

**Propuesta de implementación de economía circular para el aprovechamiento de terpenos provenientes de la obtención de cannabinoides**

Elaborado por:

Marcia Catalina Acosta Peña

Diego Fernando Duarte Méndez

Daniela Indira Garzón Truque

Jesenia Molina Roa

Lina Sofía Rojas Burgos

Universidad Ean

Especialización en Gerencia de Procesos de Calidad e Innovación

Especialización en Gobierno y Gerencia Pública

Bogotá

26/11/2021

## Resumen

Los procesos productivos de cannabinoides generan diferentes residuos peligrosos como los terpenos. La empresa Santa Marta Golden Hemp (SMGH) se dedica a la producción de material vegetal y derivados de cannabis, por lo que para ellos es relevante la adopción de políticas de sostenibilidad que reduzcan los daños medio ambientales y generen un aprovechamiento de estos, para ello se sugiere la implementación de la economía circular a partir de la observación de fuentes enfocadas al análisis y uso de terpenos en diferentes sectores industriales. El presente estudio se basa en una revisión sistemática cuantitativa para describir, en primer lugar, el proceso productivo del terpeno a partir de cuatro dimensiones: definiciones, descripción del procedimiento, metodología y parámetros de calidad, en segundo lugar, para establecer el sector industrial para el uso de terpenos a partir de dos dimensiones: sector y productos.

**Palabras clave:** cannabis, terpenos, proceso, sector industrial y economía circular.

## Problema de Investigación

### Antecedentes del problema

Fundada en 2018, Santa Marta Golden Hemp (SMGH) es una compañía subsidiaria de Avicana Inc, dedicada a la producción de material vegetal y derivados de cannabis con fines industriales, medicinales, alimenticio y dermocosméticos; ubicados en las cercanías de la Sierra Nevada de Santa Marta en el área rural del corregimiento de Bonda – Magdalena, que goza de un microclima distintivo ofreciendo temperaturas óptimas consistentes, baja humedad relativa, tierras fértiles, agua limpia y 12 horas de luz solar al día y condiciones ideales para el cultivo de cannabis y cáñamo (Viloria, 2005).

La compañía se centra en el cultivo orgánico de plantas de alto rendimiento de TCH y CBD, así como en los procesos de extracción y aislamiento dando como resultado la disponibilidad de cannabinoides aislados de alta calidad, la cadena productiva se basa en la sostenibilidad de

las estribaciones de la Sierra Nevada mediante la preservación del medio ambiente a través de diversas políticas como manejo uso razonable de recursos y de desechos. Este último cobra gran importancia durante todo el proceso de producción en especial durante la transformación del material vegetal a aislado.

Esta transformación consta de un proceso de extracción usando como solventes el etanol al 95% a temperatura de  $-60^{\circ}\text{C}$ , que disuelve con mayor facilidad los compuestos solubles de polaridad alta (Rožanc et al, 2021) localizados en las flores descarboxiladas; la operación inicia colocando el material vegetal en un equipo de extracción que tiene como principio el arrastre de material soluble en etanol evitando que no se traspasen las impurezas o material vegetal sólido al producto a obtener, luego se vierte el solvente en el material vegetal y se escurre para que suelte los compuestos deseados de este (Pastrana, 2020) obteniendo un extracto etanólico que debe pasar por un evaporador con el fin de retirar el solvente del extracto obteniendo una resina compuesta por cannabinoides y terpenos, los residuos de etanol son reutilizados para posteriores extracciones.

Esta resina es sometida a un proceso de destilación de paso corto que separa los componentes de la mezcla con base a sus diferentes presiones de vapor, que implica que el destilado se desplace a una corta distancia, a menudo solo unos pocos centímetro a presiones reducidas; aislando así los terpenos de los cannabinoides con el fin de purificar estos últimos a través del método de cristalización, que tiene como principio la diferencia de solubilidad que presenta la sustancia, en este caso el destilado y sus impurezas en un determinado solvente (Guaymas, 2020) para su posterior comercialización.

Como se evidenció anteriormente son diversos los residuos generados durante la producción de aislados los cuales son reincorporados a sus procesos reduciendo la generación de desechos y contribuyendo las políticas de sostenibilidad de la compañía, algunos de los subproductos son los terpenos, estos son definidos como compuestos orgánicos aromáticos y

volátiles que están conformados por cinco átomos de carbono, los cuales constituyen la mayor parte del aceite esencial producido por las plantas aromáticas, este metabolito secundario aporta las propiedades organolépticas a las frutas, alimentos y demás, las cuales son las responsables del olor y sabor (Álvarez, 2021). Estos no son incorporados a la cadena productiva clasificándolos como residuos peligrosos, los cuales se definen como “residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente” de acuerdo con el Decreto 4741 de 2005 y los cuales sin buenas prácticas de gestión, puede representar riesgos significativos para la salud humana y el medio ambiente, en especial para los miembros más pobres de la comunidad mundial.

Según el Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia del 2019 dado por el IDEAM, se produjeron 640.035 toneladas con un incremento del 0.7 % en comparación con el año 2018. La región del Magdalena generó 10.987 toneladas más que lo reportado para el 2018, 2.23 % respecto al total nacional y la fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico y si bien existe normatividad legal como: Constitución Política, Política Ambiental para la Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos dictaminada por el Ministerio del Medio Ambiente, el Decreto 4741 de 2005, la adopción de los Indicadores de Sostenibilidad conocidos como Objetivos Mundiales, entre otros; muestra una vez más la necesidad de estrategias a todo nivel para prevenir y reducir la generación de estos residuos buscando alternativas de aprovechamiento o recuperación de los mismos, con el fin de disminuir su tratamiento y la disposición final.

### **Descripción del problema**

Durante el proceso de producción de los cannabinoides aislados se manejan diferentes sustancias las cuales generan una cantidad importante de residuos, de estos, algunos son reutilizados por otras compañías del sector productivo garantizando su buen uso y disposición



final. Otros, como los terpenos, actualmente se manejan de acuerdo con la normatividad actual del Ministerio de Medio Ambiente, sin embargo, estos procesos siguen generando un impacto medio ambiental, como riesgos en la salud humana, afectación en recursos no renovables, afectaciones sociales de la población, entre otros.

## **Pregunta de investigación**

¿Cómo se podrían aprovechar los terpenos generados durante el proceso de destilación en la obtención de cannabinoides reduciendo el impacto ambiental?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Desarrollar una propuesta de aprovechamiento de los terpenos provenientes de la destilación en la obtención de cannabinoides a través de economía circular con fines comerciales en el sector industrial.

### **Objetivos específicos**

- Describir un proceso productivo del terpeno viable para su aprovechamiento comercial a partir de revisión bibliográfica.
- Establecer el sector industrial en el cual se utilizan los terpenos como materia prima basado en los beneficios de estos.
- Integrar la economía circular en la propuesta de aprovechamiento para redefinir el uso de los terpenos minimizando el impacto ambiental.

## **Justificación**

La importancia de estudiar los métodos de reincorporación a la cadena productiva de los terpenos radica principalmente en que actualmente estos compuestos orgánicos son dispuestos por empresas como Interaseo para Santa Marta Golden Hemp, siendo clasificados como residuos peligrosos según el Decreto 4741 de 2005, por lo que al encontrar una propuesta de mejor aprovechamiento y correcta disposición final se podrían reducir impactos

medioambientales y económicos para la empresa y para las comunidades aledañas a la compañía, estos terpenos pueden ser aprovechados correctamente en la industria farmacéutica, cosmética y de alimentos.

## **Marco teórico**

Actualmente y posterior a varias investigaciones se determinó que la planta de Cannabis contiene sustancias como los terpenos que son compuestos orgánicos aromáticos y volátiles que están constituidos por la unión de unidades de un hidrocarburo de 5 átomos de carbono, llamado isopreno. Los terpenos son los metabolitos secundarios que dan las características organolépticas (aroma y sabor) de las plantas y que constituyen la mayor parte del aceite esencial producido por las plantas aromáticas. El Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, en su informe Actividad biológica de los Terpenos en el área agroalimentaria, los estudian como el grupo más abundante de los aceites vegetales, y son explotados por diferentes industrias, entre ellas la farmacéutica, agroalimentaria, cosmética, química, entre otras (Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, 2018).

Los terpenos al presentar actividad antioxidante, antitumoral, antiinflamatoria, antifúngica y antibacteriales (Shrader y Bohlman, 2015) se consideran elementos primordiales de los alimentos funcionales y de los productos nutraceuticos. Basado en lo anterior y con lo que indican los autores se afirma que se pueden utilizar en productos alimenticios de una dieta normal ya que sus compuestos como minerales, vitaminas, antioxidantes, etc., generan un efecto favorable sobre la salud. En el informe también concluyen que los terpenos son los metabolitos secundarios de las plantas más abundantes, muchos de ellos aún no han sido descubiertos por lo cual continúan con procesos de investigación que generarían soluciones prometedoras a los problemas que aquejan a la industria agroalimentaria.

Por otro lado, los autores Higuera y Torres indican que los terpenos y aceites esenciales (AcEs) poseen un amplio espectro de actividades biológicas que pueden ser exploradas en las ciencias veterinarias (Torres e Higuera, 2021), su uso se centra en la estrategia para disminuir el crecimiento de nematodos gastrointestinales resistentes a los antihelmínticos tradicionales en pequeños rumiantes, esta situación es considerada como la mayor amenaza sanitaria para los rebaños de ovinos y caprinos, esta aplicación permite al sector ganadero ser más productivo ya que disminuye la tasa de mortalidad. En la actualidad, el área veterinaria continua en varios procesos de investigación frente al uso de los terpenos en medicamentos que contribuyan al bienestar de las diferentes especies animales.

Paralelamente, en otro artículo se encontró que el mosquito *Aedes aegypti* es el principal vector de los virus del dengue, Chikunguña y Zika. Actualmente, no existen vacunas disponibles o tratamientos para estas enfermedades, por lo cual se buscan alternativas para controlar al vector mediante el desarrollo de nuevos insecticidas. Los terpenos son un grupo de compuestos orgánicos sintetizados por plantas y algas marinas, que son empleados para el control de plagas debido a su actividad insecticida; estos actúan como repelentes (González, 2020). Son las enfermedades anteriores una problemática en diferentes países, por lo que esta tesis de doctorado permite identificar usos adicionales de los terpenos que confirman la importancia de estos en la industria farmacéutica, ya que para la ciencia es todo un desafío el encontrar curas por medio de medicamentos y/o vacunas que permita la evolución de la vida humana.

Continuando con esta problemática, más de la mitad de la población humana está expuesta a contraer infecciones transmitidas por mosquitos. El cambio climático y la aparición de cepas resistentes a los insecticidas tradicionalmente utilizados han motivado la búsqueda de nuevos agentes capaces de controlar las poblaciones de mosquitos. Los aceites esenciales han resultado ser eficaces agentes repelentes y larvicidas (Andrede et al, 2017). Debido a que este

tipo de enfermedades no tiene tratamientos y vacunas eficaces es necesario que la población las controle por medio de insecticidas, sin embargo, se evidenció que existen cepas resistentes a estos, por lo que se está trabajando en nuevos métodos basados en terpenos que permita el control de estas enfermedades causadas por picadas de mosquitos. En este contexto los aceites esenciales de los terpenos y sus componentes se destacan como compuestos potencialmente útiles contra los insectos.

Como se había mencionado anteriormente, los terpenos son responsables del olor que desprenden muchas plantas, pero también son utilizados con distintos objetivos: repeler a los herbívoros, atraer insectos polinizadores o evitar el ataque de enfermedades y plagas. Una de las funciones más llamativas que tienen los terpenos en el cannabis es refrigerar la planta para que soporte mejor las altas temperaturas (Gallego, 2017). Con la anterior explicación del uso de los terpenos en las plantas, se considera importante para cubrir las necesidades de ciertos tipos de plantas ya que se crean corrientes de aire en torno a la planta, que favorecen su enfriamiento y reducen la transpiración, logrando así un equilibrio entre la temperatura ambiental, la humedad relativa y la luz.

Adicionalmente, los estudios demuestran que, a través de su impacto en diferentes órganos y sistemas, los terpenos se puede utilizar como analgésico, inmunosupresor, relajante muscular, agente antiinflamatorio, modulador del apetito, antidepresivo, antiemético, broncodilatador, neuroléptico, antineoplásico y anti alérgeno (Torres, 2019), no es un secreto que la sociedad actualmente se ve enfrentada a diversas situaciones que afectan la estabilidad emocional de sus habitantes a nivel mundial, lo que desencadena diferentes enfermedades psiquiátricas presentando síntomas asociados como depresión y ansiedad, es importante profundizar en este uso y basados en diferentes estudios y análisis científicos iniciar su uso en estos tratamientos.



Finalmente, los terpenoides del cannabis también pueden tener usos médicos (Russo y Marcu, 2017), por lo que teniendo en cuenta esta afirmación y de acuerdo con lo detallado y analizado anteriormente es un hecho que los terpenos son utilizados en la industria farmacológica en tres campos: salud humana, veterinaria y cosmética generando beneficios importantes para la ciencia y conservación de la vida.

## Marco conceptual

La industria del cannabis en Colombia ha tenido un gran auge desde ámbitos medicinales, sin embargo, durante su procesamiento se extraen resinas como los terpenos las cuales actualmente no cuentan con una correcta disposición que disminuya el impacto ambiental generado, a continuación, se presenta un contexto conceptual de esta industria.

### 1. Cannabis sativa

El *cannabis sativa* (cannabis) cáñamo o marihuana, es una especie herbácea de la familia *Cannabaceae* que solo tiene un género (*Cannabis*) con solo una especie altamente variable, *C. sativa* (Radwan, Chandra, Gul y ElSohly, 2021, p.1). Se originó en Asia central y se ha domesticado durante más de 5000 años (Booth y Bohlmann, 2019). Es una de las plantas medicinales más antiguas del mundo. Contiene una mezcla compleja de metabolitos secundarios, que incluye cannabinoides y constituyentes de tipo no cannabinoide. Se han informado más de 500 compuestos de *C. sativa*, de los cuales se han aislado y/o identificado como cannabinoides, estos son compuestos terpeno-fenólicos C21 específicos del cannabis. Los componentes no cannabinoides incluyen: fenoles no cannabinoides, flavonoides, terpenos, alcaloides y otros (Radwan et al. 2021, p.2). Las variedades de cannabis con niveles bajos en cannabinoides psicoactivos se utilizan para la producción de fibras y aceites. Sin embargo, el producto de cannabis más valioso en la actualidad es la resina rica en terpenos y cannabinoides con sus diversas propiedades psicoactivas y medicinales (Booth y Bohlmann, 2019).

El cannabis tiene una larga historia de uso como medicamento para tratar una variedad de dolencias, que incluyen asma, epilepsia, fatiga, glaucoma, insomnio, náuseas, dolor y reumatismo (Radwan et al. 2021).

## **1.1. Extracción de cannabis**

Posterior a la cosecha y secado de las plantas de cannabis, se procede a la extracción de cannabinoides y terpenos. Este método consiste en preservar los aceites esenciales de las plantas que se encuentran en los tricomas, las estructuras cristalinas ubicadas en el exterior de los brotes de marihuana (Booth y Bohlmann, 2019). Los tricomas albergan las sustancias de interés, principalmente los cannabinoides (THC y CBD) y los terpenoides. Aunque existen métodos de extracción como el tamizado seco, los métodos más comunes de extracción utilizan CO<sub>2</sub> supercrítico o solventes altamente volátiles a base de carbono, como butano, propano, hexano o etanol para aislar las sustancias activas de la planta (Marzorati, Friscione, Picchi y Verotta, 2020).

### **1.1.1. Tetrahidrocannabinol (THC)**

Cannabinoides capaz de producir efectos psicoactivos como relajación, euforia y experiencias sensoriales intensas, en cuanto al uso médico permite controlar las náuseas y los vómitos, estimular el apetito y reducir el dolor (NASEM, 2017, citado por Observatorio Europeo de las Drogas y las Toxicomanías, 2018, p. 9).

### **1.1.2. Cannabidiol (CBD)**

Es un cannabinoide que puede moderar los efectos del THC, dentro de sus cualidades medicinales esta la reducción de crisis epilépticas, síndrome de Lennox-Gastaut o al síndrome de Dravet (NASEM, 2017, citado por Observatorio Europeo de las Drogas y las Toxicomanías, 2018, p. 9).

## 1.1.3. Destilación

La destilación es la operación de separación más antigua y la operación unitaria más ampliamente utilizada en la industria (Zapata et al, 2020. p. 225). Este proceso se basa en operaciones de transferencia de calor y masa, en la cual la temperatura de ebullición del compuesto permite la separación en tres etapas: formación de dos fases, transferencia de calor y separación de fases (Zapata et al, 2020).

## 1.2. Separación de cannabinoides

Después de la concentración del extracto, los cannabinoides deben purificarse mediante un método llamado cromatografía flash, el cual permite la separación de diferentes compuestos del extracto entre sí, y permite eliminar sustancias no deseadas del extracto, como lo son los pesticidas (Marzorati et.al 2020).

### 1.2.1. Cromatografía

Se define como escribir en colores y se considera un método cualitativo de análisis que permite separar a los diversos componentes de una muestra a través de métodos de adsorción y absorción, es decir atraer y retener moléculas del compuesto por medio de diferentes líquidos, esto dependerá de la velocidad del componente que sea arrastrado por medio de la fase móvil y de la tasa de migración, logran entonces aislar y separar la molécula. La cromatografía puede ser en columna, capa fina, líquida de alta presión, en papel, fase vapor y flash (Skoog et al, 2015), la cual se explica a continuación por ser la técnica utilizada en la industria del cannabis.

#### 1.2.1.1. Cromatografía flash

Este método se considera como un sistema de purificación de compuestos de síntesis basado en la cromatografía de líquidos a media presión, en la cual gracias al tamaño de las partículas del compuesto permite el aislamiento de los compuestos presente en el extracto del producto a analizar (Carranza y Mosquera, 2014).

## 1.3. Terpenos

Los terpenos y sus terpenoides derivados son una clase principal de compuestos aromáticos naturales presentes en formas libres y unidas glucosídicamente en muchas plantas comestibles y sus frutos ofrecen un olor fuerte que puede proteger las plantas al disuadir a los herbívoros (Liang, Zhi, Fang y Zhang 2021.pág. 1).

Estos compuestos orgánicos se encuentran en los aceites esenciales producidos en tricomas. Son los responsables de la fragancia en los brotes de cannabis. La mayoría de los terpenos que se encuentran en el cannabis son hidrocarburos (Booth y Bohlmann, 2019) que por lo general se encuentran como una combinación de varias unidades de isopreno. Los terpenoides pueden ser considerados como terpenos modificados donde grupos metilo han sido reacomodados o removidos, o a los que se les han añadido átomos de oxígeno. Algunos autores usan el término terpeno para referirse a los terpenoides (Liang et al, 2021). Para el aislamiento de los terpenos, el método más conveniente es la cromatografía en columna.

## 2. Residuos peligrosos

Según el Decreto 1076 un residuo peligroso es:

“Aquel residuo o desecho que, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas, puede causar riesgos, daños o efectos no deseados, directos e indirectos, a la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considerará residuo peligroso los empaques, envases y embalajes que estuvieron en contacto con ellos (Ministerio de Medio Ambiente, 2015)”.

Las características de un residuo para considerarse peligro son corrosividad, reactividad, explosividad, inflamabilidad, infeccioso, radioactividad y toxicidad (Zapata, 2017).

Adicionalmente, el decreto mencionado anteriormente indica que para la disposición final de estos residuos se debe aislar y confinar el residuo en lugares autorizados para evitar



contaminación y daños a la salud humana y ambiente, esta disposición se hará por medio de un tratamiento adecuado el cual consta de operaciones, procesos o técnicas por las cuales se modifican las características del residuos, con el fin de incrementar su aprovechamiento para a su vez minimizar el riesgo a la salud humana y medio ambiente (Ministerio de Medio Ambiente, 2015).

### 3. Economía circular

La economía circular surge como respuesta al impacto que generan los desechos producidos en las economías lineales donde estos residuos no tienen ningún uso; teniendo en cuenta esta problemática la gerencia circular propone rediseñar los sistemas de producción y consumo, con el fin de minimizar los residuos, los insumos y las emisiones a través de sistema regenerativos devolviendo estos al ciclo de producción industrial (Cely y Quintero, 2020).

Según la Estrategia Nacional de economía circular (2020), la definición de economía circular pretende un sistema productivo que se auto-restaura y auto-genera por su diseño interconectado e inteligente, tal como ocurre en la naturaleza donde residuos de un organismo son la materia prima de otro, y donde existen relaciones simbióticas entre especies, como por ejemplo el ciclo del carbono o del nitrógeno.

Otros autores definen la economía circular como un término genérico utilizado para una economía industrial que se crea con el fin de ser restauradora y en el que el ciclo material es de dos tipos: el ciclo biológico, donde los procesos actúan de modo que los componentes reingresan al medio sin efectos negativos, y el segundo ciclo es el técnico / industrial, en que los componentes se utilizan de manera eficiente para producir otros bienes (Androniceanu, Kinnunen y Georgescu 2021.p 63).

De acuerdo con el enfoque de la Fundación Ellen MacArthur, citado por Cerdá y Khalilova (2016), existen tres principios en que se apoya una economía circular:

- Principio 1. Preservar y aumentar el capital natural, controlando los stocks finitos y equilibrando los flujos de recursos renovables.
- Principio 2. Optimizar el rendimiento de los recursos, circulando siempre productos, componentes y materiales en su nivel más alto de utilidad, en los ciclos técnico y biológico.
- Principio 3. Promover la efectividad del sistema, haciendo patentes y proyectando eliminar las externalidades negativas. Esto incluye reducir el daño causado a sistemas y áreas que afectan a las personas, tales como alimentos, movilidad, casas, educación, sanidad o entretenimiento, y gestionar externalidades tales como la contaminación del aire, el agua, la tierra, y el ruido, las emisiones de sustancias tóxicas y el cambio climático (Cerdá y Khalilova, 2016. p.12).

En la economía circular no sólo se debe incrementar la valorización de los residuos, sino que también, y es clave en este nuevo modelo, es necesario introducir cambios en las etapas anteriores a la de generación de los residuos como la concepción, el diseño, la producción, la distribución de los productos y el consumo de estos (Ruiz et al, 2016).

Adicionalmente esta economía, aplica el principio de jerarquía de residuos que priorizando en primer lugar prevención (disminución de los residuos que se generan y de su peligrosidad, así como medidas de ecodiseño), a continuación la preparación para la reutilización o la reparación de residuos, en tercer lugar el reciclado, obteniendo materiales con los que se fabricarán nuevos productos, en cuarto lugar otras formas de valorización de residuos, incluida la valorización energética, y por último la eliminación de residuos sin aprovechamiento alguno, fundamentalmente mediante su depósito en vertedero (Ruiz et al, 2016).

### **3.1. La eco – concepción**

Es un principio de la economía circular planteado por (<<Asociación Agraria Jóvenes Agricultores>>, 2017, p. 78) que considera los impactos medioambientales a lo largo del ciclo de

vida y los acopla desde su creación con el fin de generar productos respetuosos con el cuidado y la preservación del medio ambiente, construyendo productos y/o servicios que vinculen la sostenibilidad económica, social y del medio ambiente.

### **3.2. El segundo uso**

Principio de la economía circular planteado por (<<Asociación Agraria Jóvenes Agricultores>>,2017, p. 78) que busca reintroducir en el circuito económico aquellos productos que ya no corresponden a las demandas iniciales de los consumidores, el propósito es darle una segunda vida a un producto considerado desecho.

### **3.3. La reutilización**

Consiste en reutilizar algunos residuos o partes de estos que puedan funcionar para elaborar nuevos productos, buscando así prolongar al máximo la vida útil de dichos residuos, buscando la reducción de la producción de basura. Principio planteado por (<<Asociación Agraria Jóvenes Agricultores>>,2017, p. 78).

### **3.4. Impacto ambiental**

Teniendo en cuenta la disposición final de los residuos peligrosos, es importante definir el impacto ambiental, el cual se reduce a:

“Una acción o actividad productiva genera alteraciones desfavorables o favorables en alguno de los aspectos ambientales como son agua, aire, suelo y ecosistemas, las evaluaciones de impacto ambiental son procedimientos que buscan predecir, valorar, mitigar, identificar, y corregir los efectos que puedan perturbar el medio ambiente y la calidad de vida en el área de influencia (ICONTEC ISO 14001:2004, citado por Jaramillo, 2014)”.

Para minimizar el impacto ambiental de un residuo peligroso se debe tener en cuenta también las prácticas sostenibles, las cuales buscan mejorar la calidad de vida de las personas, no solo minimizando impactos como el mencionado anteriormente sino también buscando

minimizar el uso de recursos naturales, materiales tóxicos y emisiones de desechos, es por esto que variedad de entidades a nivel internacional promueven estas prácticas como las Naciones Unidas a través del Plan de Implementación de Johannesburgo y la Cumbre Mundial de Desarrollo Sustentable (Jaramillo, 2014). En Colombia los retos ambientales se incrementaron debido a la pandemia generada por el Covid-19, por tanto se debe precisar que aunque el gobierno nacional tiene un proyecto de ley para aprovechar los residuos adecuadamente para el año 2025, la contaminación por residuos peligrosos líquidos y sólidos pueden abarcar hasta el 50 % del total de desechos del país (Guerrero, 2021).

## **Marco institucional**

Santa Marta Goldem Hemp es una compañía que hace parte de un conglomerado de tres empresas nacionales y una internacional enfocadas al mercado del cannabis, la cual lleva 4 años en el sector agro-industrial creada con capital canadiense y colombiano gracias a la apertura normativa que se generó en nuestro país en torno al cultivo y producción de derivados de cannabis y a las ventajas medioambientales y de costos para la producción de estos, que tiene como visión “ser líderes mundiales en cannabinoides e ingredientes farmacéuticos activos con un enfoque orgánico y sostenible” (Santa Marta Goldem Hemp, 2018), la cual se encuentra soportada por la misión corporativa de la organización que tiene como enfoque “establecer los altos estándares de calidad del material vegetal (flor seca y semilla) orgánico, materia prima derivada de cannabis a través de una relación sinérgica con la comunidad del corregimiento de Bonda y la Sierra Nevada de Santa Marta y la naturaleza con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas” (Santa Marta Goldem Hemp, 2018).

La compañía cuenta con una serie de macroprocesos estratégicos, operativos y de soporte, enfocados a la generación de productos con los más altos estándares de calidad brindado seguridad, calidad, trazabilidad, estandarización, eficiencia y eficacia a sus clientes a través de sus marca comercial Aureus SantaMarta; dedicada a la comercialización de destilados,



aislados, extractos crudos, broad spectrum y full spectrum, generados mediante procesos de extracción y purificación en línea con los estándares GMP y controles de calidad completos, que cumplen con los lineamientos de Health Canada, European Pharmacopeia y US Pharmacopeia. Así mismo, esta marca es la encargada de la comercialización de semillas feminizadas de genéticas registradas que han surtido caracterizaciones completas y evaluaciones registradas ante la autoridad nacional, producidas mediante la implementación de prácticas sostenibles y orgánicas; esta última avala desde el 2019 por la agencia Control Union certificado el proceso de producción de semillas y flor seca como National Organic Program (NOP / USDA) (Aureus SantaMarta. 2021).

Adicionalmente aparte del programa de producción orgánica la compañía cuenta con prácticas enfocadas a la responsabilidad social y del medioambiente, mediante la implementación de los siguientes programas y políticas:

- Programa de Gestión Integral de residuos Sólidos – PGIRS
- Programas de Compensación
- Programa de Saneamiento y Manejo de Vertimientos
- Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua
- Política de contratación en la comunidad Local
- Programa de Emprendedores para la Comunidad Local
- Programa de Seguridad Alimentaria y Capacitación para la Comunidad Local

Lo descrito en los párrafos anteriores junto con el programa de genética Avesta, que se enfoca en la estabilización de cultivares comerciales, reproducción selectiva a largo plazo para desarrollar genética con mayor rendimiento, estabilidad y expresión de cannabinoides (Aureus SantaMarta, 2021), ha soportado y ayudado al incremento en las exportaciones, posicionando poco a poco la marca a nivel nacional e internacional no solo por sus productos sino también por sus prácticas amigables con el medio ambiente y con la comunidad donde se desarrolla.

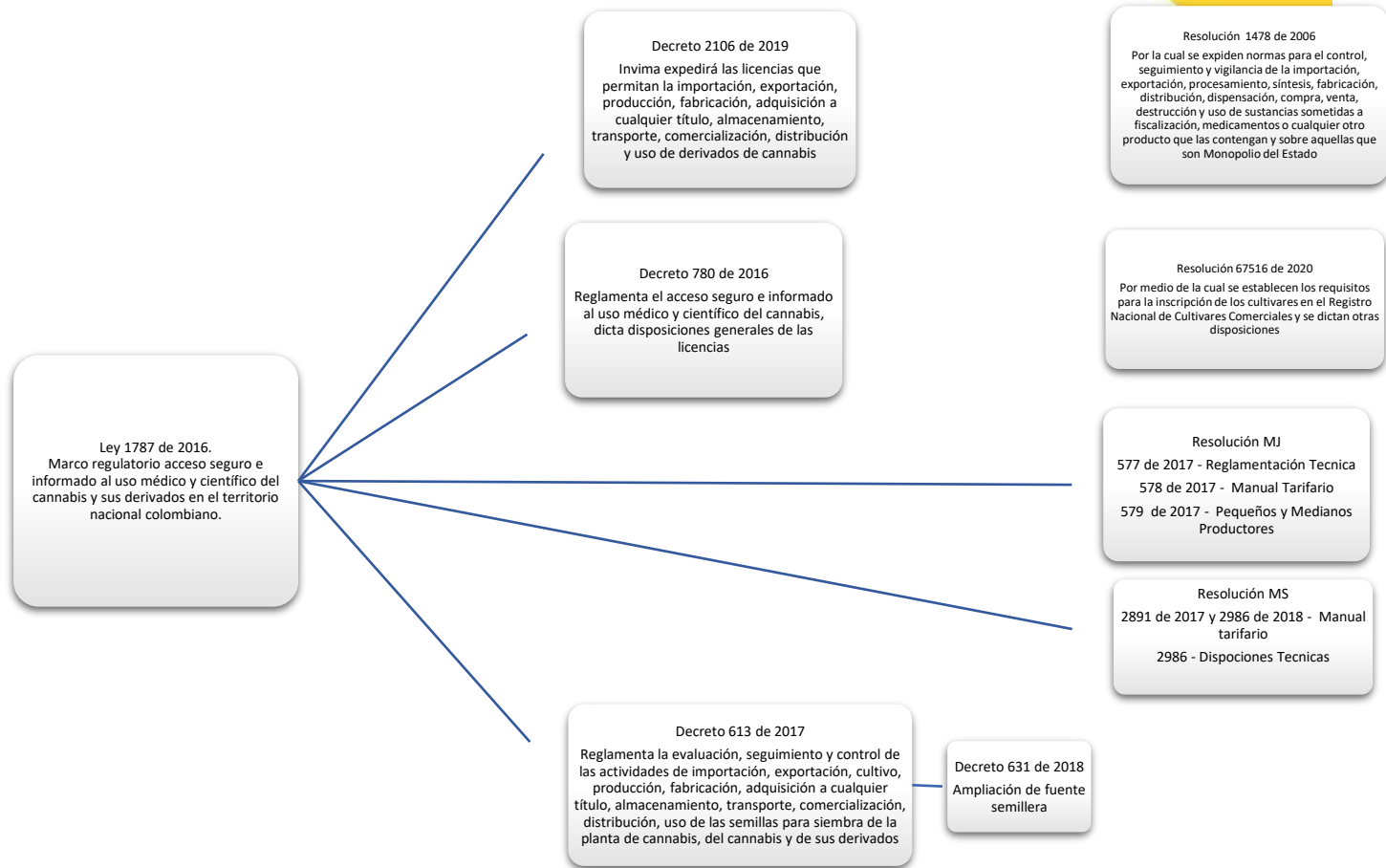
Adicionalmente con la aprobación realizada por el gobierno nacional en relación con la exportación de flor seca de cannabis, la compañía ha proyectado la generación de una nueva línea de negocio relacionada con la venta de ese material vegetal; que aparte de abrir nuevos sectores del mercado incrementado así los ingresos de la organización, ha iniciado un proceso de transformación en la cadena productiva de la flor con fines comerciales.

## **Marco legal**

Históricamente Colombia ha vivido los estragos que ha producido el narcotráfico de material vegetal psicoactivo (cannabis), siendo los sectores rurales los más afectados por el conflicto armado que esta actividad ilegal financia; generando en el estado una estigmatización en torno a la utilización de este, restringiendo durante muchos años el uso del cannabis con fines terapéuticos, sin embargo a finales del 2015 se legalizó el uso de esta planta medicinal, con la posibilidad de obtener las licencias para la posesión de semillas (Ruiz et al, 2020).

A partir de este instante se ha venido generando un marco de legal que ha estado reglamentando no solo el uso medicinal y terapéutico del cannabis sino también su producción y comercialización, el cual se describe en el siguiente diagrama:

Figura 1. Marco jurídico para el manejo de Cannabis en Colombia.



Fuente: Ministerio de Justicia y Ministerio de Salud.

En cuanto al manejo de residuos peligrosos, Colombia ha implementado una normatividad legal con relación a este que se resume continuación:

Figura 2. Marco jurídico para el manejo de residuos peligrosos en Colombia.

Ley	Decreto	Resolución
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ley 253 de 1996</b> Por medio de la cual se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989</li><li>• <b>Ley 1252 de 2008</b> Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Decreto 1609 de 2002</b> Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera</li><li>• <b>Decreto 4741 de 2005</b> Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral</li><li>• <b>Decreto 1076 del 2015</b> Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible</li><li>• <b>Decreto 284 del 2018</b> Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015, en lo relacionado con la gestión integral de los RAEE y se dictan otras disposiciones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Resolución 1362 de 2007</b> Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005</li><li>• <b>Resolución 222 de 2011</b> Por la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB)</li><li>• <b>Resolución 76 del 2019</b> Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental (EIA), para el trámite de licencia ambiental de proyectos para la construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, y/o aprovechamiento (recuperación/reciclado) de Residuos de Aparatos Eléctricos o Electrónicos (RAEE)</li></ul>

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente, 2021.

## Metodología

### Enfoque, alcance y diseño de la investigación

El tipo de estudio es de carácter cuantitativo, teniendo en cuenta el planteamiento de Hernández, R. Baptista, Fernández, C. (2014) quien menciona que este permite evaluar, comparar, interpretar, establecer precedentes y determinar causalidad y sus implicaciones. En cuanto al alcance es transversal descriptivo, puesto que permite especificar las propiedades, las características y los perfiles, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Su diseño es no experimental porque según Hernández, R. Baptista, Fernández, C. (2014) no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador.



Esta investigación pretende definir una propuesta de aprovechamiento de terpenos teniendo en cuenta investigaciones ya desarrolladas del uso de estos, se quiere analizar el proceso productivo de los terpenos y establecer el sector industrial en el cual se utilizan, por ello el tipo de estudio se adecua para poder evaluar y comparar las investigaciones ya realizadas de los terpenos y definir la que se ajuste al modelo de negocio con ayuda del alcance descriptivo.

## Definición de variables

Las variables utilizadas en el estudio se describen en el Anexo 1. Mapa de investigación donde se establece de acuerdo con los objetivos específicos, el instrumento de recolección de datos, la definición conceptual y operacional.

## Población y muestra

Para la localización y selección de referencias bibliográficas se establecieron como criterios de inclusión: publicaciones en revistas indexadas del tipo artículos de investigación y teóricos, solo en formatos electrónicos consultadas en bases de datos (Science Direct, Dialnet, Web Of Science, Research Gate) y Google académico, desde el año 2012 hasta la fecha actual en idioma inglés y español, libros de técnicas de separación fisicoquímicas en los últimos 10 años, farmacopeas vigentes, INCI, se incluyen todos los países de origen. Los criterios se muestran a continuación:

Tabla 1. Criterios de inclusión.

Característica	Criterios	Inclusión
Tipo de publicación	Artículos de revistas indexadas a base de datos	X
	Tesis	X
	Libros	X
	Informes	X
Formato publicación	Electrónico	X
	Impreso	X

Tipo de investigación	Teórica	X
	Empírica	X
Fecha publicación	Después de 2012	X
Países publicación	Cualquiera	X
Idioma	Inglés	X
	Español	X

Fuente: Tomado de Ceniceros, Jiménez y Martín (2019).

Los criterios de exclusión hacen referencia a publicaciones que contengan usos y procedimientos de terpenos en medicina veterinaria.

Las palabras claves que se utilizarán para la búsqueda de la información son:

Para el objetivo 1: terpenos + purificación, terpenos + extracción, calidad + cosméticos + excipientes, calidad + farmacéutico + excipientes, terpenos + aislamiento; en idioma español e inglés.

Para el objetivo 2: terpenos + productos + usos + sectores + economía + ventas + distribución + aceites.

### **Selección de métodos o instrumentos para recolección de información**

En el desarrollo de esta revisión sistemática se cumplen tres etapas con base en el método de Kitchenham, B. (2004) citado por Pastrana, J. (2020).

- 1. Etapa de recopilación:** Búsqueda y selección de los estudios e información teniendo en cuenta criterios de inclusión y exclusión (Anexo 2. Ficha bibliográfica para primer objetivo y Anexo 3. Ficha bibliográfica para segundo objetivo). Se seleccionan los documentos que contienen conceptos aplicables según el problema planteado que serán determinantes en el análisis.
- 2. Etapa de análisis e interpretación:** Se realiza un análisis de la información destacando los aspectos generales más relevantes que respondan a las dos variables analizadas y conlleven a la construcción de la propuesta.

- 3. Etapa de presentación de la propuesta:** Se presenta una propuesta, cuyos contenidos son revisados, depurados y validados recopilando la información.

## **Técnicas de análisis de datos**

Para el análisis se implementará la técnica descriptiva de distribución de frecuencias teniendo en cuenta que se pretende analizar el tipo de publicación, formato, tipo de investigación, idioma, objetivo del estudio y conclusiones generadas a partir de los resultados. El ideal es agrupar las variables con el fin de establecer rangos de estudio y definir viabilidad para el modelo de negocio.

## **Análisis y discusión de los resultados**

Para la muestra poblacional se analizaron 30 obras de las cuales ocho fueron rechazadas por no contener información relevante para el análisis, del total de las obras analizadas el 67% (20 de 30) fueron artículos, el 17% (5 de 30) trabajos de grado, un 10% (3 de 30) libros, el 6% (2 de 30) informes. En cuanto al idioma se establece que el 52% (15 de 30) de las lecturas se encuentran en inglés y el 48% (14 de 30) en español. Dentro de las bases de datos consultadas Science Direct tuvo un 28% de relevancia teniendo en cuenta que 8 de las 29 obras fueron tomadas de esta.

Para la clasificación dentro de la investigación se agruparon en dos objetos de estudio, proceso productivo del terpeno viable para su aprovechamiento comercial con 14 obras 46.6% y sector industrial en el cual se utilizan los terpenos como materia prima con 16 obras 53.3%, esta información se ve en los anexos 4 y 5, respectivamente para cada objetivo.

### ***Proceso productivo del terpeno viable para su aprovechamiento comercial:***

Para el desarrollo de este objetivo fueron revisados un total de 14 artículos y libros, analizado las definiciones generales, las metodologías, descripción del procedimiento y los parámetros de calidad de los cuales 50 % (7 artículos) aportaron información destacada para el desarrollo de la metodología los cuales se enfocaban en la separación y purificación de terpenos y su posterior análisis de calidad, de los 7 artículos seleccionados 2 fueron libros que

indicaban principalmente los parámetros de calidad de los productos obtenidos, 3 artículos donde se tomaron la descripción del procedimiento y las metodologías y 2 artículos que también aportaron parámetros de calidad.

A partir de los análisis seleccionada se estableció que Hodel et al. (2021) planteó un modelo para la obtención de monoterpenos, monoterpenos oxigenados y sesquiterpenos basados en el punto de ebullición de estos a través del proceso de destilación fraccionada por presión atmosférica o aplicando vacío; estableciendo que la destilación con alta rectificación y mayor caudal de flujo afectó las concentraciones de los terpenos volátiles medios y bajos, como los monoterpenos oxigenados y sesquiterpenos, y que la utilización de vacío en comparación con las destilación atmosférica a su vez también reducía la concentración de estos así como las fracciones donde estos se obtenían, concluyendo que la utilización de caudales bajos en las primeras fracciones del proceso sometándolo a una presión atmosférica generaban una mayor concentración de terpenos.

Por otro lado Essam et al. (2012) y Gaysinski et al. (2015) con el fin de purificar los terpenos presentes en la Nuez moscada y en el Algas Pardas respectivamente, utilizaron la técnica de purificación por cromatografía de adsorción en columna de gel de sílice mediante la utilización de solventes a fines o no con el terpeno a purificar como el metanol, éter, acetonitrilo, acetato de etilo y isooctano, dependiendo de la diferencia en el grado de polaridad entre los compuestos, que juegan un papel clave en el grado de disolución de las estructuras de los terpenos en dos disolventes diferentes; como el n-hexano para la miristicina o el etil acetado para la metoxibifurcarenona, para la fase móvil de la técnica.

Gaysinski et al. (2015) con el propósito de separar el solvente utilizado en la purificación del terpeno se realizó proceso de evaporación de acuerdo con el punto de ebullición de dicho solvente, obteniendo una pureza del 96% de la miristicina

De acuerdo con lo expuesto anteriormente y basados en los resultados obtenidos por los autores se plantea la siguiente metodología con el objetivo de obtener terpenos a partir de los



residuos generados del procesos de producción de CBD aislado; utilizando el proceso de destilación con presión atmosférica (Hodel et al. 2021) con el fin de separar el terpeno de los otros compuestos que puedan estar presentes en la solución y la cromatografía de absorción para la purificación de estos mediante la utilización de sílice gel como fase de absorción.

1. Cuantificar los terpenos de los residuos del destilado obtenidos a partir del proceso de obtención del CBD aislado mediante técnica validada de cromatografía de gases, almacenar el destilado en envase ámbar, bien cerrado para evitar la volatilización de los terpenos antes de iniciar el proceso de destilación.
2. Preparar el montaje el equipo de destilación Short Path que se encuentra en la planta de producción de Santa Marta Golden Hemp.
  - 2.1 Verter el destilado con la ayuda de un embudo de vidrio dentro del balón del short path y agregar el agitador magnético.
  - 2.2 Cubrir con manta de calentamiento y conectar.
  - 2.3 Ensamblar las piezas de vidrio utilizando la grasa de ensamblaje.
  - 2.4 Conectar los termómetros y encender los equipos de monitoreo de temperatura de vapor, control de temperatura del líquido y agitación.
  - 2.5 Conectar los equipos de monitoreo y control a un computador que tenga instalado el software EliteLab.
  - 2.6 Encender el chiller de condensación.
3. Destilación.
  - 3.1 Calentar el destilado del balón de 1 L del short path a 70 ° C, ajustando la temperatura del controlador de la manta térmica.
  - 3.2 Iniciar la agitación del destilado hasta ver que se forme el vórtice.
  - 3.3 Ajustar la valúa de paso del destilado para que aproximadamente pase un caudal de flujo de 3,5 mL, ajustar la válvula de paso del agua de condensación en una posición de apertura del 66%. Dando caudales de destilado  $2 \pm 0,04$  mL / min.

3.4 Empezar con la destilación utilizando las curvas de temperatura de acuerdo con los puntos de ebullición de los terpenos  $T < 150^{\circ}\text{C}$ , que se muestran a continuación:

Figura 3. Puntos ebullición terpenos.

Compound	CAS	Normal boiling point $T_b$ [K]	Density [g/cm <sup>3</sup> ]	Critical Temperature $T_c$ [K]
water	7732-18-5	373.2 <sup>P)</sup>	0.997	647.1
ethanol	64-17-5	351.45 <sup>P)</sup>	0.789	514
$\alpha$ -pinene	7785-70-8	428.2 <sup>P)</sup>	0.858	644
$\beta$ -pinene	18172-67-3	439.42 <sup>P)</sup>	0.86	635
$\alpha$ -phellandrene	99-83-2	450.61 <sup>P)</sup>	0.835	657.6
$\beta$ -myrcene	123-35-3	440.2 <sup>)</sup>	0.794	609.6
limonene	5989-27-5	451.15 <sup>P)</sup>	0.8411	655.3
$\gamma$ -terpinene	99-85-4	456.2 <sup>P)</sup>	0.853	668.9
linalool	78-70-6	517.87 <sup>)</sup>	0.865	633.3
terpinen-4-ol	562-74-3	543.8 <sup>)</sup>	0.926	744.1
$\beta$ -caryophyllene	87-44-5	576.3 <sup>)</sup>	0.9052	760.9
$\alpha$ -humulene	6753-98-6	591.12 <sup>)</sup>	0.889	776.3

Fuente: Hodel et al. (2021).

4. Finalizado el proceso de destilación apagar el chiller de condensación, las mantas térmicas, desarmar el equipo. Tomar el destilado obtenido envasarlo en un envase ámbar de vidrio.
5. Si se va a comercializar el destilado de terpenos realizar los análisis de control de calidad descritos en el numeral 10, posteriormente realizar empaque y etiquetado de la solución, dependiente el terpeno purificado almacenar de  $2 - 8^{\circ}\text{C}$ , o a temperatura ambiente. En caso de requerir purificar un terpeno en especial continuar con el numeral 6.
6. Posterior a la finalización del proceso de destilación se debe disolver el destilado de terpenos con éter en una relación de 1:7, o un solvente a fin al terpeno para su disolución.
7. Cromatografía de absorción.
  - 7.1 Alistar el equipo, programar los tiempos y volúmenes de flujo de las fases móviles y colocar la columna de gel de sílice en el equipo.
  - 7.2 Preparar las fases móviles a utilizar teniendo en cuenta la polaridad de la molécula a separar, por lo tanto, es necesario establecer primero la polaridad del terpeno que se quiere purificar. A continuación, se nombran algunos solventes utilizados: n- hexano,

benzeno, etil acetato, metano, isooctano / acetato de etil. Recuerde que se puede utilizar diferentes combinaciones de solventes para las fases móviles.

7.3 Añadir tanto la solución preparada en el numeral 6 al cromatógrafo de líquidos, como las respectivas fases móviles utilizar en el proceso.

7.4 Encender el equipo y monitorizar las variables programadas en este.

8. La solución obtenida de la fase móvil que retiró del terpeno a purificar debe ser secada en horno a vacío a una temperatura de 40 °C bares vacío por aproximadamente 3 h, estos valores van a cambiar dependiendo el volumen de la solución.

9. La solución de terpeno purificada obtenida después del proceso de secado debe ser almacenada en frasco ámbar y enviada a análisis de control de calidad.

10. Parámetros de calidad del Destilado de Terpenos o el Terpeno Purificado.

Tabla 2. Destilado de terpenos.

Parámetro	Especificaciones	Método de análisis
Cuantificación	N/A	HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia) Chen et al. 2021, Vilas et al. 2020
Solventes Residuales	Cumple con los límites de la USP 467. European Pharmacopoeia	Cromatografía de gases
Análisis Microbiológico	TAMC (Recuento microbiano aerobio total) <103 TYMC (Recuento microbiano de hongos y levaduras total) <102 Escherichia coli Ausente 1g Según límites de la USP 1111 o la European Pharmacopoeia	Recuento en placa Ausencia o Presencia USP. 2019 - European Pharmacopoeia 2021

Tabla 3. Terpeno purificado.

Parámetro	Especificaciones	Método Análisis
Cuantificación	>80%	HPLC (Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia) Chen et al. 2021, Vilas et al. 2020

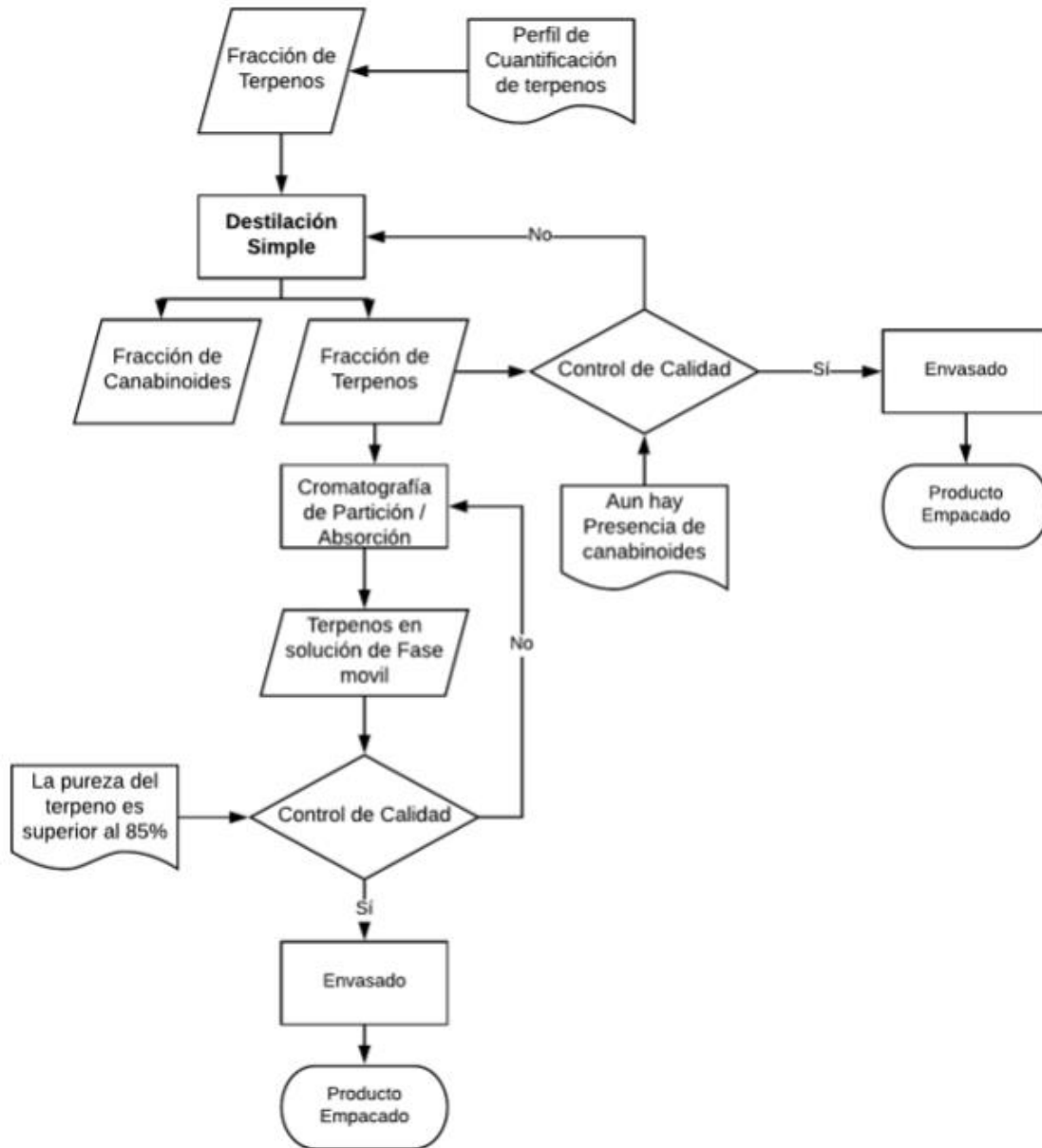
Solventes Residuales	Cumple con los límites de la USP 467. European Pharmacopoeia	Cromatografía de gases
Análisis Microbiológico	TAMC (Recuento microbiano aerobio total) <103 TYMC (Recuento microbiano de hongos y levaduras total) <102 Escherichia coli Ausente 1g Según límites de la USP 1111 o la European Pharmacopoeia	Recuento en placa Ausencia o Presencia USP. 2019 - European Pharmacopoeia 2021

11. Realizar el respectivo empaque y etiquetado de la solución, dependiente el terpeno purificado almacenar de 2 - 8 °C o a temperatura ambiente.

A continuación, se describe el diagrama de flujo de la metodología:



Figura 4. Diagrama de flujo proceso productivo del terpeno.



Nota. Elaboración a partir de Hodel et al. (2021), Essam et al. (2012) y Gaysinski et al. (2015).

**Sector industrial en el cual se utilizan los terpenos como materia prima:**

Para el desarrollo de este objetivo, se revisaron 3 tesis de grado, 1 libro, 2 informes y 10 artículos científicos, de los cuales un artículo se rechazó, ya que no aportaba información relevante en usos y sectores industriales. Teniendo en cuenta la información aportada por los

diferentes autores, los terpenos pueden tener diferentes usos en el sector: farmacéutico, homeopático, cosmético, alimentos y agroindustrial (aromaterapia, manejo integrado de plagas). Los productos más usuales desarrollados a partir de los terpenos son: esencias florales, aceites y cremas corporales, cosméticos (perfumes, cremas anti-edad), medicamentos y aditivos alimentarios. Es importante reconocer que existen muchas investigaciones recientes cuyo objetivo es identificar, conocer las propiedades de los diferentes terpenos y elaborar productos dando el uso correspondiente en los diferentes sectores de la industria. Sin embargo, las restricciones de uso en Colombia son limitadas, sobre todo en el sector farmacéutico tanto a nivel humano y animal, ya que los productos terminados deben contar con registro sanitario, lo que implica ensayos clínicos exhaustivos, en el que se debe evaluar su seguridad, eficacia y efectos adversos, y por supuesto deben contar con un nivel de calidad exigido por el marco normativo vigente. Además, en este sector es común encontrar que las compañías tengan sus propios cultivos, operen las plantas de extracción y se encarguen de la fabricación y comercialización de sus productos (Ramírez, 2019).

De acuerdo con el procedimiento seleccionado anteriormente para separar los terpenos y mantenerlos viables para un uso posterior y de acuerdo con las políticas internas de la empresa Santa Marta Golden Hemp, en la cual no se realizan productos terminados, los sectores más viables para comercializar los terpenos como materia prima son el sector homeopático, cosmético y agroindustrial. Estas tres industrias hacen parte de la tendencia actual: natural, sostenible, con alta demanda en la población y fuente de investigación nacional e internacional (Álvarez y Vera, 2021). Otro factor a tener en cuenta para seleccionar estos tres sectores de la economía es la viabilidad de poder usar los terpenos en función de los diferentes terpenoides que se pueden identificar y separar por cromatografía (según numeral 6 del procedimiento) para darle un mejor uso, como son el limoneno, mirceno, pineno, linalol, eucaliptol,  $\gamma$ -terpineno,  $\beta$ -cariofileno, óxido de cariofileno, el nerolidol y el fitol, entre otros, los cuales tienen

propiedades curativas, aromatizantes, antioxidantes y relajantes propios de los productos que manejan actualmente estos sectores (Gallego, 2017).

Teniendo en cuenta que para la elaboración de productos de la industria homeopática, cosmética y agroindustrial los requerimientos técnicos son menos exigentes y se adecuan a los parámetros de calidad del Destilado de Terpenos o el Terpeno Purificado descritos anteriormente, es viable su comercialización.

***Propuesta de aprovechamiento para redefinir el uso de los terpenos minimizando el impacto ambiental:***

Implementando uno de principios de la economía circular se propone reciclar los terpenos, teniendo en cuenta que actualmente son considerados residuos, buscando así promover las mejores prácticas en la gestión de los residuos.

Se establece el uso de la metodología propuesta en el objetivo 1, buscando obtener terpenos a partir de los residuos generados del proceso de producción de CBD aislado, este proceso no genera contaminantes puesto que los solventes son amigables con el medio ambiente. Teniendo en cuenta que la empresa Santa Marta Golden Hemp cuenta con el equipo de destilación Short Path, la capacidad de producción, los equipos de refrigeración, los envases de almacenamiento y las materias primas, no se generarían costos adicionales a la hora de hacer la implementación del procedimiento. Esta metodología conlleva a un proceso que termina en el respectivo empaque y etiquetado de la solución de terpenos, esto con el fin de mantenerlos viables para su uso posterior.

Adicionalmente, teniendo en cuenta los procesos de la empresa Santa Marta Golden Hemp en los cuales no incluyen la fabricación de productos terminados, se plantea la venta de los terpenos a sectores de comercialización como el sector homeopático, cosmético y agroindustrial, buscando así que sea posible su uso como materia prima para la fabricación de nuevos productos. Esto generará un ingreso adicional para la empresa y sabiendo que reciclar una materia prima es menos costoso que fabricarla desde cero, para el sector de

comercialización es una propuesta rentable. Actualmente Santa Marta Golden Hemp cuenta con un aliado estratégico que es Avicanna Latam S.A.S, una empresa enfocada en el desarrollo, fabricación y comercialización de productos y extractos a base de cannabinoides, por lo que se convierte en un cliente potencial.

Con esta propuesta los terpenos dejarán de ser residuos peligrosos los cuales pueden terminar contaminando y se convertirán en materias primas. De la misma manera, el mal manejo de residuos peligrosos puede desencadenar una serie de daños ambientales, como la contaminación del aire por acumulación de gases, contaminación de agua por filtración de los suelos y daño de los suelos reduciendo su fertilidad. Con esta propuesta se reintegrarán en un proceso de economía circular en el que la materia prima, en este caso el terpeno, se mantenga más tiempo en los ciclos productivos y puedan aprovecharse de forma recurrente, procurando con ello generar menos residuos y así disminuir el impacto ambiental.

El proceso de la propuesta a implementar se presenta a continuación:

## **Recursos:**

### - Financiero:

- Salario del nuevo personal a contratar.
- Infraestructura – ampliación de la planta de producción.
- Instrumentos, material, insumos y equipos de producción necesarios que se deben adquirir.
- Material de envase, empaque y etiqueta.

### - Humanos:

- Coordinador del proyecto.
- Producción: ingeniero químico o químico farmacéutico y técnico en química.
- Comercial: administrador de empresas o ingeniero industrial.
- Control de calidad: químico.



## - Tecnológico

- Computadores, redes informáticas, software de producción, impresoras, escáneres.

## - Know how

- Metodologías, protocolos, instructivos, validaciones, propiedad intelectual y el conocimiento a implementar.

Tabla 4. Estructura de la propuesta.

Fases	Actividades	Actores
Planeación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Presentación a la gerencia de la propuesta.</li> <li>2. Estudio de factibilidad (presupuesto, tiempos y recursos).</li> <li>3. Aprobación del proyecto por parte de la gerencia.</li> <li>4. Formación del equipo que intervendrá en el proyecto.</li> <li>5. Elaboración de documentos soporte para inicio de proyecto.</li> </ol>	Gerente Administrativo y Financiero Gerente Operaciones Coordinador Financiero Coordinador de Producción Jefe Legal
Formación y capacitación	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Selección del personal que pertenecerán al proyecto.</li> <li>2. Evaluar el desempeño en tareas actuales.</li> <li>3. Inicio de capacitaciones continuas, introducción al proyecto, procedimientos, especificaciones de calidad, normativa aplicada.</li> <li>4. Entrenamiento continuo.</li> </ol>	Gerente de Operaciones Jefe Gestión Humana Coordinador de Producción Ingeniero de Producción Auxiliares de Producción Jefe Control de Calidad
Prueba piloto	<p><u>Objetivo</u>                      Ajustar recursos, tiempos y movimientos de acuerdo con la planeación.</p> <p><u>Ensayo experimental del proceso:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Destilación con presión atmosférica con el fin de separar el terpeno de los otros compuestos que puedan estar presentes en la solución.</li> <li>2. Cromatografía de absorción para la purificación de estos mediante la</li> </ol>	Gerente de Operaciones Coordinador de Producción Jefe Control de Calidad Ingeniero de Producción Auxiliares de Producción

	<p>utilización de sílice gel como fase de absorción.</p> <p><u>Especificaciones:</u></p> <p>-Un proceso por día.</p> <p>-Cuantificar la concentración final de terpenos después de cada proceso.</p>	
Evaluación y validación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de calidad descritos en el numeral 10 del proceso productivo del terpeno viable para su aprovechamiento comercial, en donde el producto no puede exceder los límites fisicoquímicos y microbiológicos establecidos por norma según el método de análisis.</li> <li>• Evaluar la viabilidad del producto en el empaque y la temperatura de almacenamiento.</li> <li>• Evaluar productividad y rendimiento para determinar segunda fase de prueba hasta lograr estandarización.</li> </ul>	<p>Gerente de Operaciones                  Coordinador de Producción                  Jefe Control de Calidad                  Ingeniero de Producción                  Auxiliares de Producción</p>
Estrategia de mercadeo	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estrategia de mercadeo por medio telefónico y herramientas de virtuales, contactando a los sectores económicos escogidos, con el fin de ofrecer el producto.</li> <li>2. Se analizará la demanda y se implementará una estrategia agresiva de mercadeo, identificando los diferentes comercializadores, logrando conocer su oferta comercial y disponibilidad de este.</li> </ol>	<p>Jefe Comercial</p>

	<p>3. Seguimiento y control de la estrategia de mercadeo buscando ser competitivos en el sector.</p>	
Desarrollo	<ol style="list-style-type: none"><li>1. De acuerdo a lo establecido en la prueba piloto y las validaciones se implementará un cronograma mensual.</li><li>2. Según las ordenes de producción se establecen las frecuencias de implementación del proceso, las cuales tendrán variación teniendo en cuenta la cantidad de residuo de terpeno semanal.</li><li>3. Considerando los cronogramas de producción se ajustarán los horarios de implementación del proceso.</li><li>4. Finalmente, con la comercialización de las soluciones generadas con los desechos de terpenos, se estaría implementando el principio de reciclaje de la economía circular, el cual se puede medir haciendo una comparación mensual de la cantidad de desechos producidos por la empresa.</li></ol>	<p>Coordinador de Producción Jefe Control de Calidad Ingeniero de Producción Auxiliares de Producción Jefe Comercial</p>



## Conclusiones

A partir de la revisión bibliográfica se determinó la propuesta de aprovechamiento de terpenos, dentro de esta se estableció el procedimiento, el diagrama de flujo y los parámetros de calidad para el destilado de terpenos y el terpeno purificado.

Se describió un procedimiento de separación y purificación de los terpenos para su aprovechamiento comercial, el cual es recomendable para obtener terpenoides con un alto contenido de compuestos bioactivos con fines terapéuticos, estos pueden ser usados como materia prima en el sector homeopático, cosmético y agroindustrial.

La implementación de la propuesta dada en este trabajo le aportará a la empresa Santa Marta Golden Hemp ganancias sin generar costos adicionales, igualmente aportará a los valores de sostenibilidad de la empresa y al cuidado y la preservación del medio ambiente.

## Lista de referencias

Albaladejo, Q. (1999). *El Aceite Esencial de limón producido en España. Contribución a su evaluación por Organismos Internacionales*. Tesis de grado de Veterinaria. Universidad de Murcia.

Al-Jumaily, E. F., & Al-Amiry, M. H. (2012). *Extraction and Purification of Terpenes from Nutmeg (myristica fragrans)*. Al-Nahrain Journal of Science, 15(3), 151-160.

<http://138.124.158.72/index.php/anjs/article/view/835/746>

Álvarez, D., Vera, S. (2021). *Evaluación de la Viabilidad Técnico-Financiera para la Obtención de Terpenos Partiendo del Cannabis Mediante una Revisión del Arte*. Fundación. Tesis de Pregrado. Universidad de América Facultad de Ingenierías. Disponible en

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8294/1/6181819-2021-1-IQ.pdf>

Andrede Ochoa, S., Sánchez Torres, L., Nevárez Morillón, G. V., Camacho, A., & Noguera Torres, B. (2017). *Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades*. Revista Biomédica, 224. Disponible en

<http://www.scielo.org.co/pdf/bio/v37s2/0120-4157-bio-37-s2-00224>

Androniceanu, A., Kinnunen, J., & Georgescu, I. (2021). *Circular economy as a strategic option to promote sustainable economic growth and effective human development*. Journal of International Studies, 14(1), 60-73. doi:10.14254/2071-8330.2021/14-1/4

Asociación Agraria Jóvenes Agricultores. (2017). *Economía circular: un enfoque ambiental de la economía*. núm. 399. Disponible en

[https://www.asaja.com/files/revista/31102017085050\\_septiembre%202017-baja.pdf](https://www.asaja.com/files/revista/31102017085050_septiembre%202017-baja.pdf)

Aureus SantaMarta. (2021). Recuperado el 03 de septiembre de 2021 de

<https://aureussantamarta.com/aboutus/>

Bennett.T. et al. (2021) *Synthesis of model terpene-derived copolymers in supercritical carbon dioxide for cosmetic applications*. Disponible en

<https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110621>

Booth, K. Bohlmann, J. (2019). *Terpenes in Cannabis sativa—From plant genome to humans Judith*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/J.PLANTSCI.2019.03.022>

Cali Terpens. (2021). *Comprar terpenos*. Disponible en

<https://www.caliterpenes.com/es/content/producto-terpenos>

Carranza, K y Mozquera, I. (2014). *Diseño de un plan de mercadeo para el posicionamiento de la línea biotage perteneciente a la compañía Analytica S.A.S*. Colombia. Facultad de Ingeniería. Tesis de especialistas en Gerencia de Mercadeo y Estrategias de Ventas. Universidad Libre de Colombia.

Ceniceros L., Jiménez C. y Martín A. (2019). *Revisión sistemática cualitativa de la inteligencia organizacional*. Instituto Politécnico Nacional México. Investigación administrativa. vol. 48, núm. 124. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=456059299002>

Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. (2018). Jalisco, México: CIATEJ, A.C.

Cerdá, E. Khalilova A. (2016). *Economía circular*. Economía circular, estrategia y competitividad empresarial. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en

<https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>

Chen, C., Wongso, I., Putnam, D., Khir, R., & Pan, Z. (2021). *Effect of hot air and infrared drying on the retention of cannabidiol and terpenes in industrial hemp (Cannabis sativa L.)*. *Industrial Crops and Products*, 172, 114051. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114051>

Comisión Europea. (2021). *Procesos de síntesis de terpenos que imitan a la naturaleza*. Disponible en <https://cordis.europa.eu/article/id/181182-emulating-nature-in-terpene-synthesis/es>

Europe Pharmacopoeial Convention. (2021). *European Pharmacopoeia (Ph. Eur.) 10th Edition*. Disponible en <https://pheur.edqm.eu/home>

Gallego, J. T. (2017). *Terpenos: más allá de los cannabinoides*. *La revista de la cultura del cannabis*. Nº. 239 (Noviembre 2017). pp. 98-103.

Gallego, M. (2018). *Marihuana medicinal, el nuevo "oro verde" para la economía*. Periódico El Tiempo. Disponible en <https://www.eltiempo.com/economia/sectores/empresas-que-produciran-marihuana-medicinal-en-colombia-192392>

Gaysinski, M., Ortalo-Magné, A., Thomas, O. P., & Culioli, G. (2015). *Extraction, purification, and NMR analysis of terpenes from brown algae*. In *Natural products from marine algae* (pp. 207-223). Humana Press, New York, NY. Disponible en [https://link-springer-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/protocol/10.1007/978-1-4939-2684-8\\_13](https://link-springer-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/protocol/10.1007/978-1-4939-2684-8_13)

Giraldo Díaz, A y Pérez, W. (2013.). *Plan de negocios: Industrialización y comercialización de aceite esencial de limón en la empresa "D'Limón" en el municipio de El Cerrito - Valle*. Universidad del Valle. Tesis de pregrado de Administración de empresas. Universidad del Valle.

Gobierno de la República de Colombia. (2019). *Estrategia nacional de economía circular. Cierre de ciclos de materiales, innovación tecnológica, colaboración y nuevos modelos de negocio*. Bogotá D.C., Colombia. Presidencia de la República; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

González, A. L. (2020). *Terpenos aislados de macroalgas con actividad insecticida contra Aedes aegypti*. La Paz, B. C. S. Tesis de doctorado en Ciencias Marinas. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

Guaymas, O. Palacios, M. Villalba, M. (2020). *Fundamento de Técnicas de Purificación y Caracterización de Sólidos Química Orgánica I-2020*. Disponible en

[https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/U0904/descargar.php?secc=0&id=U0904&id\\_inc=46504](https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/U0904/descargar.php?secc=0&id=U0904&id_inc=46504)

Guerrero, R. (2021). *La contribución de los hogares en la contaminación por residuos sólidos en Puente Aranda – localidad de Bogotá*. Colombia. Facultad de Ingeniería. Tesis de Magister en Proyectos de Desarrollo Sostenible. Universidad Ean.

Hernández, R. Baptista, Fernández, C. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill / Interamericana editores, S.A. de C.V. Disponible en [www.elsopanda.com](http://www.elsopanda.com)

Hodel, J., O'Donovan, T., & Hill, A. E. (2021). *Influence of still design and modelling of the behaviour of volatile terpenes in an artificial model gin*. Food and Bioproducts Processing, 129, 46-64. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.07.002>

IDEAM. (2019). *Informe nacional de residuos o desechos peligrosos en Colombia*. 2019. Disponible en

<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023901/InformeResiduos2019.pdf>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2003). *Estudio del mercado colombiano de aceites esenciales*. Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Disponible en

[http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9356/Biocomercio\\_6.pdf](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9356/Biocomercio_6.pdf)

Isidore, E., Karim, H., & Ioannou, I. (2021). *Extraction of Phenolic Compounds and Terpenes from Cannabis sativa L. By-Products: From Conventional to Intensified Processes*. Antioxidants, 10(6), 942. <https://doi.org/10.3390/antiox10060942>

Jaramillo, L. (2014). *Propuesta ambiental para la evaluación y manejo integral de los residuos peligrosos generados en los laboratorios de docencia de la Universidad de Gran*



Colombia Seccional Armenia. Colombia. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Tesis de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Universidad de Manizales.

León Cam, Juan José. (2017). *El aceite de Cannabis*. Revista de la Sociedad Química del Perú, 83(3), 261-263. Disponible en

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2017000300001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2017000300001&lng=es&tlng=es)

Liang,Z. Zhi,H. Fang,Z Zhang,P. (2021). *Genetic engineering of yeast, filamentous fungi and bacteria for terpene production and applications in food industry*. Elsevier.Disponible en

<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2021.110487>

López Moncholí, J. (2021). *Diseño de un sistema de extracción de aceite de Cáñamo para su uso en la industria farmacéutica y cosmética* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). Disponible en <http://hdl.handle.net/10251/163467>

Marzorati, S. Friscione,D.Picchi, Verotta,L. (2020). *Cannabidiol from inflorescences of CannabissativaL.: Green extraction and purification processes*. Elsevier.Disponible en

<https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2020.112816>

Micalizzi, G., Vento, F., Alibrando, F., Donnarumma, D., Dugo, P., & Mondello, L. (2020). *Cannabis Sativa L.: a comprehensive review on the analytical methodologies for cannabinoids and terpenes characterization*. Journal of Chromatography A, 461864.

<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461864>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). *Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005*. Disponible en

<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/526371/Decreto+4741+2005+PREVENCION+Y+M ANEJO+DE+REIDUOS+PELIGROSOS+GENERADOS+EN+GESTION+INTEGRAL.pdf/491df435-061e-4d27-b40f-c8b3afe25705>

Ministerio de Justicia. (2021). *Legislación de Cannabis*. Disponible en

<https://www.minjusticia.gov.co/programas-co/cannabis-con-fines-medicinales-y-cientificos>

Ministerio de Medio Ambiente (2015). *Decreto 1076*. Disponible en

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Ministerio de Salud. (2021). *Cannabis de Uso Medicinal*. Disponible en

<https://www.minsalud.gov.co/salud/MT/Paginas/cannabis-uso-medicinal.aspx>

Myers, C., Herrington, J. S., Hamrah, P., & Anderson, K. (2021). *Accelerated Solvent Extraction of Terpenes in Cannabis Coupled With Various Injection Techniques for GC-MS Analysis*. *Frontiers in chemistry*, 9, 2. <https://doi.org/10.3389/fchem.2021.619770>

Nuutinen, T. (2018). *Medicinal properties of terpenes found in Cannabis sativa and Humulus lupulus*. Elsevier. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2018.07.076>

Observatorio Europeo de las Drogas y las Toxicomanías. (2018). *Uso médico del cannabis y los cannabinoides, preguntas y respuestas para la elaboración de políticas*. Disponible en [https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/10171/20185584\\_TD0618186ESN\\_PD\\_F.pdf](https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/10171/20185584_TD0618186ESN_PD_F.pdf)

Pastrana, J. (2020). *Diseño de una Planta para la Fabricación de Derivados de Cannabis en el Mercado Emergente Colombiano y Evaluación de Eficiencia del Layout Propuesto*. Tesis de Pregrado. Universidad Militar Nueva Granada Facultad de Ingeniería Carrera Ingeniería Industrial. Disponible en <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36809/PastranaCotrinaJudyVanessa2020.PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Potter, B. (2019) *Terpenes. The Magic within cannabis*. Ronin Publishing , Inc.

Radwan, M.M.; Chandra,S.; Gul, S.; ElSohly, M.A. (2021). *Cannabinoids, Phenolics, Terpenes and Alkaloids of Cannabis*. *Molecules* 2021, 26, 2774. <https://doi.org/10.3390/molecules26092774>

Ramirez, J.(2019). *La industria del cannabis medicinal en Colombia*. Fedesarrollo.

Disponible en

[https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3823/Repor\\_Diciembre\\_2019\\_Ram%C3%ADrez.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3823/Repor_Diciembre_2019_Ram%C3%ADrez.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Romano, L. L., & Hazekamp, A. (2013). *Cannabis oil: chemical evaluation of an upcoming cannabis-based medicine*. *Cannabinoids*, 1(1), 1-11. Disponible en

[https://www.researchgate.net/publication/297707359\\_Cannabis\\_oil\\_Chemical\\_evaluation\\_of\\_an\\_upcoming\\_cannabis-based\\_medicine](https://www.researchgate.net/publication/297707359_Cannabis_oil_Chemical_evaluation_of_an_upcoming_cannabis-based_medicine)

Rožanc, J. Kotnik, P. Milojević, M. Gradišnik, L. Knez Hrnčič, M. Knez, Z. Maver, U. (2021). *Different Cannabis sativa Extraction Methods Result in Different Biological Activities against a Colon Cancer Cell Line and Healthy Colon Cells*. *MDPI Plants*. 10(3), 566. Disponible en <https://doi.org/10.3390/plants10030566>

Ruiz, C. Arango, J. Mateus, C. (2020). *Análisis Económico de la Industria de Cannabis Medicinal en América*. Tesis Maestría. Universidad Eafit Escuela de Administración. [https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/17454/Cataliana\\_MateusAlfonso\\_CindyCarolina\\_RuizLizarazo\\_JuanCarlos\\_ArangoDuque\\_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repository.eafit.edu.co/xmlui/bitstream/handle/10784/17454/Cataliana_MateusAlfonso_CindyCarolina_RuizLizarazo_JuanCarlos_ArangoDuque_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Ruiz, M, Aja, S, Fabrellas, B, Dávila, S, Santervás, G, Cabrera, A, Gonzalo, M Carrasco, C y Callaba, A. (2016). *La economía circular*. Subdirección General de Residuos MAPAMA.

Disponible en

[https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_AM/PDF\\_AM\\_Ambienta\\_2016\\_117\\_4-21.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_AM/PDF_AM_Ambienta_2016_117_4-21.pdf)

Russo, E. y Marcu, M. (2017). *Cannabis pharmacology: the usual suspects and a few promising*. *Advances in Pharmacology*. 2017;80:67-134. doi: 10.1016/bs.apha.2017.03.004.

Sandiego Villaverde, P. (2020). *Técnicas de extracción y caracterización de cannabinoides a partir de la planta de cannabis sativa L*. Disponible en <http://hdl.handle.net/11201/154558>

Santa Marta Golden Hemp. (2008). *GCA-AC-MN001 Manual de Calidad para la Producción del Cultivo De Hemp (Cáñamo) y Derivados de Cannabis*. 2, 4.

Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá. (2015). *Residuos Especiales y Peligrosos*. Disponible en <http://www.ambientebogota.gov.co/web/sda/residuos-especiales-y-peligrosos>

Shrader, J. y Bohlmann, J. (2015). *Biotechnology of Isoprenoids*. Sprinige: Switzerland.

Silver, R. J. (2019). *The endocannabinoid system of animals*. *Animals*, 9(9), 686. <https://doi.org/10.3390/ani9090686>

Skoog, D. A., Crouch, S. R., Holler, F. J., West, D. M. (2015). *Fundamentos de química analítica*. Cengage Learning. <https://www-ebooks7-24-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/?il=798>

Ternelli, M et. al. (2020). *Innovative methods for the preparation of medical Cannabis oils with a high content of both cannabinoids and terpenes*. Elsevier. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113296>

Torres Fajardo, R. A., & Higuera Piedrahita, R. I. (2021). *Actividad Antihelmintica in vivo de terpenos y aceites esenciales en pequeños rumiantes*. *Revista MVZ Córdoba*. Vol. 26 Núm. 3 <https://doi.org/10.21897/rmvz.2317>

Torres, N. (2019). *Uso medicinal de la Marihuana*. *La revista Anestesia*. Obtenido de La revista Anestesia. *Anestesia en México*, 31(2), 49-58. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2448-87712019000200049#aff1](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-87712019000200049#aff1)

United States Pharmacopeial Convention. (2019). *Farmacopea de Estados Unidos – 43*. Disponible en <https://online.uspnf.com/uspnf>

Uribe, C., & Cosio, E. (2021). *Combination of single-point standard addition calibration and natural internal standardization for quantification of terpenes in Pisco samples*. *LWT*, 147, 111551. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111551>

Vilas-Boas, S. M., Teixeira, G., Rosini, S., Martins, M. A., Gaschi, P. S., Coutinho, J. A., ... & Pinho, S. P. (2021). *Ionic liquids as entrainers for terpenes fractionation and other relevant*



*separation problems*. Journal of Molecular Liquids, 323, 114647.

<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114647>

Viloria, J. (2005). *Sierra Nevada de Santa Marta: Economía de sus Recursos Naturales*.

Banco de la Republica. 61.1969 – 3715. Disponible en






<https://www.banrep.gov.co/sites/default/files/publicaciones/archivos/DTSER-61-VE.pdf>

Zapata, A. (2017). *Residuos peligrosos en Colombia 2016: caracterización y análisis normativo para su adecuada gestión*. Colombia. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Tesis de Magister en Ciencias Ambientales. Universidad Jorge Tadeo Lozano.

Zapata, Z., Vanegas, D., Rendón, J. y Velásquez, J. (2020). *Caso de estudio de la destilación etanol-agua en operación continua y discontinua y su simulación con ecuaciones cúbicas de estado y modelos de actividad*. Tecnológicas. Vol 23, no.49, pp. 223-249.

<https://doi.org/10.22430/22565337.1638>

## Anexo 1. Mapa de la investigación.

 <b>Mapa de la Investigación</b>					
<b>Título:</b>	Propuesta de implementación de economía circular para el aprovechamiento de terpenos provenientes de la obtención de cannabinoides.				
<b>Objetivo General:</b>	Desarrollar una propuesta de aprovechamiento de los terpenos provenientes de la destilación en la obtención de cannabinoides a través de economía circular con fines comerciales en el sector industrial.				
<b>Objetivos Específicos</b> 	<b>Instrumento de recolección de datos (Si/No)</b>	<b>Variable por estudiar (Solo aplica para objetivos con instrumentos)</b>	<b>Definición conceptual</b> 	<b>Definición operacional Dimensiones/Unidades</b> 	<b>Número del ítem en el instrumento</b> 
Describir un proceso productivo del terpeno viable para su aprovechamiento comercial a partir de revisión bibliográfica	Sí	Proceso productivo del terpeno.	Conjunto procedimientos, técnicas o métodos planificadas orientadas a la obtención de terpenos aislados mediante la transformación del subproducto generado en la producción de CBD aislado, a través de procesos tecnológicos que suele implicar determinado tipo conocimiento técnico y equipo especializado, con el objetivo fundamental de satisfacer cierto tipo de demanda en el mercado creando valor en la organización.	La información será obtenida a partir de la revisión bibliográfica. <ol style="list-style-type: none"> <li>Definiciones generales.</li> <li>Descripción del procedimiento.</li> <li>Metodología.</li> <li>Parámetros de calidad.</li> </ol>	Ficha bibliográfica: base de datos, año, título, autor (es), enlace. Cada dimensión va asociada a los ítems del instrumento.
Establecer el sector industrial en el cual se utilizan los terpenos como materia prima basado en los beneficios de estos.	Sí	Sector industrial en el cual se usan los terpenos.	Conjunto de actividades productivas y comerciales, enfocadas a la comercialización de los terpenos, que través de la utilización de estos logran satisfacer algunas necesidades en los sectores industriales.	La información será obtenida a partir de la revisión bibliográfica. <ol style="list-style-type: none"> <li>Sector.</li> <li>Productos y usos.</li> </ol>	Ficha bibliográfica: base de datos, año, título, autor (es), enlace. Cada dimensión va asociada a los ítems del instrumento.
Implementar la economía circular en la propuesta de aprovechamiento para redefinir el uso de los terpenos minimizando el impacto ambiental.	No	-	-	-	-



Anexo 4. Ficha bibliográfica para primer objetivo.



INTEGRANTES

Marcia Catalina Acosta Peña  
Diego Fernando Duarte Méndez  
Daniela Indira Garzón Truque  
Jesenia Molina Roa  
Lina Sofía Rojas Burgos

INVENTARIO DE ANTECEDENTES

Ítem	Base de datos	Año	Título de la obra	Autores	Enlace	Definiciones generales	Metodología	Descripción procedimiento	Parámetros calidad	Acceptado o rechazado
1	Science Direct	2021	Effect of hot air and infrared drying on the retention of cannabidiol and terpenes in industrial hemp (Cannabis sativa L.)	Chang Chen, Ivan Wongso, Daniel Putnam, Ragab Khir and Zhongli Pan.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114051">https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114051</a>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CBD: facilita el alivio del dolor, reduce ansiedad y promueve la relajación.</li> <li>- Terpenos: hidrocarburos con unidades de isopreno, son un tipo importante de metabolitos dentro de la planta de cáñamo.</li> <li>- Proceso de secado: elimina el agua disponible de la planta, se encuentran métodos como secado con aire caliente, por infrarrojo y en bandeja.</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparación de muestra y reactivos.</li> <li>2. Secado: por aire caliente y secado por infrarrojo.</li> <li>3. Secado en frío.</li> <li>4. Análisis por HPLC.</li> <li>5. Análisis por GC-FID.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preparación de muestra y reactivos: cáñamo industrial fresco de Pipeline, Maverick y variedades de Queen-Dream-CBD de cosecha de 2020, separación de tallos y hojas, conservación a -20°C.</li> <li>2. Secado: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Por aire caliente: secador HA, temperatura ambiente promedio de 22.3°C y humedad relativa de 37.9°C, el secado se realizó a temperatura ambiente, 40, 50, 60, 70 y 90 °C con una velocidad de aire fija de 1.4m/s hasta alcanzar 0.1kg de agua/kg de masa húmeda, secado por triplicado.</li> <li>- Secado por infrarrojo: sistema de secado automatizado, aplicación de IR al cáñamo fresco por 1 min, secado en HA a 60°C, secado por IR por 2 min y secado por HA a 40°C, experimentos por triplicado.</li> </ul> </li> <li>3. Secado en frío: congelación inicial a -25°C, liofilización con presión de 0.021mBar con temperatura de 55°C para llegar a humedad final de 0.1kg agua/ kg masa húmeda.</li> <li>4. Análisis por HPLC: cromatografía con 0.6g de muestras de cáñamo para determinar contenido de CBDA, CBD, THC y THCA.</li> <li>5. Análisis por GC-FID: envío de muestras con contenido de CBD y CBDA a Harrens Lab Inc. para pedir perfiles de terpenos con cromatografía por gas.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conversión de CBD por secado con aire caliente: 13.3% al 14.1%.</li> <li>- Conversión de CBD por secado con infrarrojo: 83.8% y 98.6%.</li> <li>- Contenido de terpenos: 16 compuestos a partir de la biomasa de cáñamo en cantidades de 5.8, 7.1 y 11.20 mg/g en tres variedades.</li> </ul>	Acceptado



2	Science Direct	2021	Influence of still design and modelling of the behaviour of volatile terpenes in an artificial model gin	Jan Hodel, Tadhg O'Donovana and Annie E. Hill.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.07.002">https://doi.org/10.1016/j.fbp.2021.07.002</a>	-Espectroscopía de masas: método de cuantificación y distribución de moléculas en función de su masa. - Destilación: proceso de separación	1. Separación de terpenos mediante destilación fraccionada aplicando vacío o por presión atmosférica 2. Cuantificación de terpenos mediante cromatografía de gases espectroscopía de masas.	1. Cuantificación de terpenos mediante cromatografía de gases espectroscopía de masas: almacenamiento a -20°C, dilución hasta llegar a 2,5 mg/L, muestreador automático AOC 5000 acoplado a un GCMS-QP2010 Ultra, la separación se realizó con un HP5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 m) columna de Agilent.	Concentración de terpenos en promedio desde 0.32 hasta 5.32 mg/L.	Aceptado
3	Science Direct	2021	Combination of single-point standard addition calibration and natural internal standardization for quantification of terpenes in Pisco samples	Christian Uribe and Eric Cosio.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111551">https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111551</a>	- Metodología SPME es un método rápido, económico y respetuoso con el medio ambiente.	1. Procedimiento HS-SPME. 2. Identificación de compuestos. 3. Cuantificación con estrategia de referencia y estrategia simplificada.	1. Procedimiento HS-SPME: se utilizaron fibras de DVB-CAR-PDMS para la extracción de terpenos. Después de la extracción se insertaron las fibras en el puerto de inyección para su análisis. 2. Identificación de compuestos: los análisis cuantitativos se realizaron con un cromatógrafo Agilent 7890. La toma de datos se realizó con modo de escaneo completo / SIM. 3. Cuantificación con estrategia de referencia y estrategia simplificada: en la estrategia de referencia, se calculó un resultado combinando cuatro valores obtenidos con dos patrones internos naturales (terpenos).	Concentraciones de masa de terpenos en las soluciones estándar preparadas fueron de 1,71 mg / L, 3,42 mg / L y 5,13 mg / L para el óxido de linalol; 6,01 mg / L, 12,03 mg / L y 18,04 mg / L para linalol; 3,88 mg / L, 7,76 mg / L y 11,64 mg / L de $\alpha$ -terpineol.	Rechazado
4	Science Direct	2020	Ionic liquids as entrainers for terpenes fractionation and other relevant separation problems	Sérgio M. Vilas-Boas a,b, Gabriel Teixeira a,c, Sabrina Rosini, Mônia A.R. Martins, Priscilla S. Gaschi, João A.P. Coutinho, Olga Ferreira and Simão P. Pinho.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114647">https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114647</a>	- Técnicas de separación: proceso de disolución extracción líquido-líquido, destilación al vacío, extracción de fluidos supercríticos y separación por membranas. Para la industria la extracción líquido-líquido es a menudo deseable, ya que puede realizarse en condiciones suaves, evitando el deterioro del producto.	1. Medidas cromatográficas. 2. Medidas de densidad. 3. Marco termodinámico.	1. Medidas cromatográficas: los tiempos de retención se midieron con un cromatógrafo de gas Varian 3380 (GC) equipado con un inyector en columna 1041 y un detector de conductividad. 2. Medidas de densidad: se realizó con un viscosímetro-densímetro SVM 3000 Anton Paar rotacional automatizado. 3. Marco termodinámico: se basa en métodos o metodologías desarrolladas independientemente donde los tiempos de retención obtenidos por las mediciones de GC se utilizan para calcular los coeficientes de actividad a dilución.	Selectividades <2 para las separaciones terpeno/terpeno.	Aceptado

5	Journal of Al Nahrain University	2012	Extraction and Purification of Terpenes from Nutmeg (myristica fragrans)	Essam F. Al-Jumaily and Maytham H. A. Al-Amiry	<a href="http://138.124.158.72/index.php/anjs/article/view/835/746">http://138.124.158.72/index.php/anjs/article/view/835/746</a>	-Rendimiento: cantidad de aceite esencial recuperado por la cantidad de material vegetal destilado.	1. Aislamiento de aceites esenciales por vapor, método de destilación. 2. Separación líquido-líquido. 3. Columna de cromatografía.	1. Aislamiento de aceites esenciales por vapor, método de destilación: se utilizó vapor como generador, se transfirió a un embudo de decantación. 2. Separación líquido-líquido: extracción de fracción soluble. 3. Columna de cromatografía: por medio de adsorción sólido-líquido.	- Hidrocarburos monoterpenos: 85-93% - Monoterpenos oxigenados: 6,6-12%.	Aceptado
6	Springerlink	2015	Extraction, Purification, and NMR Analysis of Terpenes from Brown Algae	Marc Gaysinski, Annick Ortalo-Magné, Olivier P. Thomas and Gérald Culioli.	<a href="https://link.springer.com/bdiblioteca.universidadean.edu.co/protocol/10.1007/978-1-4939-2684-8_13">https://link.springer.com/bdiblioteca.universidadean.edu.co/protocol/10.1007/978-1-4939-2684-8_13</a>	- Técnicas de cromatografía: purificación de terpenos por cromatografía en columna y cromatografía líquida de alta resolución semipreparativa - Terpenos: constituyen un grupo amplio y bien documentado de productos naturales marinos con estructuras que difieren de sus análogos biosintéticos de plantas terrestres.	1. Extracción de terpenos de las algas marrones. 2. Purificación de terpenos por cromatografía. 3. Elucidación de la estructura de los terpenos aislados mediante resonancia magnética nuclear 1D y 2D.	1. Tratamiento de algas y extracción almacenándola a -20°C, masear y diluirlas con metanol y diclorometano, filtrar. 2. Fraccionamiento por cromatografía de columna (CC), análisis por Thin-Layer Cromatografía y purificación de Alto Rendimiento Líquido Cromatógrafo. 3. Estructural Análisis por RMN.	- Cuantificación terpenos. - Identificación de terpenos.	Aceptado
7	Farmacopea de Estados Unidos	2019	Farmacopea de Estados Unidos - 43	United States Pharmacopeial Convention.	<a href="https://online.uspnf.com/uspnf">https://online.uspnf.com/uspnf</a>	- Solventes residuales: sustancias químicas orgánicas volátiles que se emplean o producen durante la fabricación de ingredientes farmacéuticos activos o excipientes, o en la preparación de productos terminados. - Análisis microbiológico: métodos biológicos, bioquímicos, moleculares o químicos para la detección, identificación o enumeración de microorganismos en un material.	1. Cromatografía de gases. 2. Recuento en placa (ausencia o presencia).	1. Cromatografía de gases: se inyecta una pequeña cantidad de la muestra a separar en una corriente de un gas inerte a elevada temperatura; esta corriente de gas atraviesa una columna cromatográfica que separará los componentes de la mezcla por medio de un mecanismo de partición. 2. Recuento en placa: realizar diluciones seriadas 1:10 y extender 0.1 mL de cada dilución en una placa; las placas se incuban hasta que las colonias son apreciables para su recuento.	Ausencia o presencia.	Aceptado

8	European Pharmacopoeia (Ph. Eur.) 10th Edition	2021	European Pharmacopoeia (Ph. Eur.) 10th Edition	Europe Pharmacopoeial Convention.	<a href="https://pheur.edqm.eu/home">https://pheur.edqm.eu/home</a>	<p>- Solventes residuales: sustancias químicas orgánicas volátiles que se emplean o producen durante la fabricación de ingredientes farmacéuticos activos o excipientes, o en la preparación de productos terminados.</p> <p>- Análisis microbiológico: métodos biológicos, bioquímicos, moleculares o químicos para la detección, identificación o enumeración de microorganismos en un material.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cromatografía de gases.</li> <li>2. Recuento en placa (ausencia o presencia).</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cromatografía de gases: se inyecta una pequeña cantidad de la muestra a separar en una corriente de un gas inerte a elevada temperatura; esta corriente de gas atraviesa una columna cromatográfica que separará los componentes de la mezcla por medio de un mecanismo de partición.</li> <li>2. Recuento en placa: realizar diluciones seriadas 1:10 y extender 0.1 mL de cada dilución en una placa; las placas se incuban hasta que las colonias son apreciables para su recuento.</li> </ol>	Ausencia o presencia.	Aceptado
9	MDPI	2021	Extraction of Phenolic Compounds and Terpenes from Cannabis sativa L. By-Products: From Conventional to Intensified Processes	Emilie Isidore, Hamza Karim and Irina Ioannou.	<a href="https://doi.org/10.3390/antiox10060942">https://doi.org/10.3390/antiox10060942</a>	<p>-Cannabis sativa L.: cultivos anuales más antiguos originados en Asia, se reconoce que la especie incluye muchas variedades clasificadas según su uso.</p> <p>- Cannabinoides: resultado de la condensación de compuestos fenólicos y terpenos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procesos de extracción compuestos fenólicos.</li> <li>2. Extracción por solvente convencional.</li> <li>3. Extracción por ultrasonido.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Procesos de extracción compuestos fenólicos: extracción líquido-sólido para la recuperación de compuestos fenólicos a partir de biomasa vegetal.</li> <li>2. Extracción por solvente convencional: extracciones a temperatura ambiente con soluciones acuosas.</li> <li>3. Extracción por ultrasonido: técnica de extracción que utiliza ondas de ultrasonido, vibraciones mecánicas que pasan a través del medio de extracción. Las ondas crean cavitación acústica a través de la generación de ciclos de expansión y compresión, induciendo la formación de burbujas que se expanden y colapsan.</li> </ol>	- Relación líquido-sólido: 6 y 35g/mL, tiempo de extracción 2 y 4h y temperatura entre 110 y 130 °C.	Rechazado

10	Research gate	2013	Cannabis Oil: chemical evaluation of an upcoming cannabis-based medicine	Luigi L Romano and Arno Hazekamp.	<a href="https://www.researchgate.net/publication/297707359_Cannabis_oil_Chemical_evaluation_of_an_upcoming_cannabis-based_medicine">https://www.researchgate.net/publication/297707359_Cannabis_oil_Chemical_evaluation_of_an_upcoming_cannabis-based_medicine</a>	- Cannabinoides: ejercen efectos paliativos en pacientes con cáncer reduciendo las náuseas, los vómitos y el dolor, y estimulando pérdida del apetito.	1. Análisis GC/FID.	1. Análisis GC/FID: se inicia con el material vegetal seco y almacenado a -20 °C hasta su uso, se realiza precalentamiento de las muestras de cannabis, se preparan los extractos concentrados con procedimiento de Rick Simpson basa en extracción con etanol, se utiliza la tecnología de Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, EE. UU. para el análisis GC/FID, para realizar análisis HPLC y obtener la diferenciación de ácidos cannabinoides.	- Concentración final de cannabis: 2.5mg/mL	Rechazado
11	Science Direct	2021	Cannabis Sativa L.: a comprehensive review on the analytical methodologies for cannabinoids and terpenes characterization	Giuseppe Micalizzi, Federica Vento, Filippo Alibrando, Danilo Donnarumma, Paola Dugo and Luigi Mondello.	<a href="https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461864">https://doi.org/10.1016/j.chroma.2020.461864</a>	- Resina de cannabis: es rico en tricomas glandulares que encierran metabolitos secundarios como fitocannabinoides.	1. Análisis de GC. 2. Análisis cromatografía de líquidos.	1. Análisis de GC: descarboxilación de THCA en THC, con calentamiento a 150 °C. 2. Análisis cromatografía de líquidos: se realiza mediante HPLC, con fases estacionarias e interacción hidrófila líquida.	Presencia de cannabinoides THCP, THCPA, CBDP, CBDPA.	Rechazado
12	Frontiers in chemistry	2021	Accelerated Solvent Extraction of Terpenes in Cannabis Coupled With Various Injection Techniques for GC-MS Analysis	Colton Myers, Jason S. Herrington, Paul Hamrah and Kelsey Anderson.	<a href="https://doi.org/10.3389/fchem.2021.619770">https://doi.org/10.3389/fchem.2021.619770</a>	-Terpenos: están hechos de unidades de isopreno y se clasifican por el número de sus unidades de isopreno, los dos tipos de terpenos que se analizan comúnmente en la industria de las pruebas de cannabis son los monoterpenos que tienen dos unidades de isopreno, y sesquiterpenos, que tienen tres unidades de isopreno.	1. Calibración DI-SPME.	1. Calibración DI-SPME: se utilizaron gránulos de lúpulo y flores de cannabis que fueron extraídos usando un ASE 350.	- Recuperaciones de terpenos del 67%.	Rechazado



13	UIBrepositori	2019	Técnicas de extracción y caracterización de cannabinoides a partir de la planta Cannabis Sativa L.	Pablo Sandiego Villaverde.	<a href="http://hdl.handle.net/11201/154558">http://hdl.handle.net/11201/154558</a>	<p>- Compuestos químicos presentes en Cannabis sativa L.: la mayor parte de los componentes no cannabinoides identificados (flavonoides, terpenos, alcaloides, ésteres y pigmentos entre otros) son los constituyentes habituales de una planta; dado que estos compuestos están presentes en pequeñas cantidades, no es de esperar que contribuyan significativamente al perfil farmacológico específico del cannabis.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Técnica GC.</li> <li>2. Técnica HPLC.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Técnica GC: técnica en la cual la muestra se volatiliza térmicamente y se inyecta en la columna (que contiene la fase estacionaria) mediante un flujo de gas inerte (normalmente He, N2 o H2) que es la fase móvil y actúa únicamente como gas portador.</li> <li>2. Técnica HPLC: se trata de una técnica analítica caracterizada por el hecho de que tanto la fase móvil como la estacionaria están en estado líquido.</li> </ol>	<p>- Presencia de cannabinoides: THC, CBD, CBN, CBC, CBDA, CBG.</p>	Rechazado
----	---------------	------	--	----------------------------	---	---	--	---	---	-----------

14	Riunet	2020	Diseño de un sistema de extracción de aceite de cáñamo para su uso en la industria farmacéutica y cosmética	Jaime López Moncholí.	<a href="http://hdl.handle.net/10251/163467">http://hdl.handle.net/10251/163467</a>	<p>- El género Cannabis es el único capaz de producir cannabinoides. Se conocen alrededor de 66 tipos diferentes de cannabinoides producidos por la planta entre los que encontramos el delta-9-tetrahidrocannabinol (THC), el cannabidiol (CBD) o el cannabinal (CBN) entre otros. Los cannabinoides actúan a través de receptores, que se encuentran en todo el cuerpo humano, aunque predominantemente en las terminaciones nerviosas de responsables de la euforia y de la acción antiinflamatoria.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Extracción sólido líquido.</li> <li>2. Destilación al vapor.</li> <li>3. Extracción con CO2 supercrítico.</li> </ol>	<p>1. Extracción sólido líquido: el sólido que se va a extraer se introduce en un cartucho de papel de filtro, que se coloca dentro de una columna de extracción, posteriormente, se llena el matraz con disolvente hasta la mitad y se le aplica calor, al calentarse, este se evapora, y asciende hasta la zona refrigerante, donde se enfría y condensa, cayendo gota a gota sobre el cartucho extrayendo el principio activo del sólido. Cuando se ha alcanzado un nivel de disolvente suficiente en la cámara de extracción, la parte soluble de componentes cae a través del sifón al matraz de disolvente por gravedad.</p> <p>2. Destilación al vapor: Se utiliza un matraz de vidrio con una entrada y una salida en la que se aloja la materia vegetal, la entrada se conecta a otro recipiente debajo del primero con agua en ebullición, mientras que la salida a un condensador. El vapor de agua sube hacia el matraz donde se encuentra la materia vegetal separando los aceites de esta, los cuales condensan. Una vez recogida la mezcla, insoluble en agua, es recogida en estado líquido formando dos fases en el matraz de recepción. El aceite se recupera por decantación.</p> <p>3. Extracción con CO2 supercrítico: se basa en la utilización de un fluido llamado supercrítico como solvente, en este caso, el dióxido de Carbono debido a sus propiedades críticas bajas (7.38 MPa, 31.06°C) su baja toxicidad y alta disponibilidad.</p>	Porcentaje de aceite entre 91 y 95%.	Rechazado
----	--------	------	---	-----------------------	---	---	--	---	--------------------------------------	-----------

Anexo 5. Ficha bibliográfica para segundo objetivo.



INVENTARIO DE ANTECEDENTES	
INTEGRANTES	<b>Marcia Catalina Acosta Peña</b> <b>Diego Fernando Duarte Méndez</b> <b>Daniela Indira Garzón Truque</b> <b>Jesenia Molina Roa</b> <b>Lina Sofía Rojas Burgos</b>

Ítem	Base de datos	Año	Título de la obra	Autores	Enlace	Usos /productos	Sector	Aceptado o rechazado
1	Revista de la cultura del cannabis	2017	Terpenos: más allá de los cannabinoides	José T. Gállego	<a href="https://canamo.net/cultivo/interior/terpenos-mas-alla-de-los-cannabinoides">https://canamo.net/cultivo/interior/terpenos-mas-alla-de-los-cannabinoides</a>	Fitocannabinoides: uso medicinal, efecto biológico sobre el consumidor: anticancerígeno, fungicidas, antimicrobianos, antivirales, antiinflamatorios o antiparasitarios. Terpenos y terpenoides: usados en aromaterapia por sus efectos farmacológicos. Manejo integrado de plagas: terpenos actúan como repelente de insectos y herbívoros para proteger las semillas.	Farmacéutico Agroindustrial(a romaterapia, agrícola).	Aceptado

2	Observatorio Europeo de las Drogas y las Toxicomanías	2019	Uso médico del cannabis y los cannabinoides: preguntas y respuestas para la elaboración de políticas.	Observatorio Europeo de las Drogas y las Toxicomanías	<a href="https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/10171/20185584_TD0618186ESN_PDF.pdf">https://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/10171/20185584_TD0618186ESN_PDF.pdf</a>	Medicamentos de cannabis con fines terapéuticos: tratar dolor oncológico, esclerosis múltiple, depresión, ansiedad, trastornos del sueño. Medicamentos con autorización de comercialización y preparados de cannabis que no tienen autorización de comercialización para uso médico: cannabis crudo, fórmulas magistrales, preparados de cannabis normalizados. Cannabis crudo: a resina comprimida o hachís, los aceites extraídos de la planta, los extractos de cannabis concentrados. Preparados de cannabis: geles blandos, tinturas o comestibles.	Farmacéutico	Aceptado
3	Science Direct	2018	Medicinal properties of terpenes found in Cannabis sativa and Humulus lupulus	Tarmo Nuutinen	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jmech.2018.07.076">https://doi.org/10.1016/j.jmech.2018.07.076</a>	Terpenos: elaboración de aditivos alimentarios, productos cosméticos, tratamiento antiinflamatorio, antioxidante.	Alimentos Cosméticos Farmacéutico	Aceptado
4	Fedesarrollo	2019	La industria del cannabis medicinal en Colombia	Juan Mauricio Ramirez	<a href="https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3823/Report_Diciembre_2019_Ram%C3%ADrez.pdf?sequence=4&amp;isAllowed=y">https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3823/Report_Diciembre_2019_Ram%C3%ADrez.pdf?sequence=4&amp;isAllowed=y</a>	Tinturas, cremas, lociones, aceites, cápsulas, suplementos dietarios y preparaciones para mascotas. Producción de alimentos, bebidas, cosméticos, papel, fibra, celulosa y materiales de construcción.	Cosméticos Farmacéutico Industrial	Aceptado
5	MDPI Open Access Journal	2019	El sistema endocannabinoid e de los animales	Robert J. Plata	<a href="https://doi.org/10.3390/ani9090686">https://doi.org/10.3390/ani9090686</a>	No aporta información relevante en usos y productos de terpenos.	No aporta información en sectores de la economía.	Rechazado
6	Libro no digital	2019	Terpenes. The Magic within cannabis.	Beverly A.Potter	No aplica	Terpenos: propiedades medicinales (antiinflamatorio, antiemético, antiestrés), perfumes, cremas antiedad, aditivos alimentarios. Toxicidad de los terpenos por uso	Cosméticos Farmacéutico Alimentos	Aceptado



						inadecuado, exposición a altas concentraciones.		
7	Science Direct	2021	Synthesis of model terpene-derived copolymers in supercritical carbon dioxide for cosmetic applications.	Bennett.T. et al	<a href="https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110621">https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110621</a>	Uso de copolímeros derivados de terpenos combinados con dióxido de carbono supercrítico para aplicaciones cosméticas.	Cosméticos	Aceptado
8	Science Direct	2020	Innovative methods for the preparation of medical Cannabis oils with a high content of both cannabinoids and terpenes	Marco Ternelli et. al	<a href="https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113296">https://doi.org/10.1016/j.jpba.2020.113296</a>	Aceite de oliva con extracto de cannabis medicinal.	Homeopático	Aceptado
9	Tesis de grado	2013	Industrialización y comercialización de aceite esencial de limón en la empresa "D"LIMON" en el municipio de Cerrito, Valle	Anyi Katerine Giraldo Diaz Wilson Perez	<a href="https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/16107">https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/16107</a>	Limoneno: sustancia natural que se extrae del aceite de las cáscaras de los cítricos y que da el olor característico a los mismos. Pertenece al grupo de los terpenos, en concreto de los limonoides.	Cosméticos Alimentos Farmacéutico	Aceptado
10	Articulo El Tiempo	2018	Marihuana medicinal, el nuevo "oro verde" para la economía	Martha Morales Gallego	<a href="https://www.eltiempo.com/economia/sectores/empresas-que-produciran-marihuana-medicinal-en-colombia-192392">https://www.eltiempo.com/economia/sectores/empresas-que-produciran-marihuana-medicinal-en-colombia-192392</a>	Extraer todo el jugo medicinal a la planta y lograr los extractos y utilizarla para elaborar jarabes, ampollas, comprimidos, cápsulas, inhaladores para el asma, en fin, una variedad de medicamentos en distintas presentaciones, producidos con todo el rigor científico.	Farmacéutico	Aceptado

11	Sitio Web	2021	Comprar terpenos	Cali Terpenes S.L. World Trade Center Edificio Sur Planta 2 C/ Moll de Barcelona S/N 08039 Barcelona, España	<a href="https://www.caliterpenes.com/es/content/producto-terpenos">https://www.caliterpenes.com/es/content/producto-terpenos</a>	Terpenos: son la parte aromática de los aceites esenciales presentes en la mayoría de plantas, flores y frutos, entre ellos el Cannabis.	Alimentos Bebidas Cosméticos	Aceptado
12	Tesis de grado	2021	Evaluación de la viabilidad técnico-financiera para la obtención de terpenos partiendo de cannabis mediante revisión del arte	Dayana Yineth Alvarez Vanegas Sara Vera Torres	<a href="https://repository.uameric.a.edu.co/bitstream/20.500.11839/8294/1/6181819-2021-1-IQ.pdf">https://repository.uameric.a.edu.co/bitstream/20.500.11839/8294/1/6181819-2021-1-IQ.pdf</a>	Se pueden obtener las ceras que son llevadas a otro tratamiento y en el segundo se obtiene el aceite full spectrum que contiene el metabolito de interés (terpenos).	Aromaterapia Farmacéutico Terapéutico	Aceptado
13	Revista	2017	El aceite de Cannabis	Q.F. Juan José León Cam	<a href="http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_artt ext&amp;pid=S1810-634X2017000300001">http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_artt ext&amp;pid=S1810-634X2017000300001</a>	El aceite de marihuana o cannabis es el producto más utilizado con fines medicinales por lo que, en los últimos años, se ha hecho muy popular en ciertos países debido al movimiento para legalizar la marihuana.	Homeopático	Aceptado
14	Sitio Web	2021	Procesos de síntesis de terpenos que imitan a la naturaleza	Comision Europea	<a href="https://cordis.europa.eu/article/id/181182-emulating-nature-in-terpene-synthesis/es">https://cordis.europa.eu/article/id/181182-emulating-nature-in-terpene-synthesis/es</a>	Los terpenos son la clase más numerosa de metabolitos secundarios en vegetales y se utilizan como perfumes, especias, feromonas y medicamentos.	Aromaterapia Farmacéutico Terapéutico	Aceptado

15	Tesis de grado	1999	El Aceite Esencial de limón producido en España. Contribución a su evaluación por Organismos Internacionales	Querubina Albaladejo Meroño	<a href="https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11059/Albaladejo.pdf">https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/11059/Albaladejo.pdf</a>	Los extractos de mayor graduación, poseen mayor concentración aromática y recuerdan mucho al del aceite esencial de partida, los de baja graduación tienen un contenido elevado en componentes oxigenados y terpenos y permiten obtener distintas tonalidades como aromatizantes.	Aromaterapia	Aceptado
16	Artículo	2003	Estudio del mercado Colombiano de aceites esenciales "Alexander von Humboldt"	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander von Humboldt"	<a href="http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9356/Biocomercio_6.pdf">http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9356/Biocomercio_6.pdf</a>	Los terpenos junto con otros compuestos casi siempre oxigenados (alcoholes, ésteres, éteres, aldehídos y compuestos fenólicos) que son los que transmiten a los aceites el aroma que los caracteriza.	Aromaterapia	Aceptado