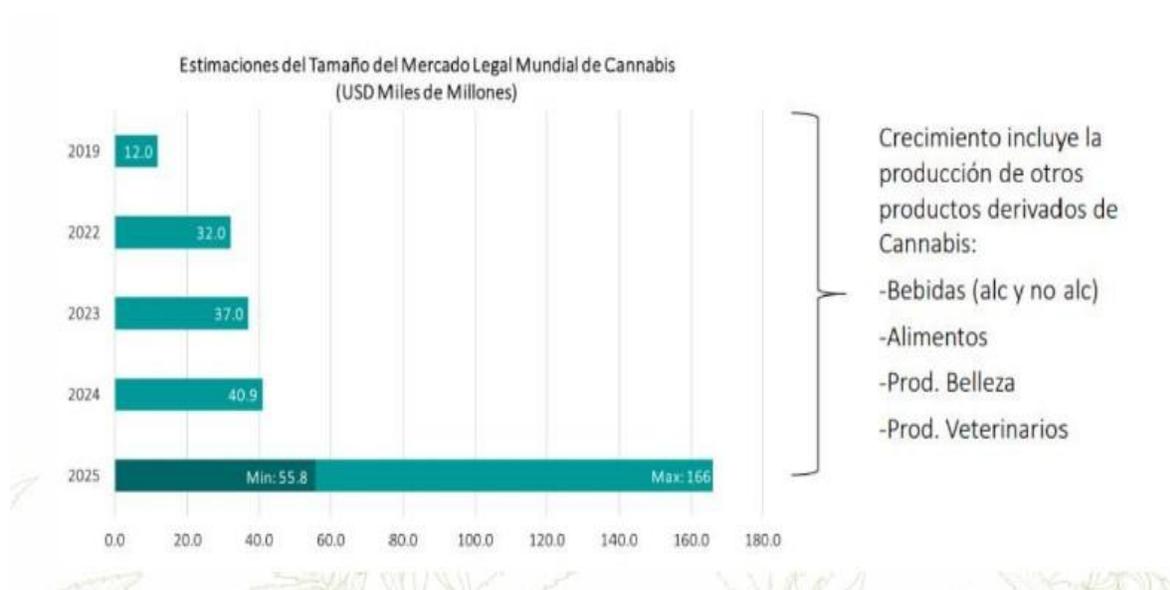
rendimiento y utilidad, por medio de procedimientos operativos, seguros y de forma adecuada.

4. Marco Teórico

La producción de Cannabis (CBD – TCH) medicinal se ha venido desarrollado a través de los últimos años con gran fuerza, introduciéndose como alternativa en campos como la medicina y la industria cosmética, rompiendo los paradigmas de estigma que se tiene sobre dicho compuesto.

Figura 1

Tamaño Del Mercado Legal Del Cannabis



Nota. Proyección del mercado del Cannabis hasta el año 2025 medido en miles de dólares.

Reproducida de Tamaño del mercado legal del Cannabis, de Diaz, H, 2019, SEMANA,

pág. 1.

4.1. Historia y contexto del Cannabis

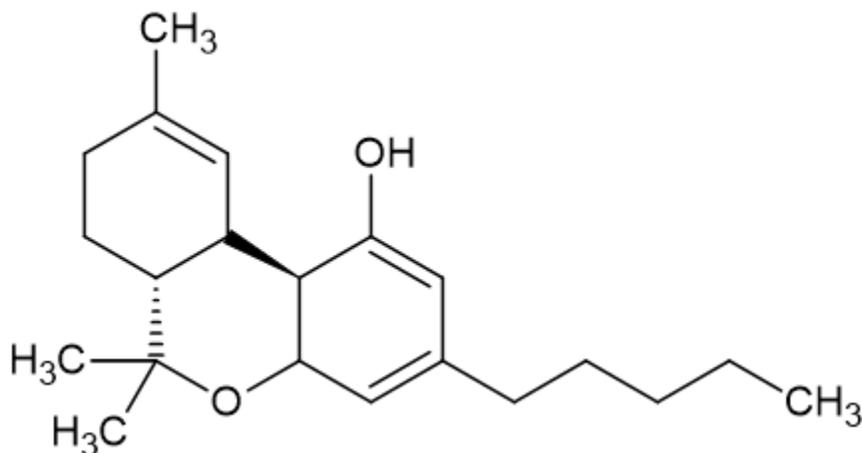
La historia del cannabis es larga y compleja aparte de su uso universal como un psicotrópico, la marihuana ha sido usada como medicina durante miles de años, con evidencias que datan de 2737 A.C dice Mohamed Ben Amar (Amar, 2006)

Se suele pensar en la marihuana como droga recreativa, aunque a través del tiempo se ha evidenciado propiedades medicinales, sólo en estos tiempos modernos que se está descubriendo. Sus propiedades químicas la marihuana es el nombre que se da a las hojas, flores, tallos y semillas secas de la planta *Cannabis sativa* o *Cannabis indica*. En un estudio se mencionó que la marihuana tiene más de 400 entidades químicas y que más de 60 de ellas son compuestos cannabinoides. Los dos cannabinoides principales ampliamente estudiados son el tetrahidrocannabinol (THC) y el Cannabidiol (CBD).

Composición química del THC (Tetrahidrocannabinol):

Figura 2

Estructura Química Del THC

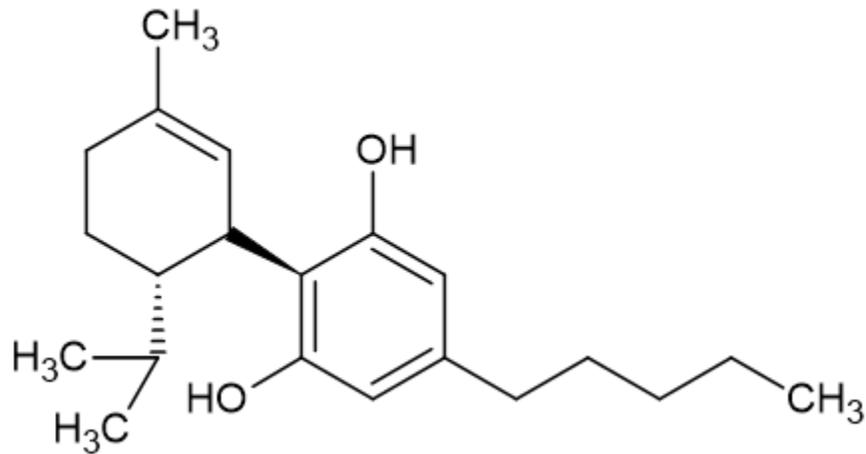


Nota. Estructura química del THC elaborada en ChemSketch.

Composición química del CBD (Cannabidol):

Figura 3

Estructura Química Del CBD



Nota. Estructura química del CBD elaborada en ChemSketch.

Las subespecies *Sativa e Indica* les dan a los usuarios una sensación diferente. Las cepas dominantes de *Indica* son plantas cortas con hojas anchas de color verde oscuro. Por otro lado, las variedades dominantes de *Sativa* son típicamente más altas y tienen hojas finas de color verde pálido, la diferencia física no es lo único que separa a las dos subespecies, también son químicamente diferentes. Principalmente difieren en las concentraciones de Cannabidol (CBD) y (THC) *Cannabis indica* y *Cannabis sativa*. *Indica* tienen una mayor concentración de Cannabidol (CBD) mientras que las cepas dominantes de *Sativa* tienden a tener más THC.

Los temas referenciados sirven para hacer un análisis comparativo de los resultados a obtener a través del proyecto a realizar, a fin de averiguar en términos generales los problemas de optimización y mejorando los resultados deseados.

Tabla 1

Comparación De Diferentes Especies De Plantas De Marihuana.

Nombre	Proveedor	%Especie	%CBD	%THC	Tiempo de Floración
Durga Mata II	Paradise Seeds	90 Índica 10 Sativa	8-12	5-9	55 días
Viagrra	Bendita Sea Grow	50 Índica 50 Sativa	15	22	77 días
Black Kush 98	Gea Seeds	95 Índica 5 Sativa	25	20	55-65 días

Nota. Los tres tipos de variedades estudiadas fueron Durga Mata II, Viagrra, Black Kush 98.

El uso del cannabis definitivamente no es nuevo, pero el entenderlo desde un nivel químico y molecular da a entender una manera exacta el modo de uso y aplicación.

4.2. Legislación

4.2.1. Cannabis medicinal en Colombia

El pasado 11 de agosto de 2017 el Gobierno Nacional finalizó el proceso de reglamentación para la fabricación, uso de semillas y cultivo de cannabis para fines

medicinales y científicos. El Ministerio de Salud y Protección Social tiene a su cargo la expedición de licencias de fabricación de derivados de cannabis.

4.2.2. Tipos y modalidades de licencias

Según el Congreso las personas que deseen aplicar las licencias antes mencionadas deben remitirse a la Ley 1787 de 2016, a los decretos 613 de 2017 y 631 de 2018 y a las resoluciones 2891 y 2892 de 2017 y 2986 de 2018. No obstante, según la normativa para los procesos de transformación no se requiere una licencia de cultivo.

4.2.3. Panorama mundial

A nivel mundial tienen como agente regulatorio, la Junta Internacional de Fiscalización de Estupefacientes (JIFE) la cual fue establecida en la Convención Única de 1961 sobre Estupefacientes, por expertos en el tema; otro agente regulatorio en el uso del cannabis es la Comisión de estupefacientes del Consejo Económico y social de la ONU, los cuales debatieron en Viena si suavizan la fiscalización del uso del cannabis internacionalmente, de esta manera suavizar el uso terapéutico, recreativo y para otros fines (Fibra, Aceites, Cosméticos, etc.), sin embargo, ya existen muchos países que tienen sus leyes para la regulación del uso y cultivo del cannabis. A continuación, se verá un pequeño resumen del panorama mundial:

- Alemania: Legalizan el uso del cannabis en 2027, el cultivo extracción y procesamiento está en manos de una agencia nacional, aunque aún no tiene están apegados a la importación de materias primas ya que no poseen y programa para otorgar licencias para el cultivo.

- Argentina: Para el año 2017 es aprobada por el senado argentino la ley 27.350 la cual aprueba la Investigación Médica y Científica del cannabis y sus derivaciones, el gobierno argentino promueve la producción de aceite y otros productos derivados del cannabis, a su vez el autocultivo y el uso de laboratorios de producción publica de medicamentos establece también el cannabis en sus líneas de producción.
- Australia: Ley de Estupefacientes de 1967 que regula el cannabis medicinal en 2016, en octubre de 2017 se presentó la ley para tratar de agilizar el acceso al cannabis terapéutico.
- Uruguay: Ley 19.172 de 2013 es el primer caso de un país que emite legislación para regular el cannabis en todas sus formas y finalidades.
- Costa Rica: La norma que rige la cuestión de los estupefacientes y psicotrópicos es la Ley 8204 de 2001.
- Chile: 2005, dictó la Ley 20.000 vigente hasta la actualidad.

4.3. Estrategia y Tipo de flujo

El objetivo principal la extracción de cannabinoides (CBD y THC) del cannabis y darles un uso cosmético-farmacéutico. Se plantea una ruta de estratégica para lograr sacar el mejor provecho a este proyecto.

El principal destino en esta ruta fue buscar y encontrar las leyes y las restricciones con respecto al cultivo del cannabis y los parámetros necesarios para el uso medicinal y científico de esta planta (Ley 1787 de 2016), esta crea un marco regulatorio que permite conocer todo sobre el uso médico y científico del cannabis y sus derivados en el territorio nacional, la finalidad de esta ley no es regular el uso de la marihuana de

forma recreativa, es garantizar que el uso de los cannabinoides tengan un destino medicinal.

La siguiente parada en esta ruta está enfocada en estudiar y entender el crecimiento que tiene la industria del cannabis desde el año 2012 hasta el 2020 y el que tendrá en los próximos 2 años.

Luego de entender esta evolución en la industria y el crecimiento en el planeta, se enfoca no solo en la producción de aceites (materia prima), sino más bien, en tener productos terminados que tengan un valor agregado, dichos procesos se apegan a los principios de la química verde.

4.4. Métodos de extracción

4.4.1. Extracción con aceite: Es uno de los métodos más tradicionales de extraer CBD y también de los más seguros. Además de ser una forma barata y relativamente fácil de hacer; simplemente es utilizar un aceite vegetal (generalmente de oliva, de cáñamo o de sésamo) que se mezclará con la encima descarboxilasa, lo que permitirá activar los cannabinoides. Esta mezcla se va a calentar para extraer los cannabinoides, que pasarán al aceite que haya empleado. Y que será apto para su consumo o su aplicación tópica.

Además de la facilidad y la seguridad para su consumo, una de las ventajas que tiene este método es que no quedará ningún tipo de residuo químico tras su extracción (TCW, 2019).

4.4.2. Extracción con CO₂ : A menudo a este método también se le conoce como extracción supercrítica o extracción subcrítica y hoy se le considera la manera más segura de obtener CBD. Además de ser una de las formas más puras y cuyo proceso está más controlado. De hecho, a diferencia de la extracción con aceite, para llevar a cabo la extracción del CBD con CO₂ será necesario contar con una maquinaria adecuada. Así como con unos conocimientos técnicos determinados. Por lo que también es uno de los métodos más caros y complicados.

Los cannabinoides se obtienen tras un proceso en el que se le aplican diferentes temperaturas y presiones a la planta, que se medirán y ajustarán en función de las características finales que quieren obtener en este aceite. De esta manera, y por medio de un extractor de BHO de circuito cerrado (una máquina especializada dividida en tres cámaras), se utiliza el CO₂ como gas solvente. Este pasará de la primera a la segunda cámara, donde se obtiene la forma supercrítica de este gas que será la encargada de extraer los cannabinoides de la planta. Finalmente, tanto el CO₂ supercrítico como los cannabinoides pasarán a la tercera cámara donde se volverán a separar ambos compuestos, quedando el gas en lo alto y el aceite en el fondo. Y será precisamente ese aceite el que se usará para el producto con CBD (TCW, 2019).

4.4.3. Extracción con vapor saturado: El vegetal no estará en contacto con el agua ya que al estar sumergido pueden suceder oxidaciones no deseadas esto disminuyendo el rendimiento del extracto el vapor de agua se inyecta a través de la masa vegetal que se encuentra sobre placas perforadas. El material debe tener tamaño uniforme para favorecer el paso del vapor para esto se ha considerado la operación unitaria de molienda Trabaja cerca de los 100°C cuando lo hace a 1 atm de presión y el rendimiento es bueno siempre y cuando no se presenten atascamientos. Por su sencillez de operación, bajo costo y rendimientos, esta técnica es la más usada en la industria y es recomendada como el método óptimo de obtención para la elaboración del producto propuesto.

Variable de respuesta:

- Volumen de aceite

Variables independientes:

- Presión de operación
- Flujo de vapor
- Tiempo de extracción
- Volumen inicial del agua para producción de vapor
- Especie para trabajar
- Masa inicial del material vegetal

Por el carácter del equipo implementado, el tipo de operación se fija a un reactor Batch por motivos de volúmenes operativos y parte del cultivo con tres clases de materia prima independiente una de la otra. De igual forma, tanto la cantidad de

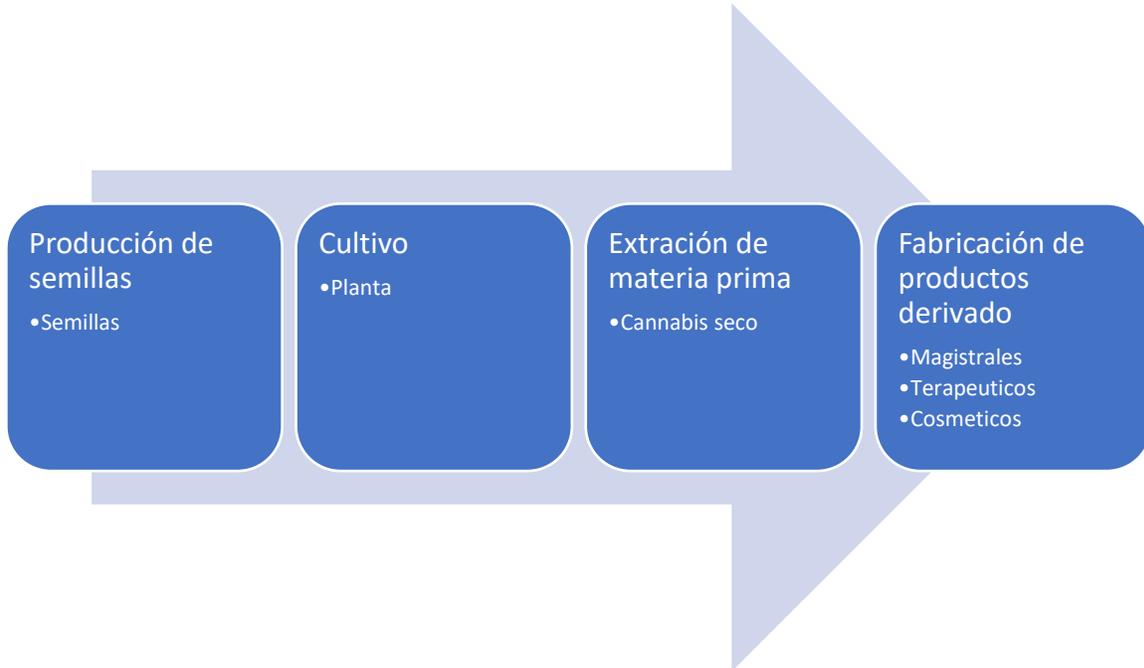
material vegetal a trabajar como el volumen de agua para la generación de vapor iniciales, quedan determinadas por la capacidad del equipo.

4.5. Producción

La extracción de aceite de Cannabis conlleva las siguientes etapas desde su materia prima hasta sus productos terminados.

Figura 4

Fabricación de productos a partir de la extracción del Cannabis



Nota. Elaboración paso a paso de la producción de CBD elaborado en SmartArt.

4.6. Variables que afectan la producción de Cannabidiol

- **Sustrato:** De las condiciones que más afecta el correcto desarrollo de las plantas de cannabis es la obtención de nutrientes por parte de éstas, sin embargo, no es tan

sencillo hablar de una proporción fija para todo tipo de variedades, cada variedad llega a requerir distintas proporciones de abonos. A pesar de esto se puede hablar de un trio de nutrientes que son sobresalientes para el cultivo en general (Nitrógeno, fósforo y potasio) sin embargo, son el combustible para el motor del crecimiento de estas plantas.

- **Riego:** Un factor fundamental para el adecuado desarrollo del cannabis es el agua.
- **Iluminación:** Para todo tipo de planta este aspecto es primordial y en este cultivo no es la excepción.
- **Poda:** Las técnicas de poda para este cultivo están asociadas a lo que se busca en materia de crecimiento, uniformidad y maximización del rendimiento.
- **Temperatura:** La temperatura óptima para el cultivo se encuentra en un rango de entre 18 y 30 °C esto asegura su correcto crecimiento.

Se implementará a través de organizaciones gubernamentales buscar promover las ventajas económicas de la extracción y manejo de este tipo de cultivos para la generación de cadenas de valor. El propósito de este proyecto es el de mitigar los efectos de la erradicación de los cultivos ilícitos a través de estrategias que generen valor e iniciativas productivas, es de importancia evaluar los costos y los recursos reales usados en el cultivo, operación y mercadeo como parte de un programa de producción piloto. El desarrollo de mercados nuevos para este tipo de productos, en base a dichas especies a manejar se requieren investigaciones específicas y acciones experimentales. Aspectos como plan de fertilización a implementar, condiciones de cultivos y labores operativas.

4.6.1. Ventajas de cultivar en el suelo:

- Acceso sin restricciones a los nutrientes y la humedad del suelo.
- Las plantas pueden alcanzar la altura máxima ya que no hay restricción en el crecimiento de las raíces.
- Maximizar el costo
- Mantiene los costos bajos ya que no hay necesidad de comprar macetas

Hay que determinar el pH del suelo, y si es demasiado bajo, o demasiado alto, entonces habría que añadir aditivos, como la cal (para subir el pH/hacerlo más alcalino), o el azufre (para bajar el pH/hacerlo más ácido)

4.6.2. Ventajas de cultivar en macetas

- Flexibilidad para mover las plantas.
- En el caso de condiciones climáticas extremas, las macetas se pueden mover adentro para la protección del cultivo.
- Control máximo sobre el tamaño y el ritmo de crecimiento de las plantas.
- Asegura que no se contamine el suelo del ambiente circundante

Es aconsejable germinar las semillas en interior, y permitir que las plantas crezcan en macetas durante, por lo menos, una o dos semanas en condiciones de iluminación artificial (que podría ser una simple lámpara fluorescente casera).

4.6.3. Plan de acción

Cantidad de agua, periodo o frecuencia del riego a los cultivos, tipos de sustrato, altura, día desde la germinación hasta la floración, condición del cultivo suelo o masetta, temperatura promedio, control de plagas y pesticidas, niveles de pH del suelo.

4.7. Selección de las semillas

Las condiciones ambientales en las cuales se desarrolló el proyecto tienen que ser acordes a la especie y tipo de semillas que se manejarán. A continuación, se encuentra un breve resumen y datos genotípicos de cada especie seleccionada.

Para el estudio de este proyecto se seleccionaron 3 semillas de 3 distintas especies que corresponden a las siguientes:

4.7.1. Durga Mata II: En años recientes, se ha invertido en la investigación y el desarrollo de nuevas variedades que poseen cualidades medicinales, y Durga Mata II CBD, que ha sido desarrollada con la marihuana de CBD, es una de esas variedades.

Durga Mata es una de las variedades feminizadas que ya posee una reputación por producir grandes y resinosos cogollos, que envuelven con una gruesa y esponjosa manta Índica de relajación a aquellos y aquellas que la fuman. La Durga Mata original ya era una elección primordial para los usuarios medicinales, así que se decidió mejorar sus poderes médicos.

La Durga Mata II CBD retiene todas las características de la original, es una planta fiable de cultivar y, al igual que la original, se desarrolla bien en cultivos de interior y, particularmente, en S.O.G. (*Sea Of Green*). Se desarrolla en forma de arbusto, llena de flores, con un tallo central que rezuma resina al terminar el periodo de floración. Los

cogollos, duros como una roca, poseen un olor complejo, a perfume azucarado, recordando al incienso exótico de Delicias Turcas. Las plantas maduran entre los 56 y 58 días, y generan una producción impresionante.

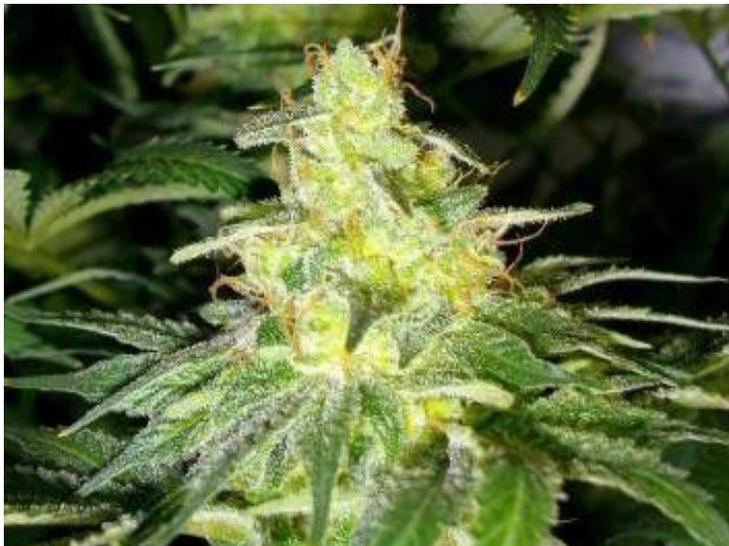
Para el cultivador de exterior, esta variedad se comporta muy bien también. Es resistente a las plagas por naturaleza y crecerá adecuadamente en climas moderados y en regiones menos soleadas del planeta (tales como el norte de Europa y Canadá), prosperando también en regiones sureñas.

Durga Mata II proporciona un resultado final que aporta relajación y calma al cuerpo cuando se fuma o se vaporiza sin aturdimientos cerebrales. Se ha demostrado que el cannabis medicinal tiene efectos anticonvulsivos, antiinflamatorios, anti-náuseas y reductores de la ansiedad. DM-II-CBD posee muchas propiedades curativas y ofrece un efectivo mitigador del dolor natural para muchos y muchas pacientes de cannabis medicinal. (*Paradise Seeds*, 2019)

La gran diferencia entre la variedad original y la medicinal, es el contenido en Cannabidiol (CBD). Tal y como sabrán los usuarios medicinales, el CBD no posee las cualidades psicoactivas del THC y de hecho modera los efectos de este componente. Se ha criado la DM-II-CBD para que sea una clon que contenga un 8,5% en CBD (7% en THC), siendo de este modo una variedad adecuada para uso medicinal.

Figura 5

Durga Mata II



Nota. Fotografía de la variedad Durga Mata II. Reproducida de Durga Mata II CBD, de Paradise seeds, 2015. Obtenido de <https://www.paradise-seeds.com/es/semillas-feminizadas-de-marihuana/durga-mata-2-cbd/>

4.7.2. Viagra: La variedad más estimulante, con cierto valor antidepressivo. El efecto de la variedad es realmente estimulante sin rozar el límite. Índica de procedencia *Haze*, cruzada con *Cinderella 99*, genética que lleva un largo tiempo trabajando para conseguir las expectativas y de la cual nació *Cinderella 69* y la clon reserva especial *Mexican Sativa* para mejorar su producción, de este modo se logra conseguir la *Viagra*, una planta que aporta ligeros toques a vainilla y cítricos con olor especiado que deleitará el paladar de los más sibaritas. Esta variedad estará lista para cosechar en 11 semanas y proporcionará una producción más que satisfactoria. (Vip Seeds, 2020).

Figura 6

Viagrra



Nota. Fotografía de la variedad Viagrra. Reproducida de Viagrra, de Vip Seeds, 2018.

Obtenido de <http://www.vip-seeds.com/viagrra>

4.7.3. Black Kush 98: Black Kush 98 es ideal para mitigar dolores y combatir el insomnio.

Esta variedad tiene un aroma especiado a pimienta y un sabor intenso, dulce con notas a naranja y anisadas, sin duda una auténtica delicia que satisfará a los paladares más exigentes.

Procede de un cruce del famoso esqueje Black Domina 98 con el macho seleccionado Black Domina del que se ha obtenido este fantástico híbrido con las mejores características de las cepas índicas clásicas. La Black Domina es procedente de una mezcla de distintas variedades afganas: Northern Lights, Ortega, Hash Plant y Afghani SA.

El Black Kush 98 es una planta de estructura compacta, rápida floración y buen rendimiento. Los cogollos que produce son grandes y muy compactos, totalmente cubiertos de resina, debido a su herencia afgana. Tiene un crecimiento vigoroso y un

follaje verde oscuro, casi negro, que le concede el nombre. Su tallo central es largo con ramificaciones que nacen llenas de brotes pegados al tronco.

Black Kush 98 es ideal para realizar extracciones debido a sus altas concentraciones de resinas afganas y a su delicioso sabor, con esta variedad se obtiene hachís de primera calidad. (GeaSeeds, 2020).

Figura 7

Black Kush 98



Nota. Fotografía de la variedad Black Kush 98. Reproducida de Black Kush 98, de Gea Seeds, 2020. Obtenido de <https://geaseeds.com/es/semillas-de-marihuana-feminizadas-indicas/67-black-kush-98-geaseeds.html#>

5. Análisis de restricciones

5.1. Legal y socio cultural

La entrada en vigor de la ley 1787 que regula el uso y la comercialización del cannabis medicinal en el país supuso un cambio en la política de drogas a nivel nacional. La historia reciente de Colombia ha estado marcada por la presencia del narcotráfico y la violencia asociada a las condiciones sociales del país. Durante los 60s y 70s Colombia fue uno de los centros de producción de marihuana, y en los últimos 40 años ha sido el principal productor de cocaína en el mundo. Este fenómeno ha ido de la mano con un conflicto social y agrario de más de medio siglo, que han producido una guerra entre las organizaciones guerrilleras, que vieron en la droga una fuente de financiación de su proyecto político, y los jefes narcotraficantes quienes crearon sus propios ejércitos para defenderse de las extorsiones y la amenaza insurgente. Esta situación, sumada a una política de drogas prohibicionista, ha llevado al recrudecimiento de la violencia, la infiltración del narcotráfico en conflictos sociales preexistentes y la confrontación con las fuerzas del estado, lo que ha dejado cerca de seis millones de víctimas. Como respuesta a esta situación, el gobierno nacional se ha enfocado durante décadas en el prohibicionismo y el ataque militar al problema del narcotráfico, lo que ha generado más efectos negativos que soluciones reales.

De allí que este cambio en la legislación no sólo representa una alternativa en términos de salud pública, sino que es una pieza clave en la reconstrucción de una sociedad que ha padecido un conflicto armado por décadas. Sumado a esta transformación, en 2016 el gobierno colombiano puso fin a más de 50 años de confrontación armada con la guerrilla de las FARC con la firma de un acuerdo de paz. Uno de los puntos del acuerdo precisamente se enfoca en la sustitución de cultivos y la necesidad de un cambio en la política de drogas.

Si bien la cocaína sigue teniendo un enfoque punitivo, la Ley 1787 se pensó también como una alternativa para las familias que han hecho parte del narcotráfico y pasen a la legalidad a través del cultivo de cannabis medicinal. Aun cuando no hay claridad del número de personas que dependen de este cultivo, las cifras muestran que la marihuana es la droga más consumida en Colombia y se proyecta que el mercado nacional de cannabis medicinal está del orden de los 5 millones de pacientes, un negocio en el que sin duda los pequeños cultivadores pueden contribuir. Sin embargo, esta oportunidad ha sido rápidamente acaparada por los grandes inversionistas nacionales, como antiguos floricultores, y la llegada de capitales extranjeros. Debido al tipo de regulación que contempla la ley, que apunta al desarrollo de una industria farmacéutica, los pequeños y medianos cultivadores han tenido dificultades para hacer parte de este mercado pues no poseen las inversiones millonarias que este negocio requiere. A pesar de que la legislación contempla que el 10% de la producción debe provenir de pequeños y medianos cultivadores, la realidad es que el negocio ha sido mayoritariamente acaparado por los grandes capitales locales y extranjeros. Si bien existen casos de asociaciones campesinas que se han unido para obtener una licencia, la mayoría lo logran a través de asociaciones con multinacionales, Los desafíos del cannabis medicinal en Colombia: una mirada a los pequeños y medianos cultivadores internacionales en su mayoría canadienses, en donde ya cuentan con una experiencia en el tema. Por lo anterior, desde la puesta en marcha de la ley el gobierno ha introducido resoluciones que buscan incentivar y promover la producción local. Pero la situación está lejos de ser ideal para los productores.

Figura 8

Cannabis en un invernadero



Nota. Fotografía de Cannabis en un invernadero. Reproducida de Invernaderos para cannabis, de Kasalab, 2019. Obtenido de <https://www.kasalab.com/producto/invernaderos-para-cannabis/>

5.1.1. Evolución legislativa: Desde los inicios de la Bonanza Marimbera hasta el día de hoy, Colombia ha sido uno de los epicentros de la guerra contra las drogas y paradójicamente uno de los mayores productores de estas. De acuerdo con Carlos Medina Gallego, profesor de la Universidad Nacional y miembro del grupo de Investigación en Seguridad y Defensa, la prominencia de Colombia como país productor de drogas se debe a una combinación de cinco factores: las crisis de producción agrícola, la crisis de producción textil, el desarrollo de la actividad del contrabando, la violencia política y, la lógica

demanda, prohibición, adicción y consumo. Sin embargo, la razón principal por la cual el narcotráfico empezó a ser una parte importante de la economía nacional fue la declaración de ilegalidad del consumo de drogas.

Esta declaración provino principalmente de las políticas prohibicionistas de Estados Unidos y de un marco legal internacional por el cual Colombia ha estado fuertemente influenciada. Como se mencionó anteriormente, desde inicios del siglo XX Colombia ya contaba con una política de drogas, a través de la Ley 11 de 1920, pero esta se basaba más en la aplicación de multas o sanciones que en la privación de la libertad. Sin embargo, a medida que el consumo aumentaba y el tráfico traspasaba fronteras, el país endureció su legislación y se fue adhiriendo a tratados y convenciones internacionales, que, bajo la influencia de Estados Unidos, declararon la lucha frontal a las drogas a través de políticas represivas y medidas de cero tolerancias. En concepto de algunos académicos, la razón por la cual Colombia se configuró como una meca del narcotráfico se debe precisamente a un proyecto de estado en el cual Colombia representaba un laboratorio de políticas de drogas en la región escogido por Estados Unidos. Uprimny y Guzmán llaman este fenómeno localismo globalizado para referirse a las políticas domésticas de Estados Unidos que luego fueron adoptadas como tratados internacionales de cumplimiento obligatorio, que a su vez fueron adoptadas como políticas locales. Así las cosas, durante todo el siglo XX Colombia adhirió a la mayoría de las convenciones internacionales¹⁹ y promulgó leyes con el fin de coordinar esfuerzos y endurecer políticas represivas. Pero fue solo hasta 1986 cuando el país instauró una legislación comprensiva con la Ley 3020; el Estatuto Nacional de Estupefacientes, que incluye algunas definiciones, establece campañas de prevención, determina el control de importación, fabricación y distribución de sustancias que suponen una dependencia, y fija

los procedimientos de destrucción e incautación. Desde entonces el país se ha movido entre la despenalización del consumo y la prohibición.

Tabla 2*Evolución legislativa*

Año	Ley
1920	La ley 11 de 1920 castiga el tráfico y consumo a través de multas
1928	La ley 128 de 1928 establece medidas restrictivas y permite la incautación de ciertas sustancias
1936	El presidente Alfonso López instaura el Código Penal que establece sentencias menores en cárceles de baja seguridad para personas que participan en la preparación, distribución, venta o suministro de sustancias controladas
1946	La ley 45 de 1946 incrementa las penas y aumenta la reclusión en cárceles de mediana seguridad
1964	El decreto 1669 de 1964 criminaliza por primera vez el consumo de cualquier droga
1971	Con el decreto 522 expedido en este año se castigó el tráfico y cultivo de marihuana, morfina, cocaína y cualquier sustancia proscrita, y se penalizó el uso en espacios públicos con detenciones de tres meses. Sin embargo, la posesión y el uso en privado fue descriminalizado
1974	El decreto 1188 incrementó las penas por tráfico y nuevamente criminalizó el consumo. La ley 13 de este año también aprobaba la Convención Única sobre estupefacientes de 1961
1986	Este año nace la ley 30, que en concepto de Uprimny y Guzmán constituye un instrumento de control y represión sin ningún foco en la prevención o rehabilitación. Aun así, y en concordancia con la Convención de 1961, la ley limita la producción, fabricación, exportación, importación, distribución, comercio, uso y posesión de estupefacientes únicamente con fines médicos y científicos.
1993	Como una medida del gobierno para demostrar su compromiso en la lucha contra el narcotráfico, este año se sancionó la ley 67 con la cual se aprobaba la Convención de 1988
1994	La sentencia C-221 de 1994 supuso un cambio considerable en la legislación al considerar inconstitucional los artículos de la ley 30 que fijaban sanciones a quienes porten o usen las dosis mínimas permitidas. Esta medida supuso un hito al establecer un marco jurídico alternativo a la prohibición y despenalizar el consumo de la dosis personal
2009	En este año nuevamente se produjo una reforma constitucional a través del Acto Legislativo 02 de 2009, que prohibió el consumo, pero no impuso sanciones ni medidas terapéuticas obligatorias para los consumidores. Sin embargo, esta reforma permite el porte y consumo de estupefacientes bajo prescripción médica.
2011	Se promulgó la ley de seguridad ciudadana con la cual se reformó el Código Penal y se mantuvo el fallo de no sancionar el porte de dosis mínimas
2012	Una vez más la Corte Constitucional aclaró la despenalización de la dosis personal a través de la sentencia C-491, y respaldó el consumo como una actividad amparada por el derecho a la libre personalidad

Nota. La evolución de las leyes en cuenta a la restricción de Cannabis desde el año 1920 hasta el año 2012.

5.2. Funciones de las entidades

Tabla 3

Funciones de las entidades

Entidad	Oficina	Actividad
Ministerio de Salud y Protección social	Dirección de Medicamentos y Tecnologías de la Salud	Expedir la licencia de fabricación de derivados de cannabis, realizar visitas de control y evaluación
Min Salud y Fondo Nacional de Estupefacientes	Fondo Nacional de Estupefacientes	Control administrativo y operativo a las actividades relacionadas con el manejo de cannabis y sus derivados, realizar visitas de control y evaluación.
Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos, INVIMA	Dirección	Control de los productos terminados provenientes del cannabis psicoactivo, sin perjuicio de las competencias en materia sanitaria y fitosanitaria, una vez expedida la licencia.
Instituto Colombiano Agropecuario – ICA		Expedir las licencias de uso de semillas para siembra
Ministerio de Justicia y del Derecho	Subdirección de Control y Fiscalización de Sustancias químicas y estupefacientes	y de cultivo de plantas de cannabis, y ejercer el control administrativo y operativo a las actividades relacionadas con el manejo de las semillas para siembra, del cultivo de cannabis y del cannabis.
Policía Nacional	Apoyar las actividades de control administrativo y operativo	

Nota. Funciones de las entidades que controlan los productos derivados del Cannabis.

El Cannabis no psicoactivo exige una descripción de equipos y áreas donde se realizarán las actividades, así como protocolos de seguridad. Las de cultivo además necesitan un concepto favorable en la visita previa de control y en el caso de las licencias de cultivo no psicoactivo requieren de una licencia de fabricación o contrato con el destinatario de la cosecha, descripción de equipos y del área de producción, así como un plan de cultivo por

los años que se solicitó el permiso. En caso de que la modalidad sea para fines científicos, sin importar el tipo de licencia, se requiere documentación que acredite el proyecto de investigación a cargo de una universidad o una persona jurídica constituida que esté haciendo investigación científica. El decreto también estipula los términos de las solicitudes y los mecanismos de control y en la sección 6 introdujo la conformación de un Grupo Técnico de Cupos (GTC), con la función de realizar el análisis, evaluación y seguimiento de todos los asuntos relacionados con la asignación de cupos, es decir, la cantidad máxima de plantas de cannabis psicoactivo permitidas a un licenciatario, en conformidad con la Convención Única de Estupefacientes de 1961. El GTC también tiene la obligación de elaborar una guía para cuantificar las necesidades legítimas de cannabis psicoactivo y determinar el cupo del país a solicitar ante la Junta Internacional de Fiscalización de Estupefacientes, JIFE.

6. Solución de ingeniería

Se debe tener en cuenta que lo planteado hasta este momento ha sido investigativo y cualitativo, para la extracción de CBD artesanal, sin embargo, para el planteamiento de la solución de ingeniería y estudio económico, se basa en la construcción de una planta piloto de extracción de CBD para comprobar su factibilidad.

6.1. Destilación con solventes y vapor

La destilación en corriente de vapor ha sido y es uno de los métodos más comunes para la extracción de aceites esenciales en plantas, se trata de un proceso de separación por el que mediante el uso de vapor de agua se vaporizan selectivamente los componentes volátiles de la materia prima vegetal. Se puede llevar a cabo la construcción y puesta a punto de un montaje de destilación en corriente de vapor artesanalmente para la extracción de aceite esencial de la marihuana extrayendo CBD y THC. El procedimiento consiste en hacer pasar un flujo de vapor a través de la materia prima de modo que este arrastra consigo los aceites esenciales, donde posteriormente estos vapores se enfrían y se condensan dando lugar al destilado líquido formando dos fases inmiscibles la acuosa y la orgánica. Qué es el aceite esencial esta se puede separar por decantación gracias a la diferencia de densidad que existen entre ambas y también teniendo en cuenta el fundamento físico ley de Dalton.

Tabla 4

Métodos y tipos de extracción por arrastre de vapor

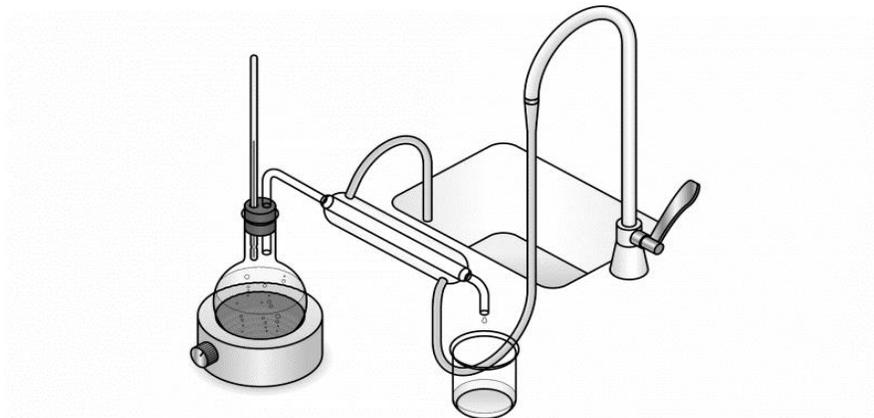
Método	Descripción
Hidrodestilación	La materia prima está sumergida y está en contacto con el solvente mientras se genera vapor.
Destilación con solvente y vapor	La materia prima y el solvente no se encuentran en contacto, el vapor se genera dentro en el mismo recipiente y está dividido por una rejilla con orificios para el paso de vapor.
Destilación en corriente de vapor	La materia prima y el solvente no se encuentran en contacto, y el vapor se genera externamente.

Nota. Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor. Adaptada de Optimización de la extracción, de Casado, 2016. Obtenido de https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf

Principalmente será el método de destilación con solventes y vapor, el vapor se genera en el mismo recipiente donde se introduce la materia prima y los solventes, Pero esta no está en contacto directo, el producto a destilar se dispone en rejillas o placas perforadas y la parte inferior del recipiente se llena con el solvente hasta un nivel por debajo de dichas rejillas.

Figura 9

Destilación con solvente



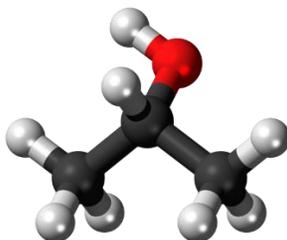
Nota. Ejemplificación método de destilación simple con solventes y vapor de manera casera o artesanal. Reproducida de Destilación de solvente, de Enciclopedia Concepto, 2013. Obtenida de <https://concepto.de/destilacion/>

6.2. Materias primas y suministros

- Alcohol isopropílico: El Alcohol Isopropílico de fórmula C_3H_8O , también llamado isopropanol o 2-propanol, es un disolvente de rápida evaporación que no deja residuos ni impurezas gracias a su alta volatilidad el alcohol isopropílico es un líquido transparente que se utilizará como disolvente su aplicación principal, será de disolvente, ya que es un potente diluyente de compuestos no polares, siendo, además, menos tóxico que otras alternativas. Esto, unido a su alta volatilidad, hace que sea un disolvente muy recomendado para grasas o aceites.

Figura 10

Estructura Química Alcohol Isopropílico 3D

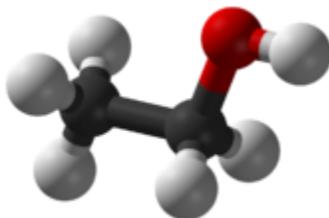


Nota. Estructura química del Alcohol Isopropílico elaborada en ChemSketch.

- Etanol: El etanol de fórmula química C_2H_6O es un tipo de compuesto químico, popularmente conocido como alcohol etílico, el cual en una situación de presión y de temperatura normal, se caracteriza por ser un líquido incoloro e inflamable gracias a su punto de ebullición de $78^\circ C$. Es también una alternativa como disolvente para el proceso gracias a su cantidad de energía para ser evaporado es baja.

Figura 11

Estructura química del Etanol en 3D

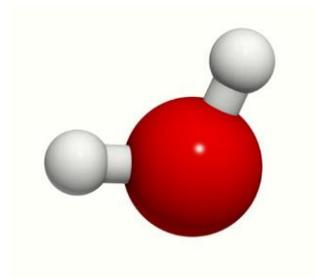


Nota. Estructura química del Etanol elaborada en ChemSketch.

- Agua: El agua de fórmula química H_2O es el solvente universal gracias a su habilidad para disolver una amplia gama de solutos. Sin embargo, existen algunas sustancias (como los aceites) que no se disuelven bien en agua. De manera general, el agua es buena para disolver iones y moléculas polares, pero mala para disolver moléculas no polares. Esto se utiliza en una baja concentración, pero en relación con las de soluto, como en una solución acuosa, estas interacciones forman una capa esférica de moléculas de agua alrededor del soluto, llamada capa de hidratación. Las capas de hidratación permiten la dispersión (distribución) uniforme de partículas en el agua y en los demás solventes.

Figura 12

Estructura química del Agua en 3D



Nota. Estructura química del Agua elaborada en ChemSketch.

6.3. Análisis termoquímico

Los diagramas de fase se utilizan para mostrar datos de equilibrio líquido-vapor en un rango de composición. El sistema binario de Etanol y Alcohol isopropílico como se muestra en la tabla 5 y figura 13. Este sistema exhibe una temperatura relativamente baja, al aumentar la energía térmica se produce un cambio de fase de líquido a vapor, desde los 78°C a 82°C empieza a ver circulación de los solventes en fase vapor, al momento de una

extracción con solventes y vapor aplicando los principios de química verde es lo esperado con la menor cantidad energía poder llevar a cabo el proceso de circulación de estos compuestos por el equipo propuesto y la materia prima con el fin de extraer los aceites o principio activo de la marihuana (THC y CBD) de esta manera teniendo así un panorama más específico al proceso.

6.3.1. Sistema binario:

Tabla 5

Mezcla Binaria De Etanol Y Alcohol Isopropílico

T [K]	(x) l [mol / mol]	(y) l [mol / mol]
82.39	0	0
81.51	0.18	0.19350
81.15	0.30200	0.32350
80.88	0.36550	0.41400
80.68	0.40100	0.4275
80.27	0.51400	0.56000
80.10	0.54100	0.57250
79.92	0.629	0,662
79.57	0.7182	0,7536
79.03	0.7916	0.82500
78.95	0.86060	0.87050
78.46	1	1

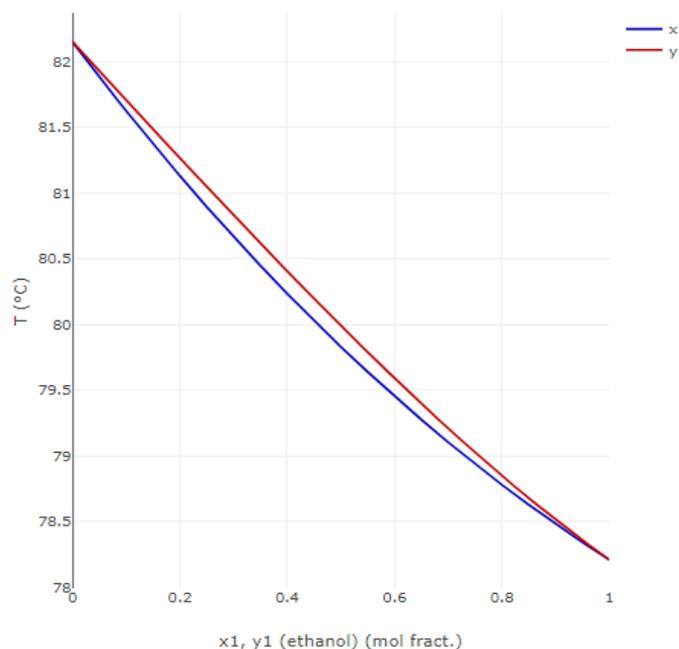
Nota. Tabal de datos en mezcla binaria de etanol y alcohol isopropílico (T - temperatura, x - fracción molar líquida, y - fracción molar de vapor). Adaptada de Vapor-Liquid

Equilibrium, de Ind.Eng. Chem, 2021. Obtenido de

<http://www.ddbst.com/en/EED/VLE/VLEindex.php#Ethanol>

Figura 13

Relación binaria entre el coeficiente de actividad líquido- vapor

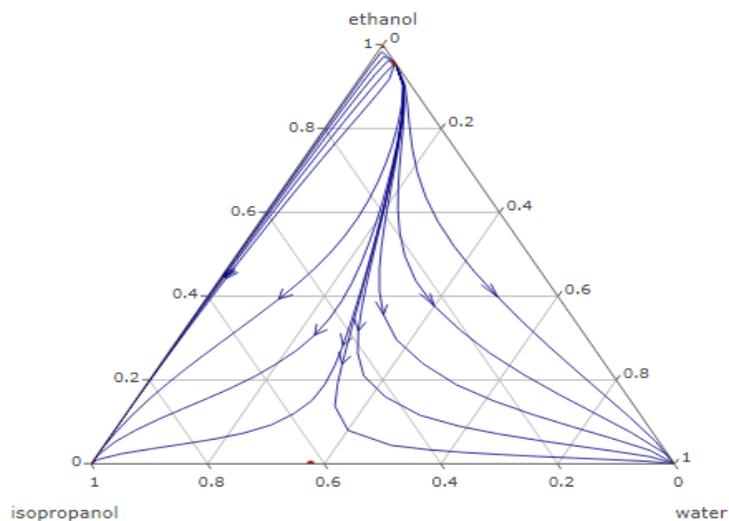


Nota. Relación binaria entre el coeficiente de actividad líquido- vapor y la composición representada en la gráfica temperatura vs fracción molar para un sistema binario. Elaborado en VLE.

6.3.2. Sistema ternario: Para los sistemas ternarios, se requiere una gráfica tridimensional para representar los efectos tanto de la composición como de la temperatura en el comportamiento de la fase ya que es tenida en cuenta en la mezcla el agua como tercer solvente no volátil con el fin de una dispersión uniforme o capa de hidratación al momento del proceso, en la mayoría de los sistemas ternarios utilizados en la extracción un par binario tiene una miscibilidad limitada, se llevan a cabo como si el sistema fuera un sistema ternario compuesto solo por un único soluto más el solvente de alimentación y el solvente de extracción.

Figura 14

Diagrama de fases ternario Etanol, Alcohol isopropílico y agua



Nota. Diagrama de fases ternario Etanol, Alcohol isopropílico y agua temperatura vs fracción molar. Elaborado en VLE.

Tabla 6

Mezcla Para La Extracción De La Destilación Con Solvente Y Vapor

Nombres de los compuestos	Fracción molar
Etanol	0.45
Alcohol isopropílico	0.30
Agua	0.25

Nota. Tabal de datos de la mezcla a usar para la extracción destilación con solvente y vapor.

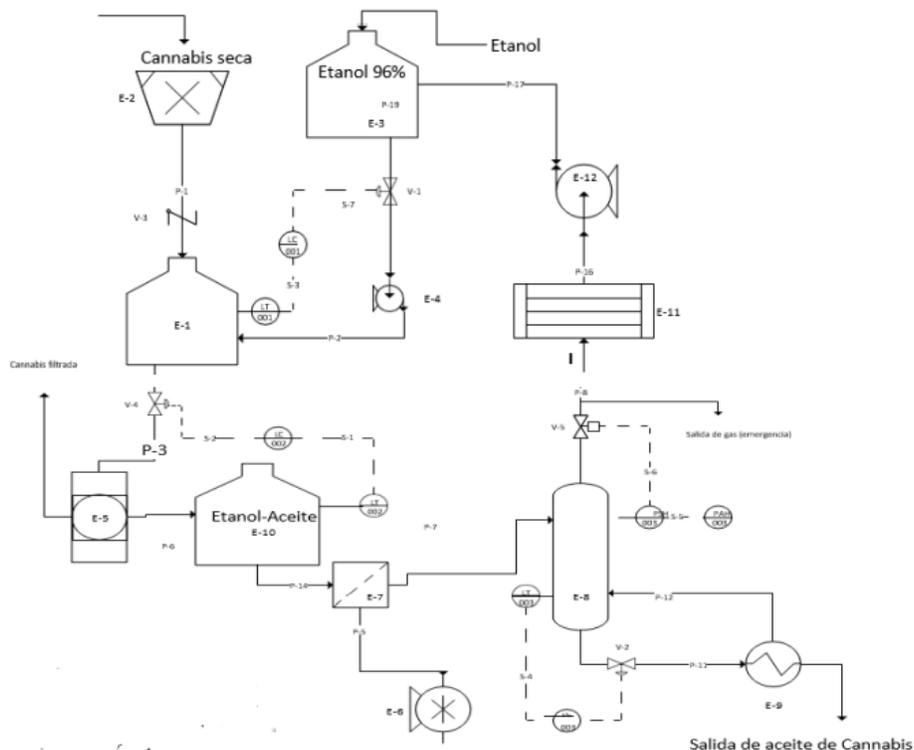
6.4. Prototipo de proceso para la elaboración de extracto cannabis

Para la selección de la maquinaria se debe tener en cuenta también los siguientes puntos: capacidades técnicas, necesidades de personal, seguridad laboral, mantenimiento, nivel de servicio, fiabilidad, confiabilidad, capacidad de integrarse dentro de la línea de producción, coste del equipo, espacio requerido, flexibilidad, consumo de energía, calidad de los embalajes producidos y capacidad de almacenamiento, esto lleva a la identificación de todos los factores de una planta.

Figura 15

Diagrama de flujo de extracción de CBD

E1: Tanque de almacenamiento	E2: Molino de materia prima	E3: Tanque de almacenamiento etanol
E4: Bomba	E5: Filtro #1	E6: Bomba de vacío
Filtro # 2 (trabaja con E6)	E8: Columna de separación	E9: Intercambiador de calor
E10: Tanque de almacenamiento mezcla etanol-aceite	E11: Condensador	E12: Bomba



Nota. Diagrama tipo P&ID de la extracción de CBD. Elaborado en Visio.

6.4.1. Análisis y argumento para la selección del proceso

Permitir que el prototipo de la industria extractora pueda tener operaciones ambientalmente sostenibles al reducir la cantidad de agua y energía consumida y desechos generados durante el proceso de extracción gracias a las modernas técnicas y a los equipos de extracción, se busca la recuperación de los solventes estos almacenados nuevamente listo para su reutilización por segunda vez. Permitiendo a dicha industria extractora de

Cannabidol, CBD y HTC operaciones ambientalmente sostenibles al reducir la cantidad de agua y energía consumida en el momento de extracción así reduciendo la cantidad del uso de solventes y agentes químicos, asimismo los desechos emitido generados por parte de esta industria en las etapas productivas, generando aumentos en la productividad y beneficiándose financieramente así entrando en un entorno de economía circular mediante planes de gestión de reciclajes o uso de materiales que estuvieron en primera línea para generar subproductos o disponiendo el desecho orgánico y sintético no reutilizable de manera adecuada minimizando los impactos que estos puedan tener ambientalmente o social.

7. Comparaciones con hechos conocidos.

7.1. Extracción con aceite vs Extracción con CO_2 vs Extracción por arrastre de vapor

En los últimos años, los extractos de cannabis se han vuelto muy populares y el gran interés que despiertan ha llevado a la comunidad científica a realizar muchas investigaciones para estudiar mejor sus actividades químicas y biológicas. Hay alrededor de 120 fitocannabinoides en la planta del cannabis, que son compuestos que pueden unirse a los receptores de cannabinoides y otros sistemas de receptores para ejercer efectos farmacológicos.

Sin embargo, algunos cannabinoides, como el ácido Δ^9 -tetrahidrocannabinol y el ácido cannabidiol, son inactivos y representan un ligando de receptor eficaz. Por tanto, la etapa de descarboxilación es fundamental para el aprovechamiento de los efectos terapéuticos del cannabis. Por tanto, el método de extracción utilizado es muy importante, determina el tipo de material extraído.

Cada método tiene ventajas y desventajas dependiendo de:

- Tipo de compuesto para extraer
- Duración de la extracción
- La temperatura
- Disolvente utilizado

En el estudio de Pablo Villaverde, se utilizaron cuatro métodos de extracción diferentes para evaluar la eficiencia de extracción y la eficiencia de descarboxilación de los fitocannabinoides ácidos presentes, y para examinar su relevancia en la respuesta biológica

de la interacción con los receptores de cannabinoides. El extracto obtenido en este estudio se ha caracterizado desde la perspectiva de su composición química. (Villa Wade, 2019)

La extracción de aceite es un método con mayor rendimiento de extracción de los principales fitocannabinoides en forma ácida, pero no se ha demostrado que se pueda lograr una descarboxilación efectiva, de hecho, solo se puede extraer una pequeña cantidad de los compuestos de descarboxilación correspondientes.

En la extracción con CO_2 supercrítico, cada muestra se extrae tres veces de forma continua hasta que se disuelven por completo todos los fitocannabinoides. A continuación, las fracciones resultantes se combinaron y se concentraron hasta sequedad a $25^\circ C$. Este método también muestra una mayor eficiencia de extracción de fitocannabinoides en forma ácida en lugar de en forma descarboxilada.

La extracción por arrastre de vapor implica un proceso de extracción basado en radiación de microondas para calentar la mezcla muestra / solvente para facilitar y acelerar la extracción de compuestos presentes en las plantas, y la muestra suspendida en etanol se somete a altas temperaturas para promover la descarboxilación de fitocannabinoides en forma ácida. Si la presión es baja, la transferencia instantánea de energía del solvente a la biomasa hará que la temperatura sea más alta que su punto de ebullición, resultando en una descarboxilación del 99% de los fitocannabinoides ácidos. Comparado con todos los demás métodos, el último método es el más efectivo y muestra un uso potencial a escala industrial: produce extractos que contienen fitocannabinoides totalmente descarboxilados y permite el control de la temperatura de extracción, el tiempo de extracción corto y más uso. Menos solvente y más reproducible.

7.2. La droga de cannabis vs El extracto de cannabis.

El contenido total de THC se utiliza para definir el extracto de cannabis (habida cuenta del actual límite superior legal, para hachís industrial, del 0,2 y 0,3% de THC en Europa y el Canadá, respectivamente). Otro método sencillo para distinguir la droga de cannabis de la fibra de cannabis es calcular la relación entre los principales cannabinoides, el THC, el CBN y el CBD. El CBD como el THC, por medio de sus ácidos CBDA y THCA, se obtienen biosintéticamente a partir del CBGA. Si la relación entre las áreas de los picos es 1, se considera un tipo de droga. Debido a que el THC se oxida parcialmente formando CBN después de cortar y secar el material vegetal, se usa la suma de las áreas de los picos de THC y CBN dividida por el área de CBD.

$$X = \frac{[THC] + [CBN]}{[CBD]}$$

$[THC]$ = Área de THC en el cromatograma

$X > 1$ Droga de Cannabis

$X < 1$ Fibra de Cannabis

8. Estudio Económico

Basados en la información que se ha recopilado a través de la investigación y el trabajo que se ha desarrollado con respecto a la fabricación del extracto de CBD por medio de la extracción de arrastre de vapor, se implementó un estudio financiero en el cual se estimaron los costos, gastos, inversión inicial y panorama que se deberán tener en cuenta para el desarrollo de la implementación de la planta piloto.

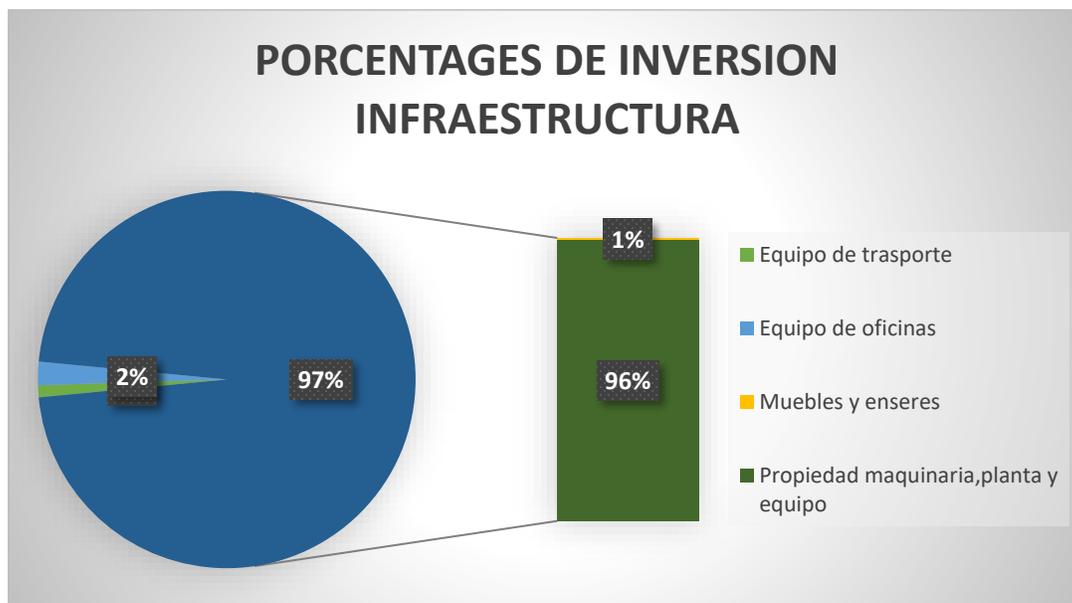
Es necesario tener en cuenta que esta información fue estimada de diferentes fuentes y proveedores, lo cual permitió organizar y estimar los valores relacionados con el personal necesario para el funcionamiento óptimo del diseño en planta, incluyendo los costos de producción, los equipos e insumos. Además de las estimaciones de costos se realiza una estimación de proyección de ventas y financiamiento a 5 años iniciando en el año 2021 y culminando en el año 2025, brindando finalmente conocimiento general de la parte financiera.

8.1. Costos

8.1.1. Costos Directos: En cuanto a los costos directos están relacionados con la manufactura del CBD, en la cual la principal variable es la infraestructura alcanzando los \$408.658.100, en donde se contemplan los costos de propiedad, maquinaria, equipos de oficina, equipo de transporte, muebles y enceres. Es evidente que el mayor porcentaje de inversión es la infraestructura de la propiedad maquinaria y equipo, alcanzando los \$393.642.100.

Figura 16

Inversión infraestructura

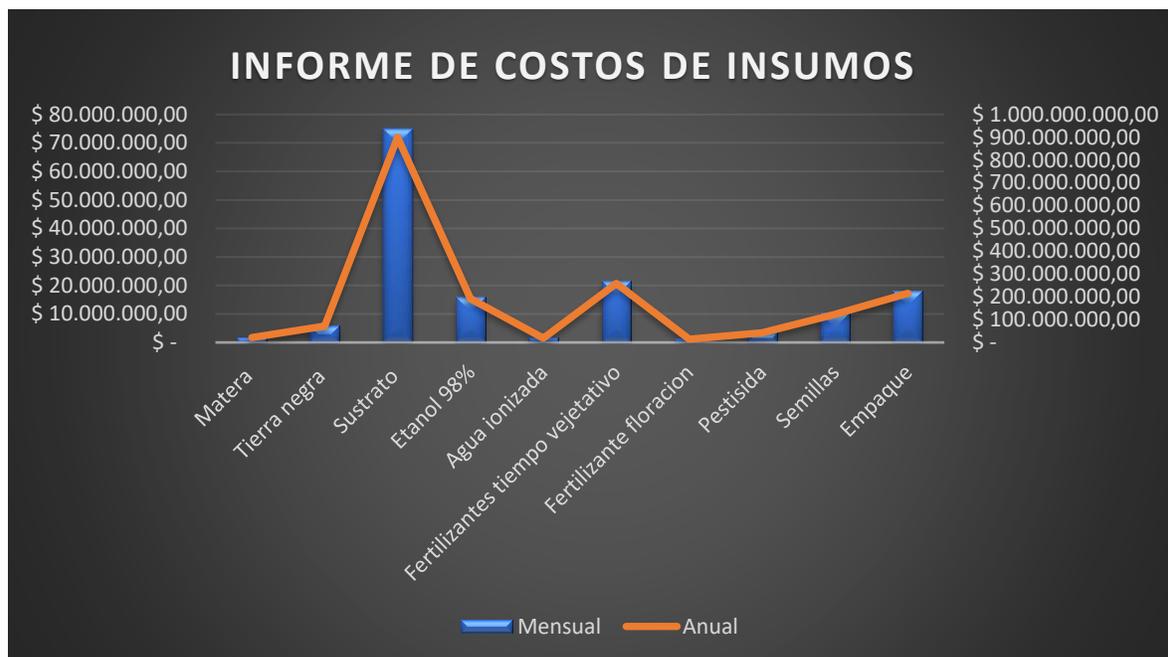


Nota. Porcentajes de inversión inicial de la propiedad infraestructura para la extracción de CBD. Elaborando en el Excel formulado de estudio económico, Universidad EAN.

Un segundo enfoque de los costos directos son los insumos de producción que se requieren para la elaboración del extracto de CBD, con un total \$ 154.950.000 para la producción de 20 kg de extracto anuales. Cabe aclarar que estos costos pueden aumentar o disminuir dependiendo de la producción.

Figura 17

Informe de costos de insumos



Nota. Informe de costos aproximado de insumos mensual y anual para la extracción de CBD. Elaborando en el Excel formulado de estudio económico, Universidad EAN.

8.2.2. Costos Fijos: Los costos fijos son los que permanecen constantes, uno de estos costos es el de la nómina que se dividen en tres grupos de recursos humanos necesarios, el primer grupo del personal encargado de las operaciones de producción y servicio; el segundo grupo es el personal que está involucrado en el área administrativa y por ultimo las personas que trabajan en área comercial, estos costos incluyen los pagos de ley establecidos por el gobierno y se estima que el personal de producción es la mayor inversión de costos por nomina siendo de \$10.500.000 mensual.

Figura 18

Organización de nominas



Nota. Organización de nóminas para la extracción de CBD. Elaborando en el Excel formulado de estudio económico, Universidad EAN.

El segundo enfoque de los costos fijos es el que está relacionado con los servicios públicos éstos están contemplados por los servicios básicos para una planta de extracción que son agua, internet, gas y electricidad para un total aproximado mensual de \$ 3.170.000, mas \$ 4.000.000 de arriendo.

Tabla 7

Servicios públicos y arriendo

Servicios públicos	Mensual	Anual
Arriendo	\$ 4.000.000,00	\$ 48.000.000,00
Agua	\$ 820.000,00	\$ 9.840.000,00
Internet	\$ 120.000,00	\$ 1.440.000,00
Gas	\$ 730.000,00	\$ 8.760.000,00
Electricidad	\$ 1.500.000,00	\$ 18.000.000,00

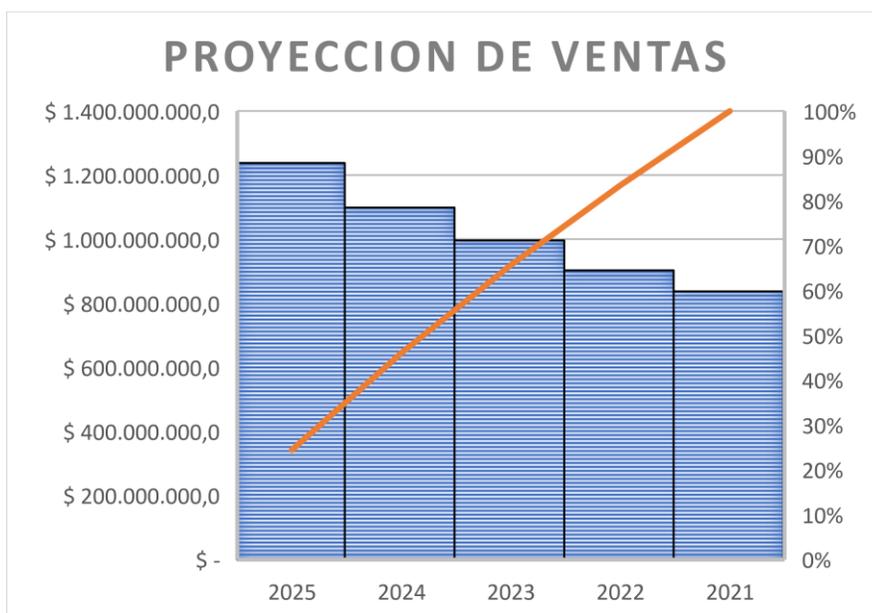
Nota. Servicios estimados públicos mensual y anual para la extracción de CBD.

8.2. Proyección de ventas

Para la proyección de ventas se tuvo en cuenta información histórica de ventas del sector de extracción de CBD en Colombia, para posteriormente proyectar las ventas desde el año 2021 hasta el 2025, de igual manera se estima un cálculo de las ventas a nivel Bogotá es de un 33,7%, sin embargo, se debe tener en cuenta la demanda proyectada. Se tiene un crecimiento ponderado del 7% desde el año 2022 hasta el 2025.

Figura 19

Proyección de ventas



Nota. Organización de nóminas para la extracción de CBD. Elaborando en el Excel formulado de estudio económico, Universidad EAN.

8.3. Inversión

8.3.1. Financiación: Teniendo en cuenta los costos para la inversión inicial es de \$630.563.100, se debe requerir un préstamo por dicha cantidad para el cumplimiento total de la inversión, para lo cual se estima la solicitud de un crédito con una tasa de interés anual del 22,50%, teniendo de esta forma un plan de pagos para el préstamo solicitado.

Tabla 8

Préstamo e Inversión Inicial

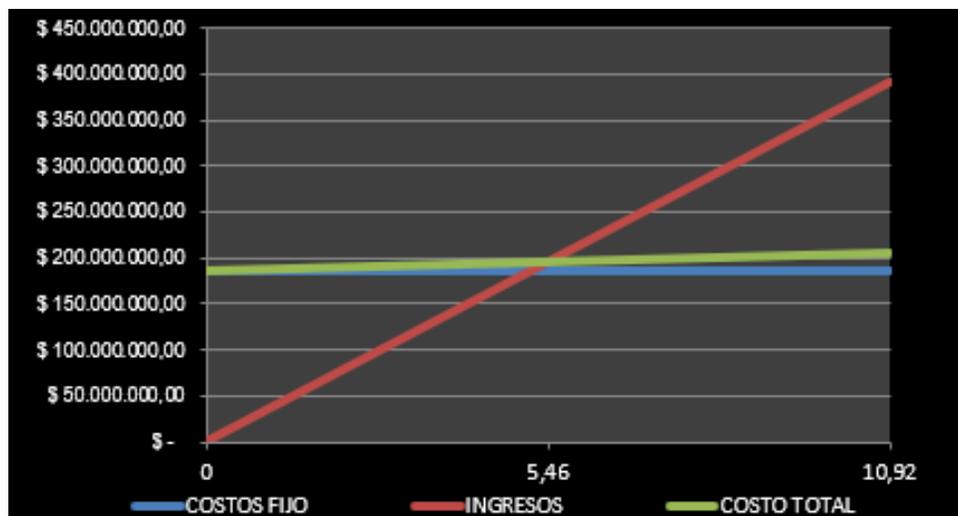
AÑOS	CUOTA POR PAGAR	ABONO A CAPITAL	INTERESES	SALDO DE LA DEUDA
0				\$ 630.563.100
2021	\$ -222.555.047	\$ -80.678.349	\$ 141.876.698	\$ 549.884.751
2022	\$ -222.555.047	\$ -98.830.978	\$ 123.724.069	\$ 451.053.773
2023	\$ -222.555.047	\$ -121.067.948	\$ 101.487.099	\$ 329.985.825
2024	\$ -222.555.047	\$ -148.308.236	\$ 74.246.811	\$ 181.677.589
2025	\$ -222.555.047	\$ -181.677.589	\$ 40.877.458	\$ -

Nota. Cálculo del préstamo para la inversión inicial por cuotas anuales.

8.3.2. Retorno de inversión: Para el retorno de inversión se contempla una tasa mínima de rentabilidad TMR del 50% y una tasa interna de retorno de 50,45% alcanzando su estabilidad con la venta de 5,46 kg por cada año en aproximadamente 4,97 años.

Figura 20

Punto de equilibrio



Nota. Punto de equilibrio del montaje en plantan para la extracción de CBD. Elaborando en el Excel formulado de estudio económico, Universidad EAN.

8. Conclusión

En la actualidad, independientemente de la discusión actual relacionada con el cultivo y uso de la marihuana, debido en su mayor parte a las propiedades psicoactivas de los cannabinoides. Sin embargo, con la presencia también de partes no psicoactivas, ha creado un interés enorme en aplicaciones e innovaciones junto a otros extractos en distintos productos cosméticos y farmacéuticos de forma natural.

Una tendencia clara a adoptar técnicas de extracción menos nocivas para la salud y el medioambiente, a pesar de que en realidad es cierto que las técnicas tradicionales son eficaces para adquirir altos rendimientos de extracción, donde las condiciones como la temperatura y la presión se entrelazan a valores ambientales aceptables, sin embargo, la nocividad de los solventes utilizados en dichas técnicas implica que en estos días, la utilización no sea la más adecuada, viéndose afectadas por las tecnologías que remplazan a pasos agigantados las técnicas habituales, por su mayor rendimiento y eficiencia en cada una de sus operaciones.

En cuanto la extracción por solventes y vapor se ha podido evidenciar por medio del análisis cualitativo, que dicho proceso puede recuperar los solventes, aplicando principios de química verde más seguros y rentables en el mercado, compitiendo con las técnicas actuales de extracción.

Pese a las limitaciones encontradas debido a lo reciente del tema y a las políticas o leyes de restricción en cuanto al CBD, se ha propuesto un proceso más rentable para la extracción del cannabis por su enfoque en química verde, el cual podría ejecutarse a escala

experimental y posteriormente a escala industrial para comprobar su viabilidad y rentabilidad en la industria cosmética colombiana.

Las extracciones de CBD en Colombia aún tienen un largo camino que recorrer, ya que por las problemáticas socioculturales en cuanto a la marihuana y sus productos derivados siguen siendo un tabú, por sus usos recreativos. Sin embargo, las leyes están evolucionando en pro del desarrollo de los productos derivados de la planta de cannabis, apoyándose en las regulaciones del gobierno que manifiestan el alcance de estas actividades, como el cultivo, la transformación, el uso y la comercialización del CBD, con propósitos únicamente medicinales y cosméticos.

9. Referencias

- Abril, A., & Navarro, E. (2012). *ETANOL A PARTIR DE BIOSAMA LIGNOCELULOZA*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Enrique-Navarro/publication/241216642_Etanol_a_partir_de_biomasa_lignocelulosica/links/0c96051c8409028b93000000/Etanol-a-partir-de-biomasa-lignocelulosica.pdf
- Amar, M. B. (2006). *La química del cannabis*. Obtenido de https://saltonverde.com/wp-content/uploads/2017/09/07-Quimica_Cannabis%20.pdf
- Canaria Perez, J. C., & Ramos Rivera, A. P. (2019). *Fundacion universidad de america*. Obtenido de <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7618/1/6142407-2019-2-IQ.pdf>
- Casado. (2016). *Optimización de extracción*. Obtenido de https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf
- Castillo Cruz, J. D., & Rico Nieto, J. S. (2020). *Fundación universidad de america*. Obtenido de <http://52.0.229.99/handle/20.500.11839/8186>
- Celis, L. A. (2020). *Exportación de productos derivados del cannabis con fines medicinales como oportunidad*. Obtenido de <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1713/Carreno-Celis-LauraAlejandra-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Concepto. (2013). *Destilación*. Obtenido de <https://concepto.de/destilacion/>
- costa, L. (28 de 02 de 2015). *PRODUCCION DE ALCOHOL ISOPROPILICO*. Obtenido de <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/1122>
- Diaz, H. (19 de 04 de 2019). Tamaño del mercado legal del Cannabis. *SEMANA*, pág. 1.
- Gea Seeds. (2020). *Black Kush 98*. Obtenido de <https://geaseeds.com/es/semillas-de-marihuana-feminizadas-indicas/67-black-kush-98-geaseeds.html#>
- H. G. Zandstra, E. C. (s.f.). *Metodologia de Investigaciôn en Sistemas*. Obtenido de <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/6452/IDL-6452.pdf?sequence=1>
- Ing Eng Chem. (2021). *DDB*. Obtenido de <http://www.ddbst.com/en/EED/VLE/VLEindex.php#Ethanol>
- Kasalab. (2019). *Invernadero para cannabis*. Obtenido de <https://www.kasalab.com/producto/invernaderos-para-cannabis/>
- Lizarazo, Z. N. (s.f.). *METODOLOGÍA PARA EL SEGUIMIENTO DE*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/143451734.pdf>

NCBI. (22 de 08 de 2019). *Clinicians' Guide to Cannabidiol and Hemp Oils*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31447137/>

NCBI. (30 de 09 de 2021). *Tetrahydrocannabinol (THC)*. Obtenido de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK563174/>

Paradise Seeds. (2015). *Durga Mata II CBD*. Obtenido de <https://www.paradise-seeds.com/es/semillas-feminizadas-de-marihuana/durga-mata-2-cbd/>

Sielo. (3 de 11 de 2007). *A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators*. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0120-56092007000300019

Vip Seeds. (2018). *Viagrra*. Obtenido de <http://www.vip-seeds.com/viagrra>