



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Características y lineamientos para el desarrollo tecnológico y la innovación de la industria colombiana del cannabis

Oscar Javier Lotta Peña

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias
Maestría en Gestión y Desarrollo Rural
Bogotá, Colombia
2023

Características y lineamientos para el desarrollo tecnológico y la innovación de la industria colombiana del cannabis

Oscar Javier Lotta Peña

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magíster en Gestión y Desarrollo Rural

Directora:

Ph.D. Claudia Nelcy Jiménez Hernández

Línea de Investigación:

Desarrollo empresarial agrario

Grupo de Investigación:

Grupo de investigación y desarrollo en gestión, productividad y competitividad Biogestión

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias
Maestría en Gestión y Desarrollo Rural
Bogotá, Colombia

2023

Declaración de obra original

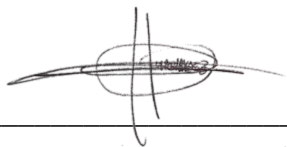
Declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.



OSCAR JAVIER LOTTA PEÑA

Fecha: 11/12/2023

Resumen

El objetivo del presente proyecto de investigación fue plantear una serie de lineamientos para el desarrollo tecnológico y la innovación en la industria del Cannabis en Colombia. Este objetivo se consiguió primero a partir del desarrollo de un análisis internacional sobre el estado de la investigación y la innovación en torno al cultivo y transformación de Cannabis Sativa. Para dicho análisis se utilizó la vigilancia tecnológica, herramienta que toma como insumo información bibliométrica y patentométrica. Segundo, se desarrolló una matriz DOFA que utiliza como insumo los resultados de la vigilancia tecnológica e información periodística de carácter económico y político de la situación internacional y nacional en torno al Cannabis. Para concluir en tercer lugar, la matriz DOFA permite establecer una serie de estrategias para generar una propuesta de Agenda de Desarrollo Tecnológico de la industria de Cannabis para la obtención de ventajas competitivas

Palabras clave: Cannabis Sativa, Industria del Cannabis, Innovación, Vigilancia Tecnológica, Agenda de desarrollo tecnológico

Abstract

Characteristics and guidelines for the Technological development and innovation of the Colombian Cannabis Industry

The main objective of this research is to propose a series of guidelines for the development and innovation in the Colombian Cannabis Industry. This objective is achieved firstly by conducting an analysis of the state of research and innovation on an international scale around the cultivation and transformation of Cannabis Sativa. Technological surveillance is used for said analysis because it is a tool that allow to obtain bibliometric and patentometric information as input. In second place, a SWOT matrix is developed with the information provided from the results of the technological surveillance and journalistic

information of economic and political nature on the international and national situation around Cannabis industry. To conclude, in third place the SWOT matrix allows to establish a series of strategies to generate a proposal for a Technological development Agenda for the Cannabis industry to obtain competitive advantages.

Palabras clave: Cannabis Sativa, Cannabis Industry, Innovation, Technology Surveillance, Technological Development Agenda.

Contenido

Pág.

Tabla de contenido

Capítulo 1. Vigilancia tecnológica del Cannabis a nivel Internacional	21
1.1 La investigación y la gestión tecnológica en la industria del Cannabis	21
1.2 La vigilancia tecnológica	24
1.3 Metodología de la Vigilancia Tecnológica	26
1.4 Resultados de la vigilancia tecnológica	28
1.4.1 Análisis de patentes en LENS.....	29
1.4.2 Análisis de documentos científicos y técnicos	32
1.5 Análisis integrado de artículos y patentes	36
1.5.1 Horticultura y biomasa	36
1.5.2 Semilla y Genética	43
1.5.3 Fibra y subproductos	46
1.5.4 Aceite y subproductos	49
1.6 Aportes del capítulo.....	52
Capítulo 2. Panorama del cultivo y transformación de Cannabis en Colombia.....	55
2.1 Aspectos destacados de la industria del Cannabis medicinal e industrial a nivel internacional	55
2.2 La situación del Cannabis en Colombia.....	59
2.3 Análisis DOFA.....	72
2.4. Aportes del capítulo.....	78
Capítulo 3. Agenda de desarrollo tecnológico e innovación para la industria del Cannabis	81
3.1 Agenda de desarrollo tecnológico e innovación	81
3.2 Escenario futuro	84
3.3 Propuesta de Agenda de desarrollo tecnológico y e la innovación del cannabis medicinal e industrial para Colombia.....	86
3.3.1 Demandas tecnológicas y no tecnológicas.....	86
3.3.2 Agenda tecnológica para el desarrollo tecnológico y la innovación en la industria de cannabis en Colombia	88
3.3.4 Validación de la propuesta de agenda de desarrollo tecnológico e innovación	92
3.4 Aportes del Capítulo	99
Conclusiones y recomendaciones.....	100
Bibliografía	103

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1-1. Número de patentes otorgadas por año	29
Figura 1-2. Países con mayor número de patentes otorgadas	29
Figura 1-3. Empresas dueñas del mayor número de patentes	30
Figura 1-4. Número de patentes por código CIP	31
Figura 1-5. Número de publicaciones científicas vinculadas a la industria del Cannabis por país de publicación	32
Figura 1-6. Autores con mayor número de publicaciones en torno al Cannabis	33
Figura 1-7. Clústeres de palabras clave de artículos científicos	35
Figura 2-1. Actores en el entorno de la industria del Cannabis	73
Figura 3-1. Adaptación de la aplicación de la Inteligencia tecnológica para la definición de agendas de desarrollo tecnológico.....	83

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1. Estructura metodológica de la vigilancia tecnológica	26
Tabla 1-2. Clúster Rojo y patentes	36
Tabla 1-3. Clúster Verde y patentes	43
Tabla 1-4. Clúster Amarillo y patentes	46
Tabla 1-5. Clúster Azul y patentes	49
Tabla 2-1. Licencias para producción, cultivo y transformación de Cannabis sativa en Colombia	59
Tabla 2-2. Universidades con cursos en torno al cannabis	66
Tabla 2-3 Grupos de investigación relacionados al cannabis en la plataforma Scienti....	67
Tabla 2-4. Retos de la industria del Cannabis	69
Tabla 2-5. Matriz DOFA de la tecnología e innovación en la industria colombiana de cannabis.....	74
Tabla 2-6 Árbol de problemas para la industria colombiana de cannabis	77
Tabla 3-1. Demandas tecnológicas y no tecnológicas de la industria del cannabis	87
Tabla 3-2. Área Cultivo y postcosecha de cannabis industrial	88
Tabla 3-3. Área de transformación en biocombustibles a base de cannabis.....	90
Tabla 3-4. Área de transformación de semilla de cannabis	90
Tabla 3-5. Área de transformación de fibra.....	90
Tabla 3-6. Área de transformación de aceite (resina)	91
Tabla 3-7. Acciones para desarrollar demandas no tecnológicas	92
Tabla 3-8. Expertos participantes en la validación	93
Tabla 3-9. Validación de la propuesta con base en la opinión de expertos.....	93

Introducción

La planta de Cannabis sativa tiene una amplia variedad de usos, Karche & Singh, (2019) afirman que el Cannabis era cultivado en distintos lugares hace miles de años para obtener productos como fibra, ropa, cuerdas, papel velas de barco, aceite y semilla para alimentación, entre otros. . En este sentido, es importante tener en cuenta la variedad de usos que puede tener el Cannabis, pues cada vez hay más investigación en torno a la planta. Chandra et al., (2017) distinguen tres tipos de la planta (si bien no son los únicos) enfocados en distintos objetivos, el primero es el alto en THC psicoactivo (tetrahidrocannabinol) el segundo es el alto en CBD (cannabidiol) no psicoactivo y el tercero enfocado en producción de fibra o grano, también llamado cáñamo; y sus producciones varían según la genética y las condiciones ambientales en las que se da su cultivo.

Estudios recientes como el de Dariš et al., (2019), han analizado el impacto del Cannabis para combatir enfermedades como el cáncer, encontrando que el uso de CBD (Cannabidiol), entre otros componentes en la planta, funciona como un inhibidor de crecimiento de células cancerígenas. Apoyando esta afirmación, en estudios como el de Bar-Lev et al., (2019) se presenta evidencia positiva del uso de cannabis medicinal para tratar desordenes asociados al autismo, mostrando que es seguro para aliviar síntomas como la ansiedad, agresión o pánico, entre otros. Baron et al., (2018) afirman que el THC es 20 veces más antiinflamatorio que una aspirina y tiene efectos analgésicos; sin embargo, reconocen que hace falta estudiar los otros componentes que se encuentran en la planta, desde los cannabinoides, alrededor de 100, hasta los más de 540 fitoquímicos como los terpenos.

Si bien los usos medicinales de la planta son amplios y cada vez más estudiados, no son los únicos que tiene puesto que la planta produce fibra, semilla, aceite y material vegetal que puede ser usado en distintas industrias, por ejemplo; Ivanovs et al., (2015) estudian el uso y fabricación de aglomerados de fibra de cáñamo para construcción.

Por otra parte Diab et al., (2016) destacan su uso para producción de alimentos, plásticos biodegradables e incluso biocombustibles. Además, el cannabis es una planta que puede contribuir en la descontaminación ambiental y de campos con metales pesados, Adesina et al., (2020) destacan la capacidad fitorremediadora del cannabis tipo cáñamo, por su alto nivel de absorción de metales pasados como el Nickel, Cadmio, Plomo y Mercurio; la misma investigación afirma que es un cultivo con producción de CO₂ negativo por hectárea, por lo que captura más carbono del que libera.

Autores como Karche & Singh (2019) hablan otros usos de la Cannabis que van desde la producción de fibra con uso textil o de semilla con altos valores nutricionales, hasta la construcción, la producción de papel, plásticos, biocombustibles y la industria automotriz, entre otros. En este sentido, tiene gran valor determinar dónde hay posibles oportunidades de negocio y aprovechar ventajas competitivas para optimizar el cultivo. Para Cherney & Small (2016) el potencial industrial del cannabis ha mostrado la necesidad de establecer una nueva infraestructura para la industria, en la medida en la que incrementa la demanda de productos a base de cannabis. Estos autores también afirman que no se debe exagerar la capacidad de la planta, si bien es necesario desarrollar más investigación y modificar la legislación en torno a la misma.

Debido a que la Cannabis sativa ha sido considerada ilegal por mucho tiempo, existe relativamente poca literatura científica publicada con relación a la producción de la planta. En el estudio de Alvarez *et al.*, (2016) sobre el cultivo de cannabis ilegal en España, se encontró que, tanto en cultivos en interior como en invernadero, es relevante la utilización de elementos tecnológicos como luces artificiales de alta potencia, ventiladores, higrómetros, sistemas de riego, acondicionadores de aire y agua (para sistemas hidropónicos y riego durante el verano). Investigaciones como las de Chandra *et al.* (2017), Bilodeau *et al.*, (2019) y Namdar *et al.*, (2019), apuntan a la necesidad de mejorar las condiciones de cultivo para lograr producciones óptimas en la medida en la que todos los factores que influyen en la fotosíntesis pueden influir en una mejor cosecha. De acuerdo con Mills (2012), el alto uso de electricidad que se emplea en la horticultura de Cannabis puede generar la necesidad de usar otras tecnologías como generadores de electricidad, debido a que es necesario asegurar que no haya inconvenientes en la iluminación del cultivo, el control de humedad para la prevención de hongos, el control de irrigación,

temperatura del aire y agua y generación de dióxido de carbono, entre otros factores; una forma de reducir estos costos es cultivando en exteriores. Zegada-Lizarazu & Monti (2011) proponen que otra opción para disminuir el impacto de los cultivos de altos requerimientos energéticos como el de cannabis, es el uso de energías renovables o la transformación de sus residuos en biocombustibles.

El estudio de Vujanovic *et al.* (2020) resalta la importancia de la fertilización biológica, aportar microorganismos como hongos y bacterias que tengan sinergia con la planta para mejorar la alimentación y, en consecuencia, la calidad de la producción y controlar la aparición de patógenos en distintas etapas del cultivo. En este sentido, la investigación de Pagnani *et al.*, (2018) evalúa el uso de distintos microorganismos como las rizobacterias y hongos como una forma de fertilización del cannabis con el objetivo de prevenir daño de suelos, la aparición de patógenos, decrecimiento de la producción y uso de agroquímicos, además potenciar la alimentación de la planta al incentivar la asociación de microfauna con el sistema radical del Cannabis.

Por otra parte, la postcosecha de la producción toma relevancia debido a que, como se mencionó anteriormente, el Cannabis tiene amplia variedad de usos y sus subproductos, la fibra, la semilla, el aceite (de la flor) y biomasa también requieren de uso de tecnologías tanto para ser recolectadas como para ser procesadas. Autores como Cherney & Small, (2016) distinguen las plantas para producción de flor medicinal como Cannabis o Marihuana y las plantas para producción de fibra, semilla para alimentación y aceite de semilla como Cáñamo: ambos tipos de producción manejan procesos de postcosecha distintos. Adesina *et al.*, (2020) afirman que para producción de fibra la cosecha se suele realizar durante la floración temprana de la planta pues se obtiene mejor calidad de fibra, mientras que, si se espera obtener fibra y semilla, se pierde calidad de la fibra a causa de la formación de la semilla, pero se obtiene un segundo producto en forma de la semilla madura que deriva en alimentación (por su alto contenido de proteína) y aceite de semilla. Por otra parte, la producción de fibra también puede variar los procesos, Law *et al.*, (2020) estudian el enriado de fibra de Cannabis para realizar la separación de fibras de la corteza por medio del uso de microorganismos. Sin embargo, no todas las industrias requieren de la fibra en hilo, Ivanovs *et al.*, (2015) afirman que para la producción de aglomerados para construcción a base de Cannabis, se dejan secar las ramas cosechadas para posteriormente reducir la rama en pequeñas piezas que se comprimen en un producto

final. Sin embargo, no hay que desconocer que estos cultivos pueden enfrentar problemas, Stats et al., (2023) estudiaron la caída del cultivo de cáñamo en Arizona, EE.UU. encontrando diferentes factores como el incumplimiento con los valores de THC permitidos, proveedores de semilla de baja calidad y desconocimiento en torno al ciclo de vida de la planta.

En cuanto a la producción de flor, los procesos son muy importantes pues, como afirma Vujanovic et al., (2020) la calidad de la flor puede disminuir por malos manejos durante la postcosecha a causa de la aparición de microorganismos. Así mismo, según Valizadehderakhshan et al., (2021) hay dos tipos de extracción en la industria del Cannabis: la extracción del aceite de la flor o la extracción de los ácidos grasos de la semilla, para ambas se pueden aplicar distintas tecnologías o técnicas; desde extracción con solventes y fluidos supercríticos hasta extracciones mecánicas. Por otra parte, Johnson et al. (2023) destacan la facilidad para obtener productos como extracto de delta-9 tetrahidrocannabinol derivado del aceite producido por el cáñamo, por medio de procesos como la transformación del CBD.

Ahora bien, estas investigaciones e innovaciones tienen un impacto para la industria del cannabis en Colombia ya que tienen implicaciones en sus procesos productivos desde el cultivo hasta la postcosecha y transformación. De acuerdo con una investigación realizada por Fedesarrollo a cargo de Ramírez et al. (2019), la industria del cannabis enfrenta varios retos donde se pueden destacar los limitantes que tiene la industria medicinal para exportar a otros países a causa de las certificaciones internacionales de cultivo y procesamiento que se requieren, lo que genera problemas económicos para los pequeños y medianos productores respecto al cumplimiento de los estándares técnicos y a los costos de los procesos.

Cubillos (2021) también reconoce las limitaciones que tienen algunos productos medicinales y sus aplicaciones ya que la planta se relaciona con productos psicoactivos como el THC, lo que también puede presentar problemas en la regulación colombiana. Así mismo, destaca la falta de mayores avances en las investigaciones clínicas y los usos terapéuticos de la planta, por lo que también es necesario disminuir la brecha en el conocimiento sobre la planta y sus usos. Riveros & González (2019) también afirman que

es necesario desarrollar fitomejoramientos de alto valor terapéutico y estudios que permitan obtener variedades con propiedades mejoradas a nivel nacional.

Por ejemplo, los productores colombianos que quieran exportar a países como Australia, deben cumplir con estándares como el TGO 93 (Therapeutic Goods Administration, 2019) o el TGO 100 (Therapeutic Goods Administration, 2018) lo que implica un alto nivel de tecnificación y la necesidad de tecnologías e innovaciones que puedan asegurar estos estándares. Esta brecha tecnológica la resaltan Ramírez et al., (2019) pues comparan la falta de innovación y desarrollo en la industria colombiana del cannabis con el crecimiento de la industria de Estados Unidos, basada en una agenda de investigación, desarrollo y ensayos clínicos que resultaron en una diversidad de productos tanto en el ámbito medicinal como en el ámbito industrial del cáñamo.

Cruz & Pereira (2021) afirman que otra de las problemáticas que enfrenta Colombia es el mercado ilegal, el cual dividen en mercado gris y mercado criminal. El primero es entendido como una economía que no busca entrar en las dinámicas violentas, aunque no necesariamente está exento de ellas, pero no se constituyen estructuras para cometer delitos. Aquí se pueden encontrar desde activistas y campesinos que quieren entrar en la cadena medicinal hasta autocultivadores y vendedores de “*grow shops*”. El mercado criminal, por su parte, tiene grupos armados en estructuras organizadas que regulan las transacciones por medio de la violencia.

Rivera (2017) afirma que el área gris de la norma colombiana que permite la tenencia de algunas plantas de cannabis ha favorecido que los productores artesanales adquieran experiencia en la producción de derivados de la planta, formando conocimientos en la materia. Sin embargo, con la creación de una industria se debe fortalecer la tecnificación de procesos de fabricación y establecer términos de calidad. El autor también señala que es crucial enfatizar la valorización que se obtiene de la investigación y la innovación en este mercado tan codiciado mundialmente. Esto mismo puede afectar al mercado colombiano, ya que han llegado grandes capitales extranjeros con conocimiento de la industria y, además, se permite tanto la exportación como la importación, lo que podría dificultar el mercado para pequeños productores. Martínez (2019) afirma que muchas empresas floricultoras establecieron alianzas con empresas que ya tenían experiencia, lo que resultó en que las principales beneficiadas fueran empresas con experiencia como

como Pharmacielo o Cannavida. Otras empresas han preferido buscar financiamiento por otros medios, por ejemplo, en 2018 la empresa Santa Marta Golden Hemp vendió 60% de sus acciones a la canadiense Avicanna.

En la investigación de Ramos et al. (2019), los autores afirman que una alternativa para la aplicación de los acuerdos de paz es una regulación del cannabis que tenga un enfoque regional y contemple una flexibilización de los eslabones de la cadena del narcotráfico, de manera que se puedan integrar a la legalidad. Por otra parte, Ramírez et al. (2019) destacan la falta de relevancia que ha tenido la producción de cannabis tipo cáñamo de uso industrial que puede representar una alternativa para los productores y la implementación de los acuerdos de paz, que no requiere de la misma tecnificación ni costos que la producción medicinal, sin embargo, si requiere de procesos técnicos y tecnologías que deben ser aprendidos.

Si bien hay algunos estudios como la Hoja de ruta para el sector de cannabis medicinal visión 2032 de Colombia Productiva (2019) en donde se analizan diferentes factores de innovación en torno a la industria medicinal del cannabis, estos se enfocan principalmente en la necesidad de avanzar en estudios y desarrollos científicos medicinales. Sin embargo, hay una falencia frente a otros aspectos tecnológicos relacionados a las necesidades y capacidad de la industria para producir materias primas de alta calidad. Por ejemplo, las actividades de cultivo, postcosecha y procesamiento de cannabis medicinal no son tenidas en cuenta. Así mismo, el cáñamo no tiene una alta prioridad de desarrollo porque no fue regulado hasta 2022, por lo que aún hay un amplio volumen margen de información que se presta para impulsar la industria de cannabis sativa en general.

Teniendo en cuenta lo mencionado previamente respecto a los avances tecnológicos y los retos que enfrenta la industria, **el problema de investigación** en el que se basa este trabajo se enfoca en la necesidad de conocer cómo está la industria colombiana de cannabis en la actualidad, para lo cual se requiere establecer sus principales características, y a partir de allí, plantear una hoja de ruta que aporte a orientar a futuro las necesidades de investigación y desarrollo tecnológico de la industria de cannabis en Colombia, de manera que el país no quede rezagado y sea posible aprovechar su potencial técnico y de capacidades humanas e institucionales para lograr competitividad y sostenibilidad en esta industria con base en la tecnología y la innovación.

Por esto, el **objetivo general** de la investigación es ***planear lineamientos para el desarrollo tecnológico y la innovación en la industria del Cannabis en Colombia a partir del análisis de su situación actual.***

Los **objetivos específicos** son:

1. Estudiar tendencias internacionales de desarrollo tecnológico en la producción y transformación de cannabis sativa.
2. Analizar el panorama actual de la industria del cannabis en Colombia.
3. Proponer una agenda de desarrollo tecnológico e innovación para la industria colombiana de cannabis

Metodología general

El presente trabajo se divide en tres capítulos en los cuales se desarrollan los objetivos específicos. Cada capítulo presenta de manera detallada la metodología seguida para el logro del respectivo objetivo. En este apartado se hace un resumen de la metodología general seguida en esta investigación y descrita en cada capítulo.

En el capítulo 1 se desarrolla el **primer objetivo específico orientado a estudiar tendencias internacionales de desarrollo tecnológico en la producción y transformación de cannabis sativa.** Para tal fin, se utilizó la metodología denominada vigilancia tecnológica, que hace parte de las funciones de la gestión tecnológica, utilizando bases de datos de artículos científicos y patentes para la recopilación de información, y se analizaron las tendencias de investigación e innovación en torno a la producción y transformación de cannabis a nivel internacional. Aquí se identificaron investigaciones e innovaciones destacadas relacionadas con la producción o transformación de flor, semilla y fibra. Posteriormente se revisaron patentes relacionadas con las tendencias de investigación y se analizó su relevancia para diferentes procesos de la industria.

En el capítulo 2 se aborda el **segundo objetivo específico**, que es ***analizar el panorama actual de la industria del cannabis en Colombia.*** Se tomó como base información de publicaciones periodísticas y de páginas web de empresas e informes de entidades públicas y privadas. Es necesario mencionar que la cantidad de publicaciones y estudios académicos son limitados, por lo que los más relevantes constituyen una parte central de

la argumentación presentada en este capítulo. Toda la información fue utilizada para caracterizar la industria nacional, identificando actores y relaciones principales, y así plantear una matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas). A partir del análisis DOFA se planteó un árbol de problemas que permitió identificar el problema principal de la industria en Colombia, sus causas y efectos. De esta manera se facilita orientar la agenda de desarrollo tecnológico e innovación.

El tercer objetivo específico es ***proponer una agenda de desarrollo tecnológico e innovación para la industria colombiana de cannabis***. Este objetivo se abordó en el tercer capítulo, para la cual se adaptó la metodología basada en el empleo de la Inteligencia tecnológica para la definición de agendas de investigación y desarrollo tecnológico. Se inició con la formulación de un escenario futuro para la industria nacional a partir de las alternativas propuestas en la matriz DOFA del Capítulo 2. La selección de las alternativas se realizó eligiendo las alternativas DOFA más relevantes, basado en la información presentada en el árbol de problemas centrado en solucionar el problema principal. Con base en este escenario futuro se identificaron necesidades tecnológicas y no tecnológicas de la industria de cannabis en general. Una vez identificadas todas las necesidades, se propusieron proyectos para atender a cada demanda tecnológica y no tecnológica. Posteriormente, se realizó una validación de la agenda de desarrollo tecnológico e innovación propuesta en esta investigación para la industria del cannabis, con la participación de varios expertos. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones a partir de los resultados de la investigación.

Capítulo 1. Vigilancia tecnológica del Cannabis a nivel Internacional

En la medida en las investigaciones relevantes para la industria del cannabis y sus diferentes subproductos crece, es importante observar la tecnología y la innovación aplicadas en la industria a nivel internacional para optimizar la producción basado en la experiencia e investigación ya desarrollados. Debido a esto, toma relevancia la gestión tecnológica y de la innovación que, según Jiménez et al., (2007), es entendida como un manejo estratégico de la tecnología enfocado en la generación e introducción de cambios tecnológicos que buscan dinamizar la innovación en las organizaciones y sistemas de producción. El objetivo del presente capítulo es caracterizar tecnológicamente el cultivo y transformación de Cannabis sativa a nivel internacional.

1.1 La investigación y la gestión tecnológica en la industria del Cannabis

En cuanto a la investigación y el desarrollo relacionados al Cannabis o cáñamo, estudios como el de Wylie et al. (2021) apuntan a la importancia de investigar a profundidad la fertilización de cultivares de Cannabis y cáñamo con distintos propósitos productivos (fibra, semilla, aceite, biomasa) para identificar los requerimientos nutricionales óptimos para cada tipo de planta. Otros autores como Sandler & Gibson (2019) destacan la necesidad de estudiar la interacción de las malezas y el cáñamo en cultivos industriales para identificar potenciales pérdidas en diferentes condiciones de producción.

En otro estudio, Schluttenhofer & Yuan, (2017) afirman que debido a la amplia variedad de productos brutos que se obtienen del cultivo, la investigación en torno a la fibra contribuye a la comprensión de su composición y características físicas de la misma forma que la

investigación sobre la semilla es determinante para desarrollar cultivares más productivos o que se adapten a distintos ambientes o el estudio de los metabolitos de su aceite tiene el potencial de maximizar su producción. Estudios como el de Johnson et al. (2023) evidencian la amplia variedad de compuestos que se pueden desarrollar a partir de los diferentes fitoquímicos del cannabis.

Así pues, la amplia variedad de elementos como la fertilización, el fitomejoramiento las características físicas de la fibra o la calidad del aceite, entre otros, que son relevantes para la industria, hacen que la gestión de la tecnología cobre importancia. De acuerdo con Cetindamar et al., (2009), en la medida en que constantemente hay cambios tecnológicos que ofrecen oportunidades y diversificación en las industrias, la gestión de la tecnología es una herramienta que permite a una organización adaptarse a su entorno y cumplir con objetivos estratégicos y operacionales. Para Robledo, (2017) la gestión tecnológica es un área de estudio donde la ciencia y la tecnología se vuelven instrumentos de innovación con el objetivo de convertirlos en riqueza, bienestar y desarrollo que buscan comprender y relacionar el conocimiento científico con el tecnológico en un contexto organizacional donde se apliquen. En este sentido, es especialmente importante para la industria colombiana de Cannabis aprovechar el conocimiento científico disponible a nivel internacional para aplicarlo en el ámbito nacional.

Según Ortiz & Nagles (2013), el proceso de gestión tecnológica en una organización permite identificar oportunidades para lograr ventajas competitivas y negocios sostenibles a largo plazo por medio del desarrollo o incorporación de nuevas tecnologías que mejoren la toma de decisiones. Para Gallego (2005) la gestión de la tecnología tiene varias funciones: Identificar tecnologías dominantes, vigilar las nuevas tecnologías y las de los competidores, evaluar el potencial tecnológico de la organización, planificar investigación y desarrollo, optimizar el uso de recursos y proteger la propiedad industrial.

Para Castellanos et al., (2009a) la administración de la tecnología en una empresa debe interactuar con las características técnicas y el mercado de su actividad para la toma de decisiones al manejar factores de producción de manera que la empresa compita en los mercados de forma permanente, eficiente y minimizando riesgos. De acuerdo con esto, para la industria de Cannabis en Colombia es crucial entender los elementos tecnológicos

de su entorno y el mercado internacional para lograr establecerse a largo plazo minimizando posibles problemáticas.

Según Jiménez et al. (2007) los países latinoamericanos y Colombia tienen una brecha en el campo de la gestión de la tecnología frente a países desarrollados que se debe fortalecer aplicando distintos enfoques de esta área de estudio. De acuerdo con Asim & Sorooshian (2019), los países que se encuentran en proceso de desarrollarse están en búsqueda de contribuir a la investigación y desarrollo de las organizaciones, puesto que estas capacidades están relacionadas con la competitividad nacional y la adaptación en un ámbito globalizado. Por lo anterior, la industria colombiana de Cannabis se beneficia de la aplicación de procesos de gestión tecnológica que le permitan identificar posibles problemáticas, ventajas competitivas o facilitar la optimización de recursos como podría ser una fertilización óptima para la producción de altos volúmenes de aceite o fibra al igual que la inclusión de nuevas tecnologías que impacten los volúmenes de producción o la salud del cultivo. Así mismo, planificar la investigación tiene el potencial de generar desarrollos en la forma de patentes, productos o fitomejoramientos que se pueden traducir en propiedad industrial para la empresa.

La amplia variedad de artículos e innovaciones que se pueden desarrollar a partir de los subproductos del cannabis también tiene importancia. Según King (2019), el concepto de innovación es un proceso donde se presenta una interacción e intercambio de conocimientos entre una variedad de actores o fuentes de información con el objetivo de lograr metas socioeconómicas por medio de un proceso interactivo donde diferentes actores (investigadores, expertos técnicos, agricultores), vinculan la experiencia práctica y el conocimiento científico para lograr el intercambio y movilización de recursos necesarios para innovar. Esto influye en la incorporación de nuevas tecnologías que puedan contribuir a solucionar problemáticas, al optimizar la utilización de los recursos o el desarrollo de innovaciones en el mercado a partir de los subproductos de la planta.

Por ejemplo, Zambrano et al., (2022) afirman en su estudio que las innovaciones en torno los usos medicinales del cannabis se enfocan en cannabinoides como el cannabidiol, cannabinoil, ácido tetrahidrocannabinólico o el cannabigerol, entre otros. Así mismo, el compuesto que mayor número de patentes registra hasta 2015 es el cannabidiol con un total de seis. Para los autores, los desarrollos en el segmento medicinal pueden

representar una oportunidad para el desarrollo de innovación y desarrollo de productos que, además, han venido ganando terreno pues entre 2019 y 2021 se registraron más de 10 millones de dólares en productos exportados.

Hay estudios nacionales que usan herramientas de la vigilancia tecnológica, por ejemplo, la hoja de ruta para el sector de cannabis medicinal visión 2032 de Colombia Productiva (2019). Aquí se proponen oportunidades de crecimiento como producir resina de alta calidad, desarrollar portafolios específicos de productos para diferentes enfermedades y el desarrollo del potencial. Por otra parte, se hace énfasis en la importancia de desarrollar centros de innovación y desarrollo para el cannabis, además de promover la producción nacional de otros insumos como maquinaria.

Para la Superintendencia de Industria y Comercio (2021), la industria medicinal de cannabis tiene una clara tendencia en el incremento de innovaciones desarrolladas entre 1998 y 2018 siendo líderes países como EEUU, Canadá o China. Además, se resalta la popularización de tecnologías agronómicas que se empezaron a implementar en la industria medicinal internacional como cultivos verticales o iluminación LED. Esto es una clara evidencia de que es necesario entender y adaptarse a las innovaciones que se integran en la industria de otros países. Zambrano et al. (2022) también hacen hincapié en que es necesario fortalecer todos los eslabones de la cadena de valor del cáñamo por medio de procesos educativos que fomenten la innovación y el desarrollo, ya que hay un número muy limitado de productos en el mercado.

1.2 La vigilancia tecnológica

La gestión tecnológica utiliza herramientas para proponer análisis que faciliten la toma de decisiones coherente con el entorno de la empresa o sector, toda la información recopilada, se usa como insumo del proceso. Castellanos. *et al.*, (2009a) afirman que la vigilancia tecnológica es una herramienta que se enfoca en buscar información de distintas fuentes y luego las utiliza como insumos a partir de técnicas estadísticas como la bibliometría y la patentometría, que permiten encaminar el análisis de bases de datos y de texto. En este sentido, también es valioso mencionar, que una vigilancia adecuada puede prevenir gastos innecesarios para invertir o en el desarrollo de algo que ya existe.

De acuerdo con Patterson (2021), la posibilidad de encontrar y aprovechar información útil y de calidad sobre una temática es una de las principales ventajas que ofrece la vigilancia tecnológica, además, a partir de allí se logra la identificación de nuevos desarrollos, potenciales amenazas o soluciones a problemas tecnológicos actuales. En este sentido, la vigilancia tecnológica abre la posibilidad de anticiparse a posibles cambios en el entorno de una empresa, en esto coinciden Palop & Vicente, (1999) y Escorsa et al., (2001) que afirman que las organizaciones pueden prepararse para los cambios constantes a los que se enfrentan en los ámbitos científico y tecnológico, debido hay nuevos desarrollos e innovaciones constantemente.

Castellanos *et al.*, (2011), afirman que la vigilancia tecnológica es una herramienta cuyo objetivo es la adquisición y empleo de información sobre acontecimientos y tendencias, cuyo análisis y conocimiento permite tomar decisiones alrededor de un sector o industria. En este sentido, a partir del uso de dicha herramienta, se logra identificar áreas donde se enfoca el desarrollo tecnológico y tendencias de investigación vinculadas al sector.

Según Jaimes et al., (2011) las empresas pueden desarrollarse estratégicamente fortaleciendo sus capacidades técnicas; al articularse la vigilancia en función de las necesidades de la organización, se puede diagnosticar la situación tecnológica de la misma con respecto a su entorno y en este sentido, visualizar oportunidades, soluciones tecnológicas a problemáticas, localizar aliados estratégicos.

Para obtener la información sobre investigaciones vinculadas al cultivo de Cannabis; como insumo para la vigilancia, se hace necesario utilizar la bibliometría; según Tasca *et al.*, (2010) es una técnica que permite el análisis cuantitativo por medio de estadísticas generadas a partir de información de citación o diseminación científica, de esta forma se consiguen marcadores para determinar la relevancia de algunas temáticas.

Complementariamente, es necesario analizar las patentes en desarrollos tecnológicos vinculados a la horticultura del cannabis, pues son un buen indicador para determinar qué investigación y desarrollos tecnológicos pueden tener influencia en la industria. Castellanos *et al.*, (2011) describen la patentometría como una técnica que aplica métodos estadísticos para medir la información y determinar tendencias, impacto y desarrollos crecientes.

Todos estos insumos de información sirven como insumo para que una organización o industria tome decisiones en torno a las investigaciones e innovaciones que pueden tener un valor determinante en un área determinada. Se pueden solucionar problemas utilizando tecnología, de la misma manera que se pueden potenciar áreas determinantes para la producción. Encontrar ventajas competitivas u optimizar procesos tiene el potencial de impactar en la estructura de la empresa y su funcionamiento.

1.3 Metodología de la Vigilancia Tecnológica

Para identificar las tendencias investigativas en artículos científicos y técnicos con respecto al cultivo y transformación de Cannabis y sus subproductos, se realizó un ejercicio de vigilancia tecnológica cuya estructura metodológica se planteó basado en Pinzón et al., (2019) quien cita como referencia de su metodología a Sánchez & Palop (2002), De Souza, Winter, Gonçalves, Carestiatto (2011) y Santos, Muñoz & Gómez (2010) y se divide en cuatro fases como se presenta a continuación en la Tabla 1-1:

Tabla 1-1. Estructura metodológica de la vigilancia tecnológica

1 Búsqueda					
1.1	Identificación del objetivo de la vigilancia tecnológica	2	Diseño de estrategia de búsqueda		
1.2	Selección de fuentes de información	2.1	Selección de criterios y palabras clave	3	Búsqueda y recopilación
1.3	Selección de herramienta de búsqueda	2.2	identificación de indicadores	3.1	Identificación de temáticas en las que se enfoca la investigación en torno a la Cannabis sativa.
	Selección de herramienta de procesamiento de información			3.2	identificación de patentes relacionadas a las palabras clave resultantes.
				4	Análisis de tendencias
				4.1	Clasificación de palabras clave
				4.2	presentación de resultados

Adaptado de Pinzón et al., (2019)

En la primera fase del Tabla 1-1 se estableció que el objetivo de la vigilancia tecnológica era identificar tendencias de investigación e innovación tecnológica alrededor del cultivo y transformación de Cannabis sativa. Como fuentes de información se seleccionaron artículos científicos y patentes que se recopilaron de las bases de datos SCOPUS y LENS respectivamente. Una vez obtenidos los corpus de información se utilizaron las herramientas que proveen ambas bases de datos para analizar los datos obtenidos de la búsqueda en forma de gráficos. Posteriormente se procesaron los corpus de información obtenidos de la búsqueda en el gestor bibliográfico Mendeley para organizar la información de artículos y patentes. También se utilizó el programa VOSVIEWER, herramienta que según sus creadores, van Eck & Waltman (2010), permite visualizar mapas que representan información bibliográfica que se delimita por parámetros seleccionados por el usuario como el número de coocurrencias de palabras clave. En este programa también se utilizó un tesoro para depurar las palabras clave resultado de la búsqueda con el objetivo de eliminar, por ejemplo, sinónimos o palabras encontradas en singular y plural de manera que se disminuyen las distorsiones en el mapa final. El mapa obtenido presenta una serie de clústeres que representan tendencias de investigación. Por último, en Mendeley se buscaron los resúmenes de los artículos científicos relacionados con las palabras clave de cada clúster del mapa. A partir de la temática que contienen, se organizaron en tablas y se vincularon a patentes utilizando el corpus de información de patentes en Mendeley e identificando patentes por palabras clave, facilitando la selección de patentes de interés.

Durante la fase 2 de la estructura metodológica se seleccionaron palabras clave que se usaron en las bases de datos. Estas se escogieron por estar directamente relacionadas con la producción y transformación de Cannabis sativa. Por otra parte, se redujo la ventana de observación desde 2011 hasta 2021 y se limitaron los artículos al área de agricultura para disminuir la cantidad de artículos disponibles y enfocar los resultados al área productiva. A partir de estos parámetros, se escogieron las palabras “cannabis sativa”, “processing”, “production”, “horticulture”, “culture” y “transformation”, las palabras se usaron en inglés porque como es de común conocimiento, es el idioma más usado académicamente. La ecuación de búsqueda se utilizó el 22 de mayo de 2022 y con ella se consiguieron 541 artículos. Esta es la ecuación formulada:

TITLE-ABS-KEY ("*cannabis sativa*" AND *industry* OR *processing* OR *production* OR *horticulture* OR *crop* OR *transformation*) AND PUBYEAR > 2010 AND PUBYEAR < 2022 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "AGRI").

Para la búsqueda de patentes se estableció la misma ventana de observación de diez años, desde 2011 a 2021, y se utilizaron las mismas palabras clave que en la búsqueda bibliográfica. Un criterio distinto en la ecuación consistió en limitar los resultados a patentes otorgadas ("*granted patent*"). La ecuación para patentes fue utilizada el 22 de mayo de 2022 y con ella se obtuvieron 1436 patentes. La ecuación formulada es:

TITLE-ABS-KEY ("*cannabis sativa*" AND (*industry* OR (*processing* OR (*production* OR (*horticulture* OR *transformation*)))) (Publication Date = (2011-01-01 - 2021-12-31)) (Document Type = (*Granted_patent*)))

Los corpus de información obtenidos de la búsqueda en las bases de datos se procesaron en carpetas separadas en el gestor bibliográfico Mendeley para organizarlos fácilmente por palabras clave. Por otra parte, se procesó la información de artículos científicos en el programa VOSVIEWER en donde se establece la coocurrencia de palabras clave como indicador para seleccionar las palabras clave más relevantes en el corpus de información bibliográfico. El número de coocurrencias seleccionado por el autor del presente trabajo es de diez (10), con la intención de destacar las palabras clave más relevantes dentro del corpus para mostrar las tendencias de investigación y desarrollo tecnológico. También se filtraron palabras clave que no aportaban al análisis como "*article*" o "*study*" de manera que el mapa obtenido con el programa presenta más claramente las tendencias.

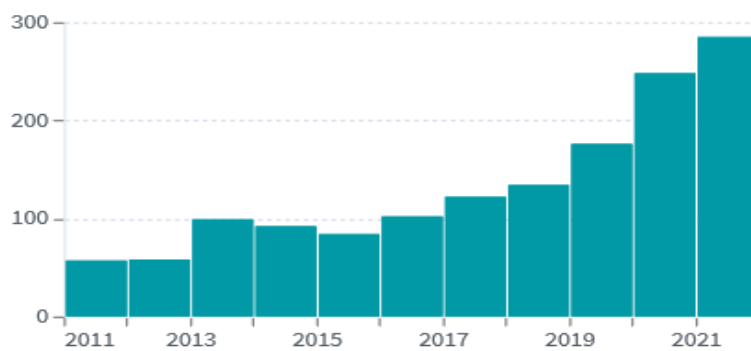
1.4 Resultados de la vigilancia tecnológica

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de las búsquedas realizadas en las bases de datos LENS y SCOPUS. Inicialmente se presenta información bibliométrica de los resultados de patentes. Posteriormente se presenta la información bibliográfica obtenida y se crea un mapa que permite identificar tendencias investigativas. Por último, se relacionan las tendencias presentadas con algunas patentes relevantes para la industria del Cannabis medicinal e industrial.

1.4.1 Análisis de patentes en LENS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos una vez realizada la búsqueda en la base de datos LENS.ORG. En esta se encuentran 1436 patentes otorgadas. Haciendo uso de las herramientas de análisis que provee la base de datos se presenta la Figura 1-1, en ella se observan los países con mayor número de patentes otorgadas vinculadas a la búsqueda.

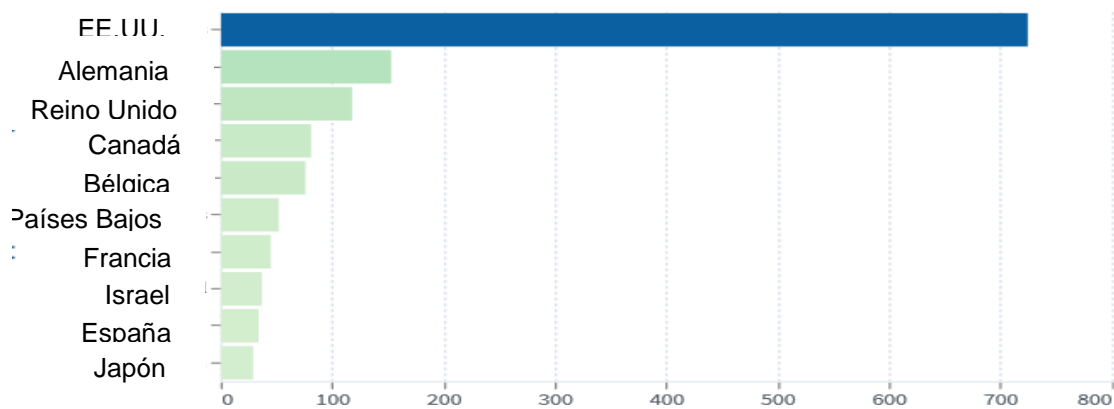
Figura 1-1. Número de patentes otorgadas por año



Fuente: Tomado de LENS.org

Destaca Estados Unidos como el país en donde se han entregado la mayor cantidad de patentes, seguido a la distancia por Alemania y el Reino Unido. Esto tiene relevancia porque se evidencia una brecha en la innovación entre países de Europa o Norteamérica frente a latinoamericanos que no aparecen en la lista.

Figura 1-2. Países con mayor número de patentes otorgadas



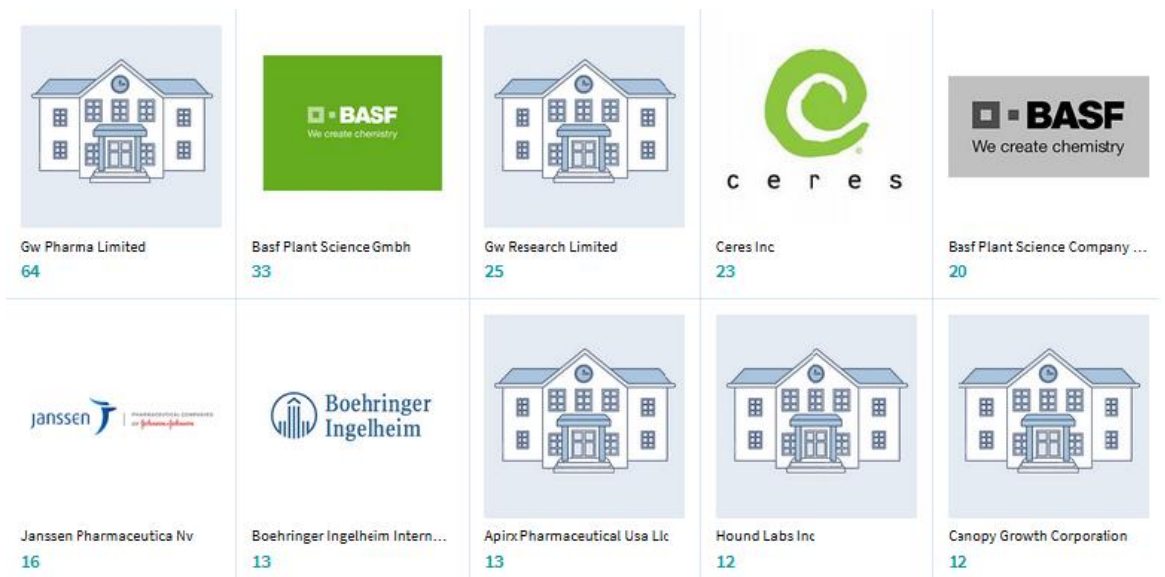
Número de documentos

Fuente: Tomado de LENS.org

La Figura 1-2 muestra el creciente número de innovaciones que se han desarrollado en los últimos diez años basado en la ecuación de búsqueda. Las patentes otorgadas incrementan moderadamente entre los años 2011 y 2018, sin embargo, a partir de 2019 y hasta 2021 se ve un incremento más pronunciado en la figura 1-3. Esto es relevante porque demuestra que hay un interés creciente en los desarrollos en torno al Cannabis, por lo que en los próximos años se puede esperar que haya muchos desarrollos.

La Figura 1-3 destaca empresas farmacéuticas como GW Pharma LTD, Janssen Pharmaceuticals o Boeringer Ingelheim, también se encuentran empresas de biotecnología como Basf Plant Science, Ceres Inc. o Canopy Growth Corporation. Esto muestra que hay un interés más amplio en el Cannabis de parte de farmacéuticas y empresas de desarrollos vegetales, algo que se relaciona al número de patentes de acuerdo con su Clasificación Internacional de Patentes (CIP).

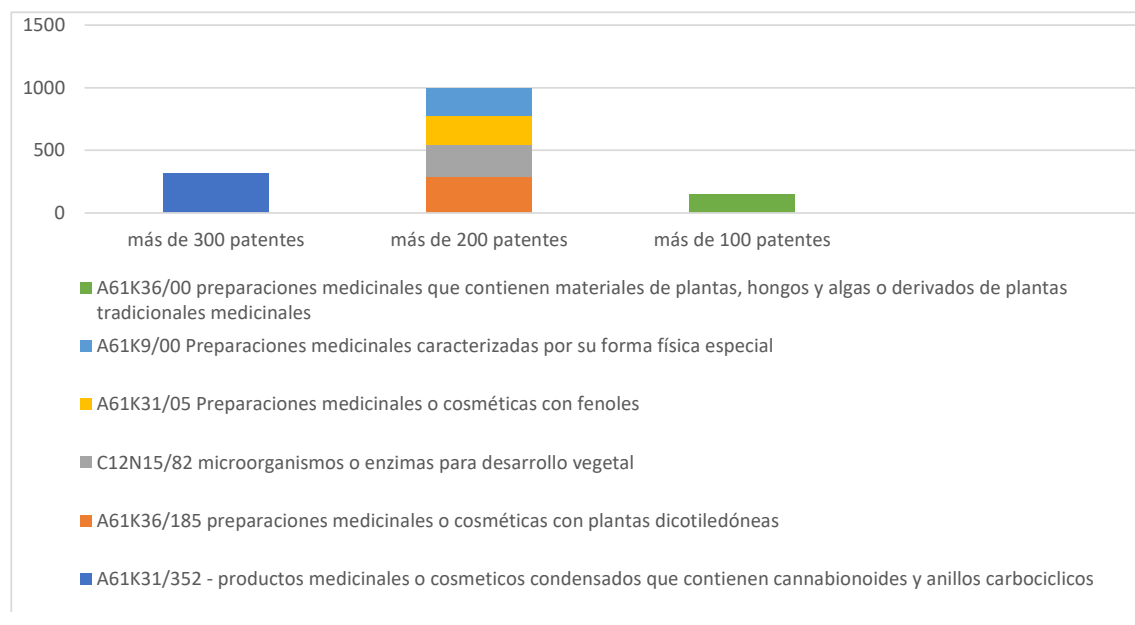
Figura 1-3. Empresas dueñas del mayor número de patentes



Fuente: Tomado de LENS.org

En la Figura 1-4 se encuentra las seis áreas con mayor número de patentes por código CIP¹. Es importante mencionar que los códigos que comienzan por A61K clasifican patentes para necesidades humanas y la C12N representa compuestos que contienen microorganismos y enzimas. Destacan seis áreas específicas con una mayor cantidad de productos desarrollados siendo las más destacadas preparaciones de uso humano como medicamentos o cosméticos (A61K) de diferentes áreas. De ellas destacan las preparaciones que contienen cannabinoides o anillos carbocíclicos (31/352) con 313 patentes. Preparaciones con plantas dicotiledóneas (36/185) con 290 patentes. Preparaciones que contienen fenoles (31/05). Por otro lado, destaca el área de desarrollo de microorganismos o enzimas (C12N) para el desarrollo vegetal (15/82).

Figura 1-4. Número de patentes por código CIP



Fuente: LENs.org
Elaboración propia

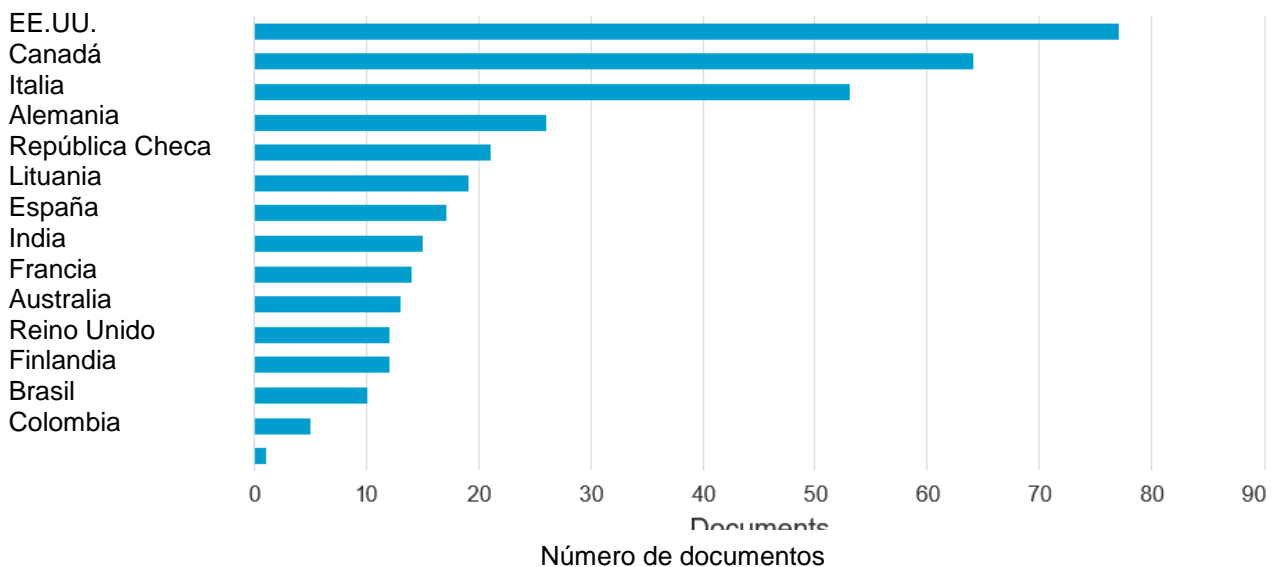
¹ Códigos verificados en la página oficial de la WIPO (World Intellectual Property Organization) <https://ipcpub.wipo.int/?notion=scheme&version=20230101&symbol=none&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipccp=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=02n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>

De acuerdo con la información obtenida del análisis de patentes, se puede afirmar que las áreas con mayor desarrollo de patentes otorgadas están relacionadas al desarrollo de productos medicinales o cosméticos y en menor medida al desarrollo de productos usados en el cultivo de la planta.

1.4.2 Análisis de documentos científicos y técnicos

Por otra parte, en SCOPUS se obtuvieron 541 resultados publicaciones en torno al Cannabis haciendo uso de las herramientas bibliométricas que ofrece la base de datos se formula la Figura 1-5, allí destacan Estados Unidos, Canadá Italia, Alemania y China como los cinco países con mayor número de publicaciones en los últimos diez años. Una buena parte de estas publicaciones se concentra en Norteamérica y la Unión Europea haciendo más evidente la brecha en investigación e innovación en esta materia frente a países latinoamericanos ya que en toda la lista solo figuran Brasil con seis documentos y Colombia con dos.

Figura 1-5. Número de publicaciones científicas vinculadas a la industria del Cannabis por país de publicación

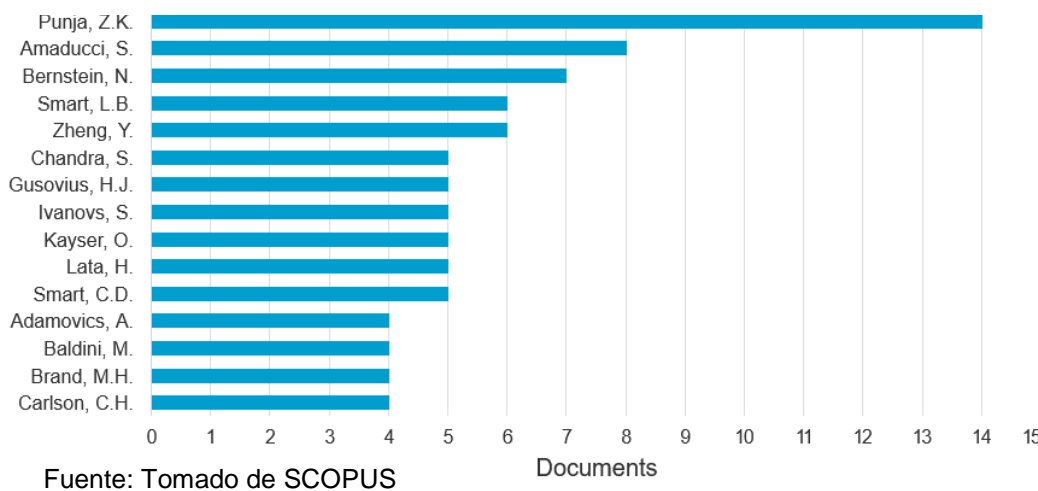


Fuente: Tomado de SCOPUS

Las publicaciones colombianas encontradas consisten en la investigación de Rodríguez et al., (2021) sobre la caracterización fenológica del Cannabis medicinal durante diferentes etapas fenológicas bajo estrés biótico. Segundo la investigación de Buitrago et al., (2018) sobre la biodegradación rápida de biocompuestos con diferentes elementos, dentro de ellos el aserrín de cannabis.

En la Figura 1-6 se presentan los autores con mayor número de publicaciones vinculadas al cultivo y transformación de Cannabis sativa, el más destacado de ellos es Punja Z. K.² con catorce publicaciones, le siguen Amaducci S.³ con 8 y Bernstein N.⁴ con 7; los demás autores rondan 4 a 6 publicaciones en torno a la horticultura y producción de Cannabis y sus subproductos.

Figura 1-6. Autores con mayor número de publicaciones en torno al Cannabis



Las temáticas más relevantes presentados en la Figura 1-6 son muy diversas. Punja(2021) estudia enfermedades en el Cannabis que han surgido en Canadá a raíz del incremento de cultivos de la planta. Al revisar otras publicaciones incluidas en el corpus se encuentran varias en donde se refiere a patógenos del Cannabis, por lo que toma

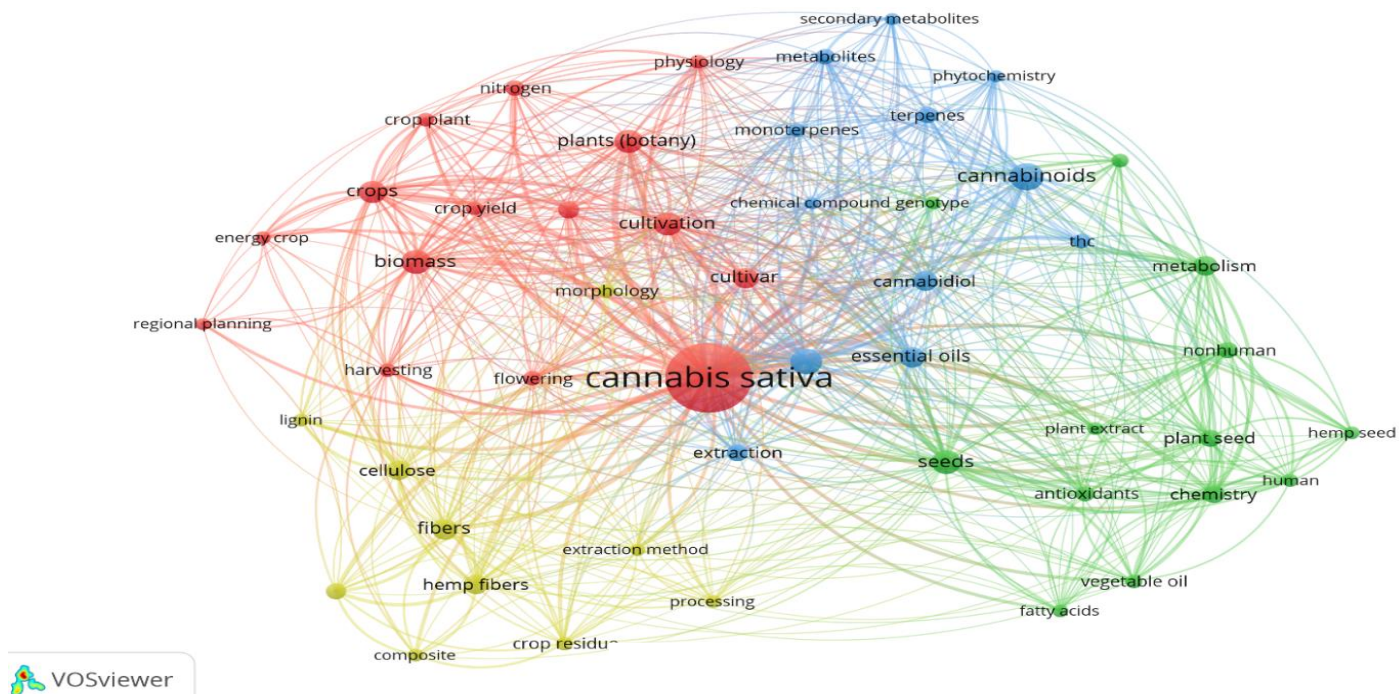
² Departamento de ciencias biológicas de la universidad Simón Fraser, Burnaby, Canadá.

³ Departamento de producción de cultivos sostenibles, Universidad Católica del Sagrado Corazón. Milán, Italia.

⁴ Instituto de suelo, agua y ciencias medioambientales. Centro Volcani, Israel.

relevancia el control biológico. En Punja & Rodriguez, (2018) se estudia el impacto que tienen patógenos como el Fusarium o el Pythium en cultivos hidropónicos de Cannabis. Amaducci et al., (2015) destaca la relevancia de factores agronómicos en la calidad y cantidad de producto obtenido el cultivo de Cannabis. Por su parte, Bernstein et al., (2019) realizaron una investigación donde analizan el impacto en la producción de cannabinoides al suplementar nitrógeno, fósforo, potasio y ácidos húmicos a la nutrición del Cannabis. Zheng (2021) hace énfasis en el estudio de distintos medios de cultivo y la importancia del desarrollo del sistema radical de la planta de Cannabis para obtener buenos resultados en la cosecha. Otra investigación vinculada a la calidad de la cosecha es la de Chandra et al., (2008), donde se hace énfasis en la importancia de la biotecnología en el cultivo de Cannabis donde el uso de tecnologías como por ejemplo sistemas de iluminación, resulta de gran importancia en la producción de Cannabis. En sus artículos, Lata et al. (2016) y Lata et al. (2017) los autores estudian distintos métodos de propagación de Cannabis. Por otro lado, Ivanovs et al., (2015) analizan el proceso de producción de aglomerados de fibra de cáñamo, un subproducto de la fibra usado para la construcción. En un área distinta, Adamovics et al., (2017) estudian el impacto en la producción de biomasa al sembrar Cannabis para producción de biocombustibles, en distintos momentos del año.

Posteriormente se procedió a procesar el corpus bibliográfico en Mendeley y en VOSVIEWER. En este último programa se construyó un tesoro para unificar en el mapa final palabras sinónimo como “Cannabis sativa”, “Cannabis” o “Hemp” y así filtrar palabras que puedan generar distorsiones. Para crear la Figura 1-7 se utilizaron los datos obtenidos de SCOPUS. Estos se procesaron en VOSviewer en donde se agruparon las palabras clave obtenidas de las investigaciones encontradas en la base de datos SCOPUS.

Figura 1-7. Clústeres de palabras clave de artículos científicos

Fuente: elaboración propia en VOSviewer

Una vez procesados se evidencian 4 clústeres de palabras en donde se pueden identificar algunas relaciones marcadas por los nodos (círculos con mayor tamaño).

Clúster Rojo o de horticultura y biomasa: El clúster rojo es el más numeroso de todos, en él se encuentran palabras orientadas a la horticultura como floración, cosecha, fisiología o cultivar, al igual que relacionadas con la fertilización como nitrógeno. Por otra parte, se relacionan palabras con nodos de tamaño medio con la producción de biocombustibles en términos como biomasa. El nodo más grande de todos es Cannabis sativa, esto se debe a que es el término con más relaciones entre palabras y el foco de la búsqueda, le siguen biomasa, cultivo y plantas.

Clúster Verde o de Semilla y Genética: El nodo más grande del clúster es semilla, seguido de metabolismo y química. En general, el clúster tiende a referirse a distintos aspectos de la producción de semilla, se relaciona con la alimentación, tanto de humanos como animales, por palabras como aceite vegetal o ácidos grasos o metabolismo. También toma relevancia la palabra genotipo, puesto que, de acuerdo con la genética de la planta,

esta expresa distintas características que pueden ser relevantes para distintos tipos de producción.

Clúster Amarillo o de Fibra y subproductos: el clúster amarillo se centra en palabras vinculadas a la producción de fibra de cannabis, los nodos más notorios son fibra, fibra de cáñamo y celulosa, que a su vez se vinculan a la transformación de fibra en otros subproductos.

Clúster Azul o de aceite y subproductos: En este clúster destacan las palabras cannabinoides y aceites esenciales, todos los términos están vinculados a la producción del aceite de Cannabis.

1.5 Análisis integrado de artículos y patentes

1.5.1 Horticultura y biomasa

En la Tabla 1-2 se identifican cuatro tendencias investigativas que parten del clúster rojo, estas se resumen en dos temáticas para organizar el análisis. La primera se enfoca en la horticultura de la planta y el incremento de su producción y la segunda en los usos de la biomasa del Cannabis.

Tabla 1-2. Clúster Rojo y patentes

Palabra/s clave	# Patente y titular	Nombre	resumen
crop plant, crop yield, crops, cultivar, cultivation, flowering, harvesting, nitrogen, physiology, plants (botany)	US 9844518 B2 Mjar Holdings	Method of growing cannabaceae plants using artificial lighting	La patente comprende un sistema de cultivo de <i>Cannabis sativa</i> que utiliza iluminación artificial de distintas potencias para distintas etapas de la planta. En vegetativo ofrece entre 125 y 500 micro moles [por m2/segundo. En floración ofrece entre 400 y 975 micro moles por m2/segundo. (Lowe et al., 2017)
	US 11076539 B2 Multiple Energy Technologies Llc	Bioceramic and carbon-based hydroponic systems, methods and devices	La invención consiste en un sistema de cultivo hidropónico que usa distintos tipos de bio cerámica a base

			de silicatos y otros minerales (Shannon et al., 2021).
	US 10542759 B2 Ralco Nutrition Inc	Agricultural composition and applications utilizing essential oils	La patente consiste en un producto de uso en agricultura a base de aceites esenciales de 16 plantas distintas (una de ellas el Cannabis) que asegura que puede mejorar el crecimiento, salud y cosecha de varios cultivos. (Dale & David, 2020)
	US 11071302 B2 Alpheo Bio Nv	Means and methods for plant yield enhancement	La patente protege una composición microbiana que clama poder incrementar la producción de la planta a la que sea aplicada dicha composición. (Goormachtig et al 2021)
	US 9981886 B2 Acupac Packing Inc.	Fertilizer	La patente comprende una línea de fertilizantes que contienen distintas cantidades de uno o varios de los compuestos fitoquímicos del aceite del Cannabis y elementos como fosforo, potasio y nitrógeno, entre otros. (Babak & J, 2018)
biomass, dicotyledon, energy crop,	US 9745592 B2 Circ Llc	Engineered plant biomass for biodiesel and bioethanol production	La invención consiste en la modificación genética de un cultivar seleccionado de distintas plantas (una de ellas el Cannabis) para que produzca mayores niveles de biomasa y azúcares, con el objetivo de producir biocombustibles (Mykola et al., 2017)
	US 11053405 B2 Thomas Jefferson University	Sustainable bio-char-based ink having conductive properties	Describe el proceso para formar una tinta hecha de bio-carbón de cannabis con propiedades conductoras. (Sunderland, 2021)
biomass	US 9974821 B2 Drive Foods Corps	Method of juicing cannabis plant matter	Comprende un método para realizar un jugo o zumo de material vegetal de cannabis haciendo uso de filtros y prensas hidráulicas. (Matthew, 2018)
regional planning.	EP 3325425 B1 Adaptavate Ltd.	Building Product	La patente consiste en una tabla usada para construcción que se fabrica a base de celulosa, fibra de

			cáñamo y arcilla o cal en distintas proporciones. (Christopher, 2021)
--	--	--	---

Elaboración propia

En investigaciones como la de Chandra et al., (2017) se encuentra que el cultivo de Cannabis se da tanto en interiores (con iluminación artificial) como en exterior o bajo invernadero y requiere de 18 horas para su etapa de crecimiento vegetativo, 12 horas para entrar en su etapa de floración, y que la disminución de horas se refleja en pérdidas de producción. En la medida en la que países como Colombia no cuentan con 18 horas de luz, el área de iluminación artificial toma relevancia; al respecto, Bilodeau et al., (2019) señalan que, si bien aún no se ha identificado un valor de iluminación ideal para el cultivo de Cannabis, existen algunos estudios que han dado buenos resultados con valores entre los 1500 y 2000 $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{s}$.

En esta misma área, Namdar *et al.* (2019) afirman que distintos tipos de iluminación como la LED, pueden tener efectos en los metabolitos de las plantas, modificando sus funciones biológicas. Esta información es decisiva para el desarrollo de la industria en países como Colombia, puesto que permite establecer condiciones básicas y optimizadas de cultivo para cada región determinada, dependiendo de cuántas horas e intensidad de luz deba suplir a la planta con iluminación artificial para mantener un periodo vegetativo o de floración en un invernadero. Comprender contribuye a mejorar las prácticas de cultivo.

Por otra parte, Chandra et al., (2017) también dicen que se distinguen tres tipos de la planta (si bien no son los únicos) enfocados en distintos objetivos, el primero es el alto en THC (tetrahidrocannabinol) el segundo es el alto en CBD (cannabidiol) y el tercero enfocado en producción de fibra o grano, también llamado cáñamo; y sus producciones varían según la genética y las condiciones ambientales a las que se les somete.

Estas investigaciones científicas contrastan con patentes como la US 9844518 B2 que protege un sistema de iluminación artificial para cultivar plantas que ofrece hasta 975 $\mu\text{moles}/\text{m}^2/\text{s}$ y un sistema que puede realizar variaciones al espectro y la intensidad de la misma, de manera que se adapte a la etapa de la planta (vegetativo o floración) (Lowe et al., 2017). Adicionalmente, Parma & Baxant, (2018) afirman que diferentes espectros de luz son absorbidos por las plantas en distinta medida y cada espectro tiene influencia en procesos naturales de las plantas, por lo que se puede hacer un sistema de iluminación

óptimo para cada proceso. En este sentido, dependiendo del tipo de finalidad que tenga el cultivo de cannabis, el uso de distintos tipos de iluminación puede tener impacto en los resultados de la producción. En efecto, Danziger & Bernstein, (2021) indican que no es necesario utilizar iluminación artificial full espectro para potenciar el perfil de cannabinoides de un cultivar de Cannabis con objetivo medicinal, sin embargo el adecuado uso de espectros como el rojo y el azul pueden lograr incrementos en la producción de CBG (cannabigerol). Frente a esto, Desaulniers Brousseau et al., (2021) invitan a investigar los efectos de otros espectros lumínicos distintos al rojo y el azul para comprender como mejorar la producción a partir de los procesos metabólicos de la planta.

Otros factores determinantes en la obtención de buenas producciones como la fertilización, uso del suelo y medio de cultivo son igualmente importantes. Aubin et al., (2015) encontraron que en cultivares de cáñamo el incremento de la fertilización de nitrógeno, hasta un volumen de 200 kilogramos por hectárea, promueve el incremento de biomasa y semilla producida, sin embargo, otros macronutrientes como fósforo y potasio no tienen mayor impacto. Por otra parte Bernstein et al., (2019) estudiaron el impacto de la utilización de ácidos húmicos y la suplementación de nitrógeno, fósforo y potasio en cultivares de Cannabis con propósito medicinal, encontrando que las variaciones en la nutrición de las plantas tienen una relación directa con los cannabinoides que produce la planta.

La patente US 10542759 B2 (Dale & David, 2016) es muestra de que hay desarrollos enfocados en el incremento de la producción a partir de la nutrición, pues protege un producto fertilizante suplementado con aceites esenciales de plantas como el Cannabis y que clama mejorar la salud y producción de las plantas. Zhang et al., (2021) estudiaron las propiedades insecticidas, herbicidas y antibacterianas de algunos de los compuestos del cannabis encontrando que algunos de ellos pueden ser utilizados como productos de control amigables con el medio ambiente. En este sentido, la inclusión de compuestos del aceite de cannabis tiene el potencial de impulsar una línea de productos orgánicos y que pueden ser utilizados por la misma industria.

Otros estudios promueven el uso de microorganismos con el objetivo de disminuir el uso e impacto de la fertilización o uso de productos químicos para controlar hongos o enfermedades; la investigación de Pagnani et al., (2018) indica que el uso de microorganismos como rizobacterias promueve la formación de mayor cantidad de

biomasa en cultivares de cáñamo “Finola” y disminuye la intensidad de fertilización que se debe aplicar. En la patente US 10231469 B2 (John & Patrick, 2019) se encuentra un producto fertilizante a base de cacao que clama contener distintas cepas de micorrizas que contribuyen al crecimiento y salud de las plantas. En este mismo ámbito, la patente US 11071302 B2 (Goormachtig et al, 2021) también promueve el uso de microorganismos con la promesa de incrementar la producción. Además, también vale la pena destacar las propiedades acaricidas del aceite de Cannabis, Tabari et al., (2020) vislumbran el potencial de algunos terpenos con alta presencia en el aceite de Cannabis, como el humuleno y el cariofileno, como acaricida por su alto potencial toxico contra ácaros y áfidos.

Si bien los efectos sinérgicos de los microorganismos con las plantas de Cannabis pueden impulsar la producción, no todos generan un impacto positivo. Punja & Rodriguez, (2018) encontraron una alta incidencia de patógenos como el Pythium o Fusarium en modalidades de cultivo hidropónico, por lo que se hace relevante el manejo de enfermedades y plagas en este tipo de cultivos. La patente US 11076539 B2 (Letton et al et al., 2021) se refiere a un sistema de cultivo hidropónico que usa principalmente bio cerámica y clama que puede lograr mejoras en los efectos organolépticos de las plantas y el incremento de algunos compuestos de las plantas. De la mano con la patente, Yep et al., (2020) realizaron un estudio en el cual se analiza la importancia del sistema radicular del Cannabis para lograr buenas producciones de biomasa y aceite, en sus resultados encontraron que los sistemas hidropónicos tienen la posibilidad de incrementar las producciones de inflorescencias.

Además, no se debe desconocer la importancia de los microorganismos en otros procesos productivos como el enriado, Law et al., (2020), estudian las poblaciones de diferentes bacterias durante el proceso de fermentación para la extracción y separación de fibras en ambiente de laboratorio, con el objetivo de establecer parámetros para una producción más consistente de fibra; encontrando que las poblaciones bacterianas se mantenían constantes durante el proceso. Por otra parte, en la postcosecha de la flor de cannabis, microorganismos como hongos pueden tener impactos negativos. Punja, (2021b) evalúa la diversidad de hongos que se pueden encontrar en la flor de Cannabis tras ser cosechada, determinando que había hongos de diferentes familias como Penicilium, Fusarium y Botritis.

De igual manera, otros mecanismos usados tras la cosecha pueden impactar en diferentes niveles la producción, Kovalchuk et al., (2020) estudian el impacto de irradiar flor de Cannabis con un rayo de electrones, técnica usada para eliminar algunos microorganismos en la industria, encontrando que puede tener un impacto positivo en el incremento de cannabinoides como el THC y otros metabolitos secundarios como los terpenos, que también tiene potencial medicinal.

Toda esta información en torno a la horticultura y producción de cannabis también representa amenazas o potenciales efectos indeseables, el alto uso de electricidad para los implementos tecnológicos que se usan en el cultivo representa un impacto negativo al medio ambiente al igual que la contaminación de suelos que se podría alcanzar en busca de incrementar producciones. De la misma forma, se puede relacionar la huella de carbono y el desarrollo sostenible; Mills, (2012) calcula que al producir 1 kg de flor de Cannabis en modalidad “*indoor*”, se generan aproximadamente 4.600 kg de dióxido de carbono, debido a la necesidad de utilizar luminaria artificial, sistemas de riego, control ambiental, etc.

Ahora bien, la segunda línea de tendencias del clúster rojo; está orientada al uso de biomasa del Cannabis, la patente US 9745592 B2 (MYKOLA et al., 2017) ofrece una primera mirada a un producto que consiste en la modificación genética de un cultivar seleccionado con el objetivo de incrementar su biomasa y producción de azúcares con miras a obtener una mayor cantidad de bioetanol o biodiesel. Para Prade et al., (2011) el potencial del Cannabis como cultivo para producción energética en el norte de Europa es muy alto ya que supera en un 120% la capacidad energética de la paja de trigo. Otros autores como Kumar et al., (2017) no solamente destacan el alto potencial que tiene la planta como fuente de biomasa para la producción de biocombustibles, sino que destaca sus capacidades fito-remediadoras de suelos que en combinación pueden contribuir con el medio ambiente. La patente US 11053405 B2 (MARK, 2021) tiene buena sinergia con el cannabis cargado de metales pesados, puesto que protege el desarrollo de una tinta con propiedades conductoras a base de bio carbón de Cannabis.

Otro uso a destacar de la biomasa es la alimentación, Mi et al., (2020) proponen lineamientos para la producción de germinados de cáñamo a partir del análisis de distintas características en diferentes variedades de la planta. Estos germinados tienen la finalidad de ser agregados a ensaladas pues, según los autores, tienen altos contenidos de

fitoquímicos con valor nutricional. Con el propósito de alimenticio en mente, la patente US 9974821 B2 (Matthew 2018) protege el proceso para producir un jugo o zumo de cannabis a base de su material vegetal. Así mismo, otras investigaciones en usos de la biomasa se pueden encontrar en investigaciones como la de Ascrizzi et al., (2020) que propone la utilización de la flor de Cannabis, tras haber extraído su aceite esencial, como saborizante para bebidas alcohólicas, usando como base para su estudio cerveza y licor artesanal.

Por último, Pleiksnis et al., (2016) vislumbran el alto valor que puede tener el uso de productos derivados de la biomasa del cáñamo; destacando la capacidad anti incendios de los aglomerados que mezclan distintos tipos de arcillas junto a fibra de la planta. Los autores hacen hincapié en el valor que puede tener incluir este tipo de productos en la planeación de regiones con alto riesgo de incendios. La innovación que se encuentra en la patente EP 3325425 B1 (Chritopher, 2021) consiste en un material de construcción similar al que se describe en el artículo, pues tiene altos contenidos de fibra de cáñamo y arcillas.

Así pues, todas las investigaciones y desarrollos que se presentaron, muestran amplias alternativas de productos o procesos que pueden ser aplicados o desarrollados en los procesos de cultivo y postcosecha de la industria colombiana. Al evaluar las posibilidades para cada tipo de producto o para el mejoramiento de procesos, los administradores pueden tomar decisiones relacionadas al cultivo y postcosecha. Por ejemplo, los avances en el entendimiento de la relación entre el uso de diferentes tecnologías o innovaciones en el cultivo de cannabis como el uso de microorganismos, la iluminación o la nutrición en la productividad de los diferentes cultivares de cannabis, contribuyen a la toma de decisiones en torno a la modalidad de cultivo, la infraestructura, los costos que puede representar el uso o adaptación de una tecnología o técnica.

Esta información también puede influir en la determinación de que tecnologías o técnicas son dominantes o se pueden adaptar o no en una organización en Colombia. La postcosecha de cannabis de uso medicinal requiere de diferentes estándares como TGO 93 australiano (Therapeutic Goods Administration, 2019) dependiendo del país al que este destinado. En el cannabis medicinal hay altas probabilidades de la aparición de microorganismos que pueden dañar el producto final, por lo que uno de los focos principales de este segmento de la industria para la postcosecha debería ser la tecnología o técnica que se va a utilizar para desarrollar dicho proceso. Si una organización no se

puede adaptar a las exigencias internacionales y no puede garantizar la calidad de su producto con tecnologías o técnicas, debe reevaluar su permanencia en este segmento de mercado.

1.5.2 Semilla y Genética

En el presente apartado se identifican dos tendencias frente a la producción de semilla que se orientan a la genética y a diferentes usos de la semilla y sus subproductos como el aceite vegetal extraído de la semilla (Tabla 1-3).

La tendencia en genética es especialmente relevante porque, si bien las patentes de plantas no necesariamente son patentes otorgadas, ilustran el potencial que tiene la genética para impactar en todos los ámbitos de la producción. La patente US 10499584 B2 (S & JOHN, 2019) clama el desarrollo de una variedad transgénica de cannabis que produce menos de 0.2% de THC y un perfil de terpenos único. Por otra parte la patente en la patente US PP033183 P2 (ARTHUR et al., 2021) se clama el desarrollo de una variedad de cáñamo con producciones de cannabidiol, cannabicromeno y tetrahidrocannabinol en relaciones 25:9:1 respectivamente. Estudios como el de Casano et al., (2011) estudian los perfiles de fitoquímicos que contienen 16 plantas de distintas variedades genéticas, encontrando amplias variaciones en el contenido de terpenos, cannabinoides y flavonoides. Otros autores como García-Tejero et al., (2020) estudian el cultivo y adaptabilidad de distintas genéticas de cannabis a condiciones semi áridas causadas por el cambio climático en la costa mediterránea.

Tabla 1-3. Clúster Verde y patentes

Palabra/s clave	# Patente y titular	Nombre	resumen
genotype, metabolism, plant extract, chemistry	US 10499584 B2 New West Genetics	Industrial Hemp Cannabis cultivars and sedes with stable cannabinoid profile	La invención comprende una variedad de cannabis no transgénica que produce menos de 0.2% THC y tiene un perfil de terpenos único. (Fletcher & JOHN, 2019)
	US PP033483 P3 Phytoplant Research S L	Cannabis plant named "Divina"	La invención es una mutación genética espontanea de cuya madre se hace reproducción asexual. La mutación consiste en una variación de colores en la hoja, que la hacen

			interesante para uso ornamental. (SALVATORE, 2021)
	US PP033183 P2 Geneticscubed Llc	Hemp plant named 'C2B'	Patente de planta, que busca proteger una variedad de cáñamo con una producción de 25:9:1 en relación de producción de cannabidiol, cannabicromeno y tetrahidrocannabinol (Adams et al., 2021)
metabolism, non-human, human, hempseed, chemistry, antioxidants, fatty acids, plant seed	KR 102011349 B1 Angel Col LTD	A novel seed juice having improved anti hypertense activity	Consiste en un jugo o zumo a base de pera y semillas de cáñamo o Cannabis sativa, entre otras semillas. Los inventores claman que disminuye la hipertensión arterial. (SU et al., 2019)
	EP 3123866 B1 Il Gattopardo S a S di David Lipardi & C.	Food producto containing Hemp	El producto es una mezcla de harinas de trigo y semilla de cáñamo, Se especifican detalles de la preparación como la temperatura y, además, se le agregan THC o CBD según sea el caso. (DAVIDE, 2019)
	EP 1750522 B1 P&G	Use of pet food composition	Compuesto de diferentes semillas con altos contenidos de omega 3 que se utilizan como suplemento alimenticio para animales. (LEE et al., 2011)
vegetable oil, plant seed, hempseed	US 10435542 B2 Bridgestone Americas Tire Operation Llc.	Hemp oil containing rubber composition and related methods	Compuesto de caucho y aceite de semilla de cáñamo con resistencia elevada a desgarrarse. (PRIYAVARDHANA et al., 2019)

Elaboración propia

El potencial del desarrollo de fitomejoramientos en Cannabis puede tener impacto en todos los segmentos de la industria productiva debido a que una genética que produzca más fitoquímicos o diversidad de los mismos, tendrá mayores salidas económicas. De la misma manera, una genética que produzca una semilla más grande, fibras más resistentes, o alguna característica que le dé una ventaja competitiva; resultará en un beneficio para su propietario.

Por otra parte, los usos de la semilla también están siendo investigados y abriendo paso a nuevas innovaciones. En la patente KR 102011349 B1 (SU et al., 2019) se describe el proceso de producción de un zumo que usa como base jugo o zumo de pera y semillas de

Cannabis, entre otras semillas; los inventores claman que esta bebida tiene propiedades que disminuyen la hipertensión. Zhou et al., (2018) evalúa la capacidad antiinflamatoria de diferentes compuestos que se encuentran en la semilla de cannabis, resaltando su potencial uso como tratamiento alternativo para enfermedades neurodegenerativas.

En otras innovaciones como la patente EP 1750522 B1 (LEE et al., 2011) se encuentran formulaciones para alimentos de animales; altas en ácidos grasos como el omega 3. Bailoni et al., (2021) destacan los valores nutricionales de la semilla de cáñamo, resaltando su alto valor nutricional por su contenido de proteína, cercano al 25%, además de un contenido de lípidos cercano al 30% y amplia variedad de aminoácidos.

Por su parte, Skřivan et al., (2019) estudian el uso de semilla de cáñamo como suplemento nutricional en gallinas para producción de huevos, encontrando que la adición de mencionado suplemento tenía influencia en el incremento de tocoferol (vitamina E), disminución de la cantidad de colesterol en el huevo. Así mismo, incremento la cantidad de calcio en la tibia, lo que podría disminuir impactos negativos causados por fracturas en la industria avícola. Además, las gallinas no son los únicos animales estudiados, Klir et al., (2019) vislumbran la inclusión de semilla y aceite de cáñamo en la nutrición de cabras y vacas, resaltando que dicha acción incrementa la producción de leche y el contenido de ácidos grasos en la misma. En estudios como el de Grigoryev et al., (2019) se destaca la viabilidad de incluir el aceite del cannabis en la nutrición animal y humana debido a su alto valor nutricional; capaz de reducir problemas nutricionales.

Otros usos de la semilla de cannabis, o más bien, del aceite que se obtiene como subproducto de la misma; se hace relevante en la patente US 10435542 B2 (Priyavardhana et al., 2019) donde se protege el método de producción de un tipo de caucho mezclado con aceite de cáñamo, entre otros productos, que clama tener alta resistencia a desgarrarse. Mirpoor et al., (2021) discuten el uso de aceite y semilla de plantas como el ajonjolí o el cannabis, como insumos para la fabricación de bioplásticos, hecho que destaca la importancia de investigar a mayor profundidad los subproductos de la semilla, ya que tiene el potencial de ofrecer muchas alternativas.

Para una organización que se dedique a la producción de semilla o fitomejoramiento, la información presentada tiene valor en la determinación de alternativas de productos,

innovaciones o técnicas que se pueden desarrollar o investigar con base a la semilla, bien sea aceite o harina e, inclusive neumáticos. Además, es especialmente relevante el desarrollo de fitomejoramientos puesto que contribuyen al mejoramiento u optimización de todos los procesos relacionados a la optimización o mejoramiento de la industria de cannabis. Si se desea obtener una planta cuya semilla tenga mayor tamaño, tanto como si se desea obtener un mayor volumen de fitoquímicos de la cosecha el trabajo genético es determinante para la industria.

1.5.3 Fibra y subproductos

En este apartado se presentan elementos relacionados con la fibra y subproductos, y se centra en los distintos usos que tiene la fibra del Cannabis, es relevante mencionar que en la Tabla 1-4 se tratan algunos usos que tiene la fibra como la producción de biocombustibles o el uso de subproductos de la fibra en la planeación regional, sin embargo, aquí se abordaran de forma más centrada en la fibra y sus subproductos orientados por las palabras clave.

Tabla 1-4. Clúster Amarillo y patentes

Palabra/s clave	# Patente y titular	Nombre	resumen
lignin, cellulose, morphology, fibers, hemp fibers, composite, crop residue, extraction method, processing	EP 3347476 B1 Luxembourg Inst. Science & Tech List.	Genetically engineered plant fibres presenting enhanced Surface properties	La invención consiste en la modificación genética de fibras de cultivos como el cáñamo y el lino con el objetivo de incrementar propiedades como la hidrofobia. (Gea, 2021)
	EP 2513149 B1 Nat Res Council Canada	Cellulose Nanocrystals from renewable biomass	La invención consiste en el proceso de producir nano cristales de celulosa a partir de la biomasa de distintas plantas, entre ellas el Cannabis. (Woon et al., 2016)
	US 10167374 B2 Centre National De La Recherche Scientifique	Method for recovering organic fibers from a composite material	Es un método para recuperar distintas fibras orgánicas (cáñamo, coco, lino) de materiales compuestos. (Cyril et al., 2019)

	US 91876224 B2 University of North Carolina at Charlotte	Hemp fiber reinforced composite with recycled high density polyethylene and the production thereof	La patente protege un compuesto de fibras de cáñamo con polietileno que clama ser más fuerte que la madera y puede competir con la fibra de vidrio además de tener alta resistencia a la humedad y no se desgasta rápidamente en ambientes con agua. Se produce sin tratamientos químicos y no se ve afectado por insectos.(Na., 2015)
	US 10745859 B2 First Quality Tissue Llc	Cannabis fiber, absorbent cellulosic structures containing cannabis fiber and method of making the same	La invención consiste en el método de preparación y obtención de un "papel" o estructura absorbente a base de fibra de cannabis. (Karthik et al., 2020)

Elaboración propia

La fibra de cáñamo o cannabis tiene un alto potencial para impactar en distintas industrias. Vandepitte et al., (2020) destacan el uso textil de las fibras y evalúan su integración en la cadena productiva del lino para facilitar la expansión de su producción. La patente EP 3347476 B1 (Gea, 2021), protege el proceso para modificar genéticamente fibras de cultivares como la linaza y el cáñamo con el objetivo de potenciar propiedades hidrofóbicas. Este tipo de procesos y productos ofrecen una alternativa a fibras artificiales a base de petróleo. Grégoire et al., (2020) destacan que la fortaleza y elasticidad de la fibra de cáñamo la hacen ideal para la producción de textiles técnicos como geotextiles de carga o refuerzos compuestos de rango medio. Por otra parte, hay procesos como el de la patente US 10167374 B2 (Cyril et al., 2019) en donde se describe la forma de recuperar fibras orgánicas de materiales compuestos.

El potencial de los compuestos de fibra de cannabis es bastante amplio, Balčiūnas et al., (2016) investigan las propiedades ecológicas, acústicas y térmicas de un aglomerados de fibra de cáñamo mezclado con sápropel orgánico de algas y reforzado con residuos de la producción de papel en comparación con un aglomerado de cal y cáñamo, encontrando mejores propiedades térmicas y acústicas en el primero. En la patente US 91876224 B2 (Na. 2017) se encuentra otro tipo de compuesto que une fibras de cáñamo con polietileno

reciclado de alta densidad, cuyos creadores claman que tiene una fortaleza mayor a la madera y tiene el potencial de competir con la fibra de vidrio para distintas aplicaciones. Además, tiene alta resistencia al desgaste, no le afectan los insectos y no se utilizan procesos químicos durante su fabricación.

En estudios como el de Wu et al., (2018) se resalta que uno de los cuellos de botella en el uso de fibras vegetales es su alto nivel de absorción de humedad, por lo que evalúa como solución la aplicación de una capa superficial de polietileno a un compuesto de fibra de cannabis. Una de las conclusiones del estudio destaca las propiedades mecánicas del material y su potencial para reemplazar la fibra de vidrio en la industria automotriz. Así mismo, otro uso destacado del Cannabis que puede impactar la industria automotriz es la producción de biocombustibles.

Por otra parte, la fibra de cannabis también puede ser usada para la producción de papel, Barberà et al., (2011) estudian un método de extracción de pulpa basado en solventes orgánicos, capaz de producir celulosa, lignina y suero de hemicelulosa. Los resultados de dicha extracción se compararon en distintas propiedades mecánicas con la pulpa obtenida del árbol de eucalipto utilizando el mismo proceso; encontrando que tenían propiedades similares, haciendo del Cannabis un candidato para modificar la producción tradicional de papel. La patente US10745859 B2 (Karthik et al., 2020) describe el proceso de fabricación de un papel, a base de fibra de cáñamo, con capacidad absorbente u alta durabilidad. Por otra parte, patentes como la EP 2513149 B1 (Woon et al., 2011) muestran el potencial de este tipo de extracciones para la obtención de materiales altamente resistentes a base de la celulosa obtenida de plantas con alta capacidad de producción de la misma, como el Cannabis.

Para un productor o emprendedor de fibra la información influye en el desarrollo de productos tanto como en el uso de técnicas o tecnologías para las distintas finalidades de la fibra. También es importante destacar que la totalidad de la información presentada a lo largo del capítulo tiene valor para los diferentes segmentos. Por ejemplo, si se quiere obtener fibras de alta calidad para uso textil, el cultivar y los tiempos de cultivo son distintos a si se quiere producir semilla y usar la fibra residual para producción de biocompuestos como plásticos o papel. En la medida en la que una organización analice la información,

puede encontrar alternativas para enfocar sus productos y servicios y en este sentido, enfocarse en uno o diferentes segmentos de la cadena productiva.

1.5.4 Aceite y subproductos

En el último apartado se presentan elementos relacionados con el aceite y subproductos se encuentran dos tendencias principales, los usos y métodos de uso del aceite de flor de Cannabis y sus componentes y la extracción del aceite de flor de Cannabis (

Tabla 1-5).

Tabla 1-5. Clúster Azul y patentes

Palabra/s clave	# Patente y titular	Nombre	resumen
Secondary metabolites, phytochemistry, terpenes, cannabinoids, THC, Cannabidiol, essential oils, chemical compound, monoterpenes	US 9974820 B2 Crustoclean Technologies Limited	Method and apparatus for smoke-infusing proteinaceous foods and smoked-infused such proteinaceous food products so obtained	La patente consiste en un método de realizar una infusión de los componentes derivados del Cannabis en alimentos altos en proteína utilizando un método de “ahumado”. (RICHARD, 2018)
	US 10441552 B2 Apirx Pharmaceutical Usa Llc	Anti-microbial composition comprising cannabionids	La invención consiste en un producto en forma de spray, crema, líquido y polvo; que clama tener propiedades antibacteriales y antifúngicas debido a sus contenidos de CBG, CBD, THC, THCV y CBDV. (A. G. E et al., 2019)
	US 10675264 B2 Elevate Tech Llc, Green Wayne, Agnovis Llc	Terpene based compositions, methods of preparations and uses thereof	La invención consiste en una serie de preparaciones tópicas, orales o parenterales, que contienen y son enriquecidas artificialmente; con terpenos y, en algunos casos, cannabinoides de uso medicinal o recreacional. (WAYNE et al., 2020)
	EP 3164141 B1 Poviva Corp.	Food and Beverage Compositin Infused with lipophilic active	La invención consiste en el proceso para producir un agente lipofílico potenciado con cannabinoides no

		agents and methods of use thereof	psicoactivos y utilizado en preparaciones de alimentos y bebidas. (W. M. E & MICHELLE, 2020)
	US 10080851 B2 Syqe Medical Ltd	Method and device for vaporization and inhalation of isolated substances	La invención comprende un sistema de vaporización de concentrados medicinales para dosificar a un paciente por vía pulmonar. (PERRY et al., 2018)
Extraction	US 10189762 B1 Orochem Technologies Inc	Process for purification and separation of cannabinoids, from dried hemp and cannabis leaves	Es un proceso por medio del cual se busca separar, principalmente THC y CBD, con el objetivo de obtener aceite rico en fitocannabinoides no psicoactivos y aislados de CBD (cristal puro)(RAJARAM et al., 2019)
	US 11027218 B2 Canopy Growth Corporation, Ebbu inc	Purification and separation techniques for cannabinoids	Protege una serie de técnicas por evaporación o sonicación para purificar cannabinoides como CBDV, CBD, CBC, THCV, THC, CBN, CBG, entre otros. (ARON & KARL, 2021)
	US 10787429 B1 Eco Green Holdings Llc, Eco Green Glow Holdings	Products and methods of mechanical extraction and purification of tetrahydrocannabinolic acid	Consiste en el método de producción de ácido tetrahydrocannabinolico de alta pureza por medio de un método de extracción mecánica que implica calentar el material a diferentes temperaturas y prensarlo. (Julian, 2020)
	US 11110372 B2 Neptune Wellness Solutions Inc	Cold Extraction method for cannabis and terpenes from cannabis by organic solvents	La patente se refiere a un método de extracción en frío utilizando solventes orgánicos, como el benceno o el tolueno, para prevenir la extracción de impurezas como la clorofila o las ceras. (Fereshteh et al., 2021)

Elaboración propia.

Los usos y aplicaciones de los subproductos del Cannabis tienen una amplia gama de industrias en las que pueden tener impacto. El aceite de flor no es la excepción, patentes como la US 10441552 B2 (A. G. E et al., 2019) muestran productos cosméticos como cremas, spray o polvos que incluyen terpenos y cannabinoides en su formulación y claman tener propiedades antibacteriales y antifúngicas. Russo, (2019) destaca el uso de la totalidad de los compuestos del Cannabis promoviendo el estudio del “*entourage effect*” que fomenta la idea de que la combinación de todos los fitoquímicos del Cannabis es más eficiente medicinalmente que la utilización de un solo tipo de compuesto como los cannabinoides. En este ámbito también destaca la patente US 10675264 B2 (Wayne et al., 2020) que protege varias preparaciones de consumo oral, tópico o parenteral; que pueden ser de uso recreativo o medicinal y están enriquecidas con cannabinoides o terpenos en combinaciones que no se presentan naturalmente.

Otro método de uso del aceite de cannabis es propuesto en la patente US 9974820 B2 (RICHARD, 2018) que propone un sistema de infusión del aceite del Cannabis en alimentos altos en proteína, de manera que puede ser utilizado en un sin número de preparaciones alimenticias. En este mismo ámbito, la patente EP 3164141 B1 (W. M. E, 2020) propone un método para producir un agente lipofílico potenciado con cannabinoides no psicoactivos, lo que facilita su inclusión en distintas preparaciones alimenticias y bebidas. Las formas de usar el aceite de la flor no se limitan a los alimentos o disoluciones en lípidos; como lo muestra la patente US 10080851 B2 (PERRY et al., 2018) que consiste en un sistema de vaporización de concentrados medicinales para dosificación por inhalación.

La extracción del aceite de la flor es crucial para todos estos procesos, autores como Valizadehderakhshan et al., (2021) destacan el valor de la investigación en diferentes métodos de extracción del aceite de la flor que pueden variar desde métodos mecánicos con prensas hidráulicas, hasta extracción con supercríticos o asistido por microondas o distintos tipos de solventes. Patentes como US 10787429B1 (Julian, 2020) muestran procesos mecánicos que pueden ser apoyados por el manejo de temperaturas del material. Por otra parte, el interés en la separación de los compuestos con el objetivo de obtener ultra concentrados, se ve reflejado en las patentes US 11027218 B2 (Aron & Karl, 2021) y US 10189762 B1 (Rajaram et al., 2019) que protegen diferentes métodos de separar los compuestos del aceite; que se pueden usar para suplementar o incrementar el valor de un compuesto específico en una mezcla o preparación como las ya mencionadas. Es

relevante mencionar que estos avances o aplicaciones deben ser tratados con cuidado en la medida en la que deben ser realizados a nivel de laboratorio, lo que implica una necesidad de la industria por tecnificar muchos de los procesos de transformación. La patente US 11110372 B2 (Fereshteh et al., 2021) es un reflejo de esto, puesto que es de común conocimiento que el uso de solvente orgánicos como el benceno tiene riesgos por su alta toxicidad.

Para las organizaciones que se dedican a la producción o transformación de aceite esencial y sus subproductos, toda la información representa nuevas técnicas e innovaciones que pueden ser utilizadas para el desarrollo de nuevos productos o nuevas variedades en el caso de los cultivadores. Por ejemplo, el estudio de los efectos de nuevos o diferentes fitoquímicos del cannabis puede resultar en el desarrollo de un fitomejoramiento que se enfoque en determinado compuesto.

Las investigaciones relacionadas con los usos de los compuestos de la planta también pueden contribuir a que los tomadores de decisiones del gobierno a formular política pública y legislación que se adapten a los avances, por ejemplo, la identificación de límites de consumo de los diferentes compuestos. Así mismo, innovaciones o técnicas que permitan crear nuevos mecanismos para dosificación para pacientes; como una máquina que permite hacer la infusión del aceite esencial en diferentes tipos de alimentos, tiene el potencial de diversificar el portafolio de productos. El cáñamo también es fuente de aceite esencial, por lo que no se debe descartar la obtención del mismo para el desarrollo de otros productos que requieren de menor tecnificación para su consumo, como un producto cosmético o incluso un producto agrícola.

1.6 Aportes del capítulo

En el capítulo 1 se identificaron cuatro clústeres que se relacionan con las áreas de horticultura y uso de la biomasa, semilla, genética, fibra y aceite. También se dio relevancia a diferentes innovaciones de interés y que tienen parte en alguna actividad relacionada al cultivo o transformación de cannabis. Además, se identificaron investigaciones sobre la nutrición de la planta según su finalidad (industrial, medicinal) como las citadas sobre los diferentes momentos de la producción de esta planta donde se evalúan tanto nutrientes como cantidad de fotones de luz que requiere.

Así mismo, en otras áreas como la de la fibra se identificaron procesos e innovaciones que tienen repercusión sobre su procesamiento, al igual que es el caso de los productos a base de semilla, alimenticios tanto como industriales, o los productos relacionados al aceite de la flor. Las patentes presentadas ofrecen distintas opciones y miradas al impacto que pueden tener algunas innovaciones en la industria del cannabis. El conjunto de la información sirve como insumo para que los tomadores de decisiones de las organizaciones puedan orientar sus recursos de investigación y desarrollo, además de identificar tecnologías relevantes para la industria.

Capítulo 2. Panorama del cultivo y transformación de Cannabis en Colombia

En este capítulo se presenta información sobre la industria del Cannabis (tanto medicinal como tipo cáñamo) en el mundo, situación legal y algunas cifras económicas e información de prensa relacionada a algunas de las industrias más relevantes como la canadiense. Posteriormente se revisa la legislación y situación actual del Cannabis en Colombia basado en reportes periodísticos y noticias sobre las expectativas del gobierno colombiano para los años 2022-2026, así como referencias académicas. Tras esto se procedió a proponer una matriz de Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas (DOFA por sus siglas) y a elaborar un árbol de problemas con base en la información presentada en la matriz. En el árbol se identifica el problema principal, sus causas y efectos. De esta manera se permite orientar la agenda de desarrollo tecnológico para solucionar un problema general.

2.1 Aspectos destacados de la industria del Cannabis medicinal e industrial a nivel internacional

A nivel internacional un gran número de países ha empezado a regular a distintos niveles el uso del Cannabis. Según el periódico El Tiempo (2022) existen diez países en donde el uso de cannabis recreativo es legal, dentro de los cuales están Uruguay (reguló en 2013), Canadá (desde 2018) y México (en 2021); hay más de 20 países⁵ que han regulado su uso medicinal o recreacional. La lista se amplía con el tiempo pues hay países como España que están discutiendo su aprobación para su uso medicinal. Según Schluttenhofer & Yuan, (2017), la producción de cannabis industrial o cáñamo para fibra o semilla, se desarrolla

⁵ Malta, EE.UU., Sudáfrica, Holanda, Jamaica, Portugal, Argentina, Chile, Ecuador, Panamá, Paraguay, Perú, Israel, Republica Checa, Croacia, Sri Lanka, Tailandia, Reino Unido, Puerto Rico, Irlanda, Australia, y Alemania.

en más de diecisiete Estados dentro de los cuales los mayores productores son Canadá, China, Francia y Corea del Norte.

Como se mostró en el capítulo anterior, el Cannabis y sus subproductos tienen una amplia gama de áreas e innovaciones ligadas a su horticultura y producción. Estas oportunidades que presenta el Cannabis y sus subproductos; tienen un valor importante para el Colombia en la medida en la que el Cannabis puede abordar varios mercados. Según estimaciones del portal *Grand View Research* (2022) el mercado internacional del cáñamo para producción de fibra, grano y biomasa a nivel mundial tiene un valor de 4.7 billones de dólares para el año 2022 y se espera que crezca hasta un valor de 16.75 billones de dólares a nivel mundial. Dentro de este crecimiento destacan los distintos usos de la fibra (materiales de construcción, papel, industria textil, Industria automotriz, entre otros) y de la semilla (nutrición animal y humana, fitomejoramiento).

Por otra parte, el mercado medicinal de la planta también tiene proyecciones amplias de crecimiento. El portal *Allied market research* (2020) estima que el mercado internacional de productos medicinales y derivados del Cannabis podría crecer del 6.8 billones de dólares en 2020, a 53.3 billones de dólares para finales de 2030, teniendo en cuenta la creciente tendencia a regular su consumo medicinal tanto como recreacional y cuyos productos principales son los extractos, concentrados, derivados y flores para consumo. Según Ramírez et al., (2019) gracias a la legalización del cáñamo a nivel federal en el 2018, se espera que las ventas de productos que incluyen CBD o cáñamo se dupliquen, al igual que la cantidad de hectáreas de cáñamo sembradas.

En el artículo en el cual se realiza un análisis de vigilancia tecnológica enfocado en patentes en torno al Cannabis medicinal a nivel internacional, los autores Andrade et al., (2018) encontraron siete grupos de patentes, destacando los desarrollos genéticos con altas producciones de fitoquímicos, nuevos compuestos de cannabis para tratar enfermedades, nuevos métodos de cultivo eficientes tecnologías y técnicas de extracción y refinamiento y por último, métodos de conservación de cannabinoides. Con la información presentada en la vigilancia tecnológica del capítulo 1 es posible complementar el aspecto medicinal con otras líneas productivas como la fabricación de biocombustibles, producción de fibra industrial o la alimentación con semilla de Cannabis. En este sentido cobra relevancia para países como Colombia, informar y promover otros usos del Cannabis

que no se limiten exclusivamente al medicinal, puesto que a nivel internacional hay una amplia variedad de innovaciones que se estudian y desarrollan con base en todos los subproductos del Cannabis.

Si bien hay una gran cantidad de proyecciones positivas, también es importante tener en cuenta la experiencia de otros países que ya han dado el paso a la regulación recreativa y, en este sentido, han tenido tiempo para tomar datos de la evolución de la industria. En Canadá se reportó que se habían destruido alrededor de 873 toneladas de flor y productos de Cannabis no vendidos, según el artículo de Lamers (2022) en el portal Mjbizdaily, uno de los problemas surgió porque la producción superó la demanda. Así mismo, en un artículo publicado en el medio El País (Porrás, 2021), se afirma que algunos de los problemas que enfrentaron las empresas canadienses tras la regulación del Cannabis fueron una demanda más baja de lo esperado y amplias inversiones en infraestructura innecesaria.

Zuluaga (2022) coincide en que varias empresas de Cannabis canadienses incurrieron en muchas pérdidas por las altas expectativas que había frente a la demanda que no se cumplieron en la realidad. Aun así, los efectos positivos que trae la industria en términos económicos son notables; este autor afirma que los gobiernos provinciales y federales de Canadá han recaudado aproximadamente 11.600 millones de dólares americanos entre 2018 y 2021 y la inversión realizada en la industria fue de 33.500 millones de dólares americanos.

Por otra parte, países como EEUU son especialmente relevantes puesto que, si bien el Cannabis no es legal a nivel federal, si está regulado en 36 Estados para uso medicinal o adulto y el valor de la industria se calcula en 10.000 millones de dólares según datos de Toro (2021). Complementariamente, según lo observado en el capítulo anterior, EEUU es el país con mayor número de patentes otorgadas por lo que tiene la capacidad de volverse un exportador de productos de Cannabis de ser regulado federalmente. Esto último no se debe descartar pues según información publicada en CNN el periodista Collinson (2022) cita una encuesta de Gallup en la cual se calcula que 68% de las estadounidenses están a favor de la legalización del Cannabis y hay apoyo político para que se dé su regulación en un futuro.

Jonhson et al., (2023) analizan otro problema latente y es la transformación de cannabidiol en otros compuestos derivados del cannabis como el delta-9 THC que se deriva de la

producción industrial de cáñamo. Este tipo de productos representan un reto para las autoridades. Así mismo, los diferentes mercados del cannabis deben ser evaluados y escalados para lograr su estabilidad, Stats et al., (2023) estudiaron diferentes elementos que tuvieron impacto en la industria de cáñamo en EE.UU. Algunos de los problemas más destacados por los investigadores fueron; la mala toma de decisiones con base en el desconocimiento de los ciclos de vida y métodos de cultivo de la planta, problemas para lograr cumplir con la normativa legal en torno a los compuestos psicoactivos y semillas de mala calidad.

En el portal norteamericano www.leafly.com se pueden encontrar productos y desarrollos relacionados con el Cannabis. En un artículo del mencionado portal escrito por Savage (2021) se habla de nuevos cannabinoides que hacen presencia en el mercado, como el HHC (HexaHidroCannabinol) o el Delta 8 THC (un isómero del delta 9 THC). De acuerdo con Savage, el HHC se produce a partir del CBD, siendo legal en varios Estados el cultivo de Cáñamo o Cannabis medicinal o recreacional, y tiene efectos menos potentes pero similares al THC. Algunos de estos productos ya se pueden conseguir en países como Colombia, por ejemplo, el portal <https://justcbd.com.co/product-category/productos-de-hhc/> ofrece productos comestibles y vapeables derivados del Cannabis. Así pues, Estados Unidos es un mercado importante que ya tiene mayor desarrollo en diferentes aspectos que países como Colombia; este último ya tiene acceso a productos desarrollados en el país norteamericano, algunos de ellos aún sin regulación nacional por parte del INVIMA como los comestibles.

El alto uso de tecnologías o desarrollos en el cultivo de Cannabis tiene potencial de generar un impacto ambiental, en el caso de Estados Unidos es común encontrar cultivos de alta tecnología. Por ejemplo, Mills, (2012) afirma que el costo de producción en lugares como California es muy alto debido al uso de diferentes máquinas y el gasto eléctrico que generan, lo que resulta en altos costos de venta del producto final que puede alcanzar hasta 2500 dólares por kilo. En una encuesta realizada en California por Wilson et al., (2019) se encontró que para 2017 los precios por libra de Cannabis podían variar entre los 200 y 1900 dólares, siendo los pequeños productores los más afectados por las variables de producción como los costos de construcción de infraestructura o el control fitosanitario. Por otra parte, Cherney & Small, (2016) destacan que el cáñamo puede tener impactos negativos como la erosión de suelo al ser un cultivo anual, además de necesitar fertilización alta en nitrógeno, fósforo y potasio. Por lo que para cualquier tipo de producción de

Cannabis (industrial o medicinal), el sector debe ser responsable por el impacto ambiental que puede generar.

2.2 La situación del Cannabis en Colombia

El Cannabis en Colombia tiene una larga historia en torno a la legislación debido a su componente psicoactivo el THC, por ejemplo, la ley 30 de 1986 (Ministerio de Salud y Protección Social, 1986) contemplaba la posibilidad de que un ciudadano portase una cantidad mínima de sustancias psicoactivas. Por otra parte, en el artículo 49 de la Constitución política del 91 (Constitución política de Colombia, 1991) se castiga la posesión con fines de comercialización de drogas. Sin embargo, no es sino hasta la Ley 1787 del 6 de julio de 2016 donde se autoriza la realización de toda actividad relacionada con esta planta para su uso en el ámbito industrial, medicinal y científico.

Posteriormente la normatividad se desarrolló en el Decreto 613 de 2017 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2017) donde se establecían las definiciones de términos específicos relacionados con el cultivo de Cannabis, los documentos y requerimientos técnicos para realizar la solicitud de licencias relativas, entre otras temáticas. Esta norma fue modificada con el Decreto 811 del 23 de julio de 2021 (Ministerio de salud y protección social, 2021) , en donde se amplía el número de licencias incluyendo, por ejemplo, la novedad de transformación de cannabis no psicoactivo; por otra parte, se amplía la vigencia de las licencias de cinco a diez años y se regula la exportación de flor seca, entre otras disposiciones.

Tabla 2-1. Licencias para producción, cultivo y transformación de Cannabis sativa en Colombia

Licencia	Modalidades
Fabricación de derivados de Cannabis	-Para recepción y transformación de cannabis para fines médicos o científicos o industriales: -Importación/Exportación -Almacenamiento -Transporte -Comercialización y Distribución de derivados psicoactivos y no psicoactivos
Fabricación de derivados no psicoactivos de Cannabis	-Para recepción y transformación de cannabis no psicoactivo (THC por debajo de 1%) para fines médicos o científicos o industriales: -Importación/Exportación -Almacenamiento -Transporte

	-Comercialización y Distribución de derivados no psicoactivos (THC por debajo de 1%)
De uso de semilla para siembra	-Importación/Exportación -Almacenamiento -Comercialización, producción de grano, distribución, posesión y disposición final -Uso con fines médicos o científicos
Cultivo de Cannabis Psicoactivo	-Cultivo de plantas de Cannabis psicoactivo (siembra, adquisición y producción de semilla,) -Almacenamiento -Comercialización, distribución y disposición final -Exportación -Uso para Fines médicos, industriales y científicos
Cultivo de Cannabis no psicoactivo	-Adelantar actividades con Cannabis cuyo porcentaje de THC esté por debajo de 1% (siembra, adquisición y producción de semilla) -Almacenamiento -Comercialización, distribución y disposición final -Exportación - Uso para fines médicos, industriales y científicos

Fuente: Adaptada de decreto 811 de 2021, Ministerio de Salud y Protección Social

En la Tabla 2-1 se presentan modificaciones frente al decreto 613 de 2027 en las modalidades de cultivo ya solicitudes extraordinarias que se dan en condiciones delimitadas por el Decreto 811 de 2021 en el párrafo 3 del capítulo 2. Según un artículo de la periodista Cristina Estrada (2022/02/22) hasta febrero de 2022 en Colombia se habían solicitado aproximadamente 2634 licencias relacionadas al cultivo y transformación de cannabis y de estas han sido emitidas 1753; a partir de estos datos se estima que hay alrededor de 57.380 hectáreas licenciadas para cultivar Cannabis medicinal e industrial. Datos que evidencian un alto interés en la industria de Cannabis.

El decreto 811 de 2021 (Ministerio de Salud y Protección social, 2021) incluye distintos usos industriales que se incluyen en la norma, pues no solamente se tiene en cuenta la producción medicinal, sino que se incluye la producción industrial de grano para alimentación y otros productos comestibles con derivados del cannabis y derivados del aceite como productos cosméticos. Además establece los organismos que están encargados de las diferentes licencias, para cultivo psicoactivo, no psicoactivo y licencia de semilla; el Ministerio de Justicia, para elaboración de derivados de cannabis el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) (Ministerio de salud y protección social, 2021).

En la Resolución 227 de 2022 (Ministerio de Justicia, 2022) se reglamentan elementos como la solicitud de cupos para cultivo de flor psicoactiva y se cambia la forma de determinar quién es pequeño, mediano o gran cultivador según la inversión en el proyecto. Tiene especial relevancia el Título 6 de dicha resolución, puesto que incluye disposiciones sanitarias para el uso de Cannabis y sus productos derivados en alimentos, bebidas alcohólicas y en suplementos dietarios. Así mismo, en dicha norma se establecen parámetros para la exportación de flor seca, una novedad frente al decreto 613 de 2017, que junto a la exportación de productos finales tanto medicinales como comestibles, abre nuevas posibilidades de mercado para la industria. Para Ramírez et al., (2019) también es relevante la resolución 1478 de 2004 porque establece los productos y derivados de cannabis bajo el control del Fondo Nacional de Estupefacientes (FNE) según el grado de ingrediente psicoactivo, lo que la hace de suma importancia para la comercialización de productos.

Frente a la exportación, también es necesario tener presente que puede haber otros requisitos para lograr un proceso exitoso. En un artículo publicado en Portafolio (2019) se habla sobre diferentes certificaciones internacionales que pueden aplicar en varios mercados, para Países Bajos aplica el estándar internacional GAP (Good agricultural practices) y además, para la Unión Europea aplica la normatividad de la agencia Europea de Medicina para las Materias Primas de Origen Herbario. Por ejemplo, el portal oficial de la empresa Clever Leaves, una de las empresas más grandes de Colombia, (24/07/2021) afirma que cuentan con certificaciones CUMCS (Control Union Medical Cannabis Standard) GACP (Good Agricultural and Collection Practices) y EUGMP (European Union Good Manufacturing Practices) para producción de flor seca, lo que les da acceso a mercados europeos. Estas certificaciones, entre otras, representan costos en los que debe incurrir el productor que quiera exportar.

Por otra parte, la ley 2204 de 2022 (Congreso de Colombia, 2022) establece el marco legal para el uso industrial y científico del cáñamo, que se incluye dentro de la licencia de cannabis no psicoactivo establecida por el decreto 811 de 2021. La ley 2204/22 contempla distintos usos para el cultivo y transformación de cáñamo cuyas variedades deben contener menos de 0.3% de THC y cuyos usos principales son la obtención de fibra o semilla y se considera su uso para producción de biocombustibles. Otro elemento

importante que incluye la misma ley es la adopción del cáñamo como una planta permitida dentro del programa de sustitución de cultivos ilícitos.

Económicamente hablando, Colombia tiene mucho por ganar, según Procolombia (08 de febrero de 2022) para 2030 el valor de las exportaciones relacionadas a la industria de extractos podría alcanzar el monto de 1733 millones de dólares, haciéndola la segunda industria no minera energética de mayor valor superando a las flores y por debajo del café, además, podría generar 44.000 empleos en el país, según cálculos del mismo ente. Así mismo la institución destaca la capacidad de producir cuatro cosechas al año por las condiciones climáticas del país, así como los distintos mercados potenciales como Perú, Brasil Reino Unido o Alemania, entre otros. Si bien estos datos son alentadores, todo dependerá de la adaptabilidad de la industria y su capacidad para integrar procesos de innovación e investigación que abran nuevas posibilidades de mercado y ofrezcan ventajas competitivas.

Ramírez et al., (2019) afirman que hay ventajas competitivas como el acceso a recursos productivos como fuentes de agua, mano de obra o disponibilidad de la tierra. Desde un punto de vista periodístico, Gómez (2022) destaca la importancia para la industria colombiana del clima, los bajos costos de producción y que la regulación permita tantos usos, que van desde medicinal hasta cosmético. Sin embargo, el autor también afirma que solo hay dos bancos, el BBVA y el Banco Agrario, que abren cuentas a empresas de la industria, además, afirma que al ser una industria naciente debe rendir cuentas a muchas instituciones que no están articuladas de forma adecuada dificultando los procesos burocráticos.

Ramírez et al., (2019) aportan una encuesta sobre la percepción la facilidad de acceso a servicios financieros en la industria cannábica, encontrando que la obtención de créditos, la monetización y la apertura de cuentas eran un problema para más de 50% de los encuestados. Estos autores también encuentran riesgos como posibles cambios regulatorios, prácticas de competencia desleal disponibilidad de recursos de inversionistas o la incidencia de plagas o enfermedades en variedades no adaptadas, entre otros riesgos.

Según el portal Forbes (01/06/22), en el año 2022 se han invertido aproximadamente 290 millones de dólares en la industria del Cannabis en Colombia y genera alrededor de 17.5 empleos por hectárea de cultivo. También hay que tener presente que existen limitantes externas, en un artículo de Bohórquez (2021) se afirma que uno de los problemas que ha enfrentado el cultivo de Cannabis en Colombia es la lentitud de Estados Unidos para modificar su normativa federal, lo que ha dificultado las exportaciones, aunque ya existen empresas con altos volúmenes de capital operando en Colombia como Clever Leaves o Khiron y que tienen buenas perspectivas.

De acuerdo con Luis Carlos Gonzáles, del semillero de investigación en Cannabis y derivados de la Universidad Nacional de Colombia, entrevistado en Zapata (2022), los costos que enfrentan los productores pueden llegar a los 200 millones de pesos por las licencias, además de una cifra similar por la construcción de infraestructura y otros gastos en que debe incurrir el productor como análisis de laboratorio. En la misma entrevista Gonzáles afirma que los costos de establecer un cultivo y un producto de calidad pueden alcanzar los 1000 millones de pesos. Zapata (2022) también entrevista a un miembro de FCM Global, una empresa antioqueña del sector, que señala que en ocasiones se niegan créditos a las empresas porque están generando pérdidas, y uno de los motivos es que el Ministerio de Salud no ha reglamentado la concentración de CBD en productos de consumo humano, de manera que no se ha permitido su comercialización.

Según un artículo de Díaz y Lledin (2022) en El País, los pequeños productores de Cannabis en Colombia están enfrentando varios retos, desde el costo de las licencias hasta el establecimiento del cultivo que necesita una infraestructura costosa y la obligación de contratar profesionales con experiencia para poder producir; según las autoras, los gastos que implica ingresar a la industria hacen que sea imposible para el campesino; también mencionan en su artículo que los altos costos que representa ingresar a la industria obligan a buscar inversionistas, y los bancos tampoco han ofrecido apoyo a la industria por temor a sanciones de EEUU, lo que dificulta aún más la obtención de recursos. Además, las mismas autoras afirman que debido a que debe haber un acompañamiento de las autoridades, en las zonas donde es más riesgoso como el Cauca se complica dicho acompañamiento, resultando en que el 50% de las

licencias se concentran en departamentos menos afectados por la inseguridad como Antioquia o Cundinamarca.

Para 2023, Sánchez (2023) escribe en un artículo de El País, que 40% de las empresas autorizadas para operar desde que se regulo la industria han quebrado y, por otra parte, más del 90% de las empresas del sector cannabis que se mantienen, están enfrentando dificultades económicas.

Por otra parte, el reciente cambio de gobierno con la posesión del presidente Gustavo Petro también trae novedades para la industria. En una entrevista que se le realizó el 11 de agosto de 2022 (DW, 11/08/2022), Petro planteó la posibilidad de legalizar el Cannabis sin licencias y de cambiar el foco de la guerra contra las drogas la cual tildó de “fracasada”. Por otra parte, Gustavo Bolívar, senador del partido de gobierno, radicó un proyecto de ley en el que se contempla la regulación del Cannabis para uso adulto, en donde se tienen en cuenta elementos como el autocultivo, cupos de producción y creación de dispensarios de Cannabis entre otras temáticas. (Semana, 05/08/2022).

En la medida en la que el gobierno de 2022-2026 busca cambiar el enfoque de la guerra contra las drogas, se abre la posibilidad a que durante su periodo presidencial se permita el consumo adulto de Cannabis. En un artículo publicado en Semana, Juan Carlos Losada (Semana, 04/10/2022) afirma que, en tan solo un año de legalización del consumo adulto en Canadá, este país logro arrebatarse al mercado ilegal un 50% de las ventas, marcando un precedente positivo para impulsar esta misma acción en Colombia para combatir el narcotráfico. Si bien durante 2022 y parte de 2023 hubo proyectos que buscaban regular la venta de cannabis de uso adulto en Colombia, estos no han sido aprobados. (DW, 21/06/2023).

Cruz & Pereira (2021) afirman que Colombia es uno de los exportadores principales de cannabis ilegal, siendo los principales destinos Norte América, Perú, Argentina o Ecuador. Si el mercado ilegal tanto interno como externo pagase impuestos, el país tendría una nueva fuente de ingresos. Los autores realizaron una proyección en la cual si todos los consumidores colombianos comprasen entre 1 y 40 gramos de flor mensualmente el país

podría ganar de 2.9 a 117 millones de dólares en recaudo por IVA y entre 8.5 y 340 millones de dólares en impuesto al consumo anualmente.

En un artículo publicado en la Revista Cáñamo, el autor Julián Quintero (2022) destaca la importancia de desarrollar una estrategia de educación frente a un contexto de drogas reguladas; además, propone publicar un reglamento técnico para el mercado de productos alimenticios, bebidas y suplementos alimentarios como un alivio al sector industrial del cannabis que no tiene estándar farmacéutico.

Por otro lado, en una encuesta realizada por Invamer entre el 30 de junio y el 10 de julio de 2022 se encontró que hay una tendencia leve pero que ha venido incrementando con los años hacia la aceptación de la legalización de la venta de Cannabis de uso adulto (Arboleda, 2022). De igual manera, Cruz & Pereira (2021) afirman que hay desinformación sesgada en los medios que contrasta con evidencia científica y resulta en confusión por parte del público. Algunas ciudades han venido desarrollando estrategias para sensibilizar a la ciudadanía y difundir conocimientos sobre el sector del Cannabis y fomentar la industria como la alcaldía de Bogotá con la firma del Acuerdo 831 de 2022.

Frente a esto es importante destacar que varias universidades del país han creado cursos o diplomados en diferentes temáticas relacionadas a la industria del Cannabis. Algunos de ellos se presentan en la Tabla 2-2 cuyas páginas fueron consultadas en julio de 2022.

Estos cursos muestran un amplio interés en diferentes aspectos de la industria en la academia que van desde la legislación hasta el cultivo industrial de la planta o sus usos veterinarios e industriales. Por otra parte, también se pueden encontrar alianzas entre empresas de Cannabis y universidades, como el enunciado en el portal de la Universidad Santiago de Cali (2021) con la empresa Cannabiswell. Estas alianzas también se presentan entre empresas como enuncia el portal de la universidad de Antioquia (Redacción UdeA, 2021) donde se afirma que Fasplan y medcann Pharma Inc. se unieron en una alianza estratégica donde Fasplan se encarga de la propagación in vitro de especies y medcann de la mejora genética y comercialización al ser una de las empresas multinacionales más grandes.

Tabla 2-2. Universidades con cursos en torno al cannabis

Universidad	Nombre del Curso	Contenido del curso	Página consultada el 25 de julio de 2022
Universidad Nacional de Colombia	Diplomado en Producción de Cannabis medicinal	Comprende temáticas que van desde la historia de la planta, aspectos jurídicos tecnológicos y técnicos (control fitosanitario, microbiología, etc) infraestructura del cultivo, costos y productos que se pueden obtener, entre otros.	http://www.cienciasagrarias.bogota.unal.edu.co/diplomado-cannabis
Universidad Nacional de Colombia	Curso especializado en medicina veterinaria cannabinoide	El énfasis del curso está en el uso terapéutico y clínico del cannabis en el ámbito veterinario.	http://medicinaveterinariaydezootecnia.bogota.unal.edu.co/index.php/component/sppagebuilder/?view=page&id=125
SENA	Curso en manejo de Cannabis Medicinal del SENA	El curso desarrolla componentes jurídicos, empresariales y tecnológicos para el aprovechamiento medicinal de esta planta.	https://www.sena.edu.co/es-co/Noticias/Paginas/noticia.aspx?IdNoticia=4726
U. de los Andes	Cannabis Medicinal: Mediano Cultivo	Se desarrollan elementos asociados a infraestructura y aspectos técnicos agronómicos para el cultivo a nivel avanzado.	https://educacioncontinua.unian-des.edu.co/es/programas/cannabis-medicinal-mediano-cultivo
U. Jorge Tadeo Lozano	Cannabis medicinal: normativa, cultivo, procesos de transformación y aplicaciones farmacéuticas	Se tratan los fundamentos técnico científicos, normativos y económicos vinculados a los procesos de la industria del cannabis medicinal.	https://www.utadeo.edu.co/es/continuada/educacion-continua/53376/cannabis-medicinal-normativa-cultivo-procesos-de-transformacion-y-aplicaciones-farmacéuticas
Universidad Tecnológica de Bolívar	Diplomado en innovación y emprendimiento del Cannabis	El curso hace énfasis en normatividad, aspectos económicos y técnicos y en la innovación dentro de la industria.	https://www.utb.edu.co/curso-diplomado-tall/diplomado-innovacion-emprendimiento-del-cannabis/

Fuente: elaboración propia

Este componente educativo e investigativo es importante puesto que la optimización de los cultivos es una ventaja competitiva que debe tener especial importancia para la industria, por lo que la educación tiene un alto potencial de afectar este sector en el futuro. También es importante mencionar que si se buscan grupos o proyectos relacionados al cannabis en la plataforma SCIENTI⁶, del Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación, se encuentran 33 grupos de investigación que se enfocan en cannabis o han trabajado proyectos con la planta que se presentan en la Tabla 2-3 Grupos de investigación relacionados al cannabis en la plataforma Scienti y allí se pueden encontrar investigaciones de muchas áreas, desde psicología hasta química.. También es posible encontrar registradas 85 tesis de grado relacionadas con cannabis, entre otras producciones académicas como artículos o documentos relacionados con eventos como conferencias de la industria de cannabis. En la medida en la que crezca el interés por la industria cannábica, también se incrementará el número de grupos e investigaciones en las diferentes áreas que abarca, bien sea medicinal o industrial.

Tabla 2-3 Grupos de investigación relacionados al cannabis en la plataforma Scienti

Grupos de investigación relacionados al cannabis en Colombia		
Cannabis medicinal CES	LABCANN	HEALTH AND PHARMA
Observatorio de investigación en desarrollo social y medicinal	Fitoimmunomodulación: autoinmunidad y cáncer	Grupo de investigación en farmacología vegetal y terapéuticas alternativas
Tecnología farmacéutica, cosmética y de alimentos - GITFCA	Grupo de investigación en química de alimentos	Trastornos del sueño y psiquiatría forense
Grupo de investigación en salud integral GSI	Tecnologías emergentes en agroindustria	Salud mental

⁶ https://scienti.minciencias.gov.co/ciencia-war/busquedaAvanzadaGrupos.do?integrantes=&proyectos=cannabis&annoCreacion=&status=&progNacional=&deplnst=&nmeLider=&codIdGrupo=&progNacionalSec=&buscar=buscar&nmeGrupo=&areaConocimiento=&genLider=&productos=cannabis&ciulnst=&nmeInstitucion=&filtrar=&maxRows=50&gruposAvanzada_tr=true&gruposAvanzada_p=1&gruposAvanzada_mr=50

Grupo de investigación en microbiología y biotecnología industrial	Toxicología, alternativas terapéuticas y alimentarias	Grupo de investigación en gestión empresarial
Química de productos naturales	Terapias alternativas	Grupo de investigación en cultivos tropicales de clima cálido
Construcción y gestión en arquitectura	GICA grupo de investigación en cultivos tropicales de clima cálido	Producción agrícola sostenible
Grupo de investigación en química de productos naturales vegetales bioactivos QUIPRONAB	Cuidado de la salud	Grupo de investigación de biología de la universidad El Bosque GRIB
PROCIING	Salud comportamental y organizacional	Grupo de investigación en ciencias ambientales y naturales GICAN
CNCA	Psicología salud y sociedad	IES-CINOC
Grupo de interdisciplinario de estudios moleculares	IDCEA Investigación y desarrollo en ciencias económicas, administrativas y turísticas	Perspectivas en neurociencias psiquiatría y envejecimiento

El impacto de la investigación y la innovación en este sector no se limita a la industria de Cannabis, pues algunas innovaciones (iluminación artificial, fertilización, control de patógenos, alimentación con cáñamo) tienen potencial para ser aplicadas en otros sectores de la industria agrícola. Así mismo, la información presentada en los Resultados de la vigilancia tecnológica muestra que los subproductos del Cannabis diversifican las opciones productivas a industrias como textiles, papel, alimentos, la avícola e hidrocarburos, entre otras; al ofrecer una fibra natural altamente resistente, con alta producción de celulosa, suplementos y productos altamente nutricionales, medicamentos, productos agrícolas o biocombustibles.

Ramírez et al., (2019) identifican 8 retos para la industria del cannabis que resumen varios de los planteamientos que se han hecho a lo largo del capítulo. Estos retos se amplían en la Tabla 2-4 se complementan con información de los apartados **2.1 Aspectos destacados de la industria del Cannabis medicinal e industrial a nivel internacional** y **2.2 La situación del Cannabis en Colombia**.

Tabla 2-4. Retos de la industria del Cannabis

reto	Detalle
1) acceso a mercados externos	-Hay cuellos de botella en documentaciones exigidas por autoridades como el Fondo Nacional de Estupefacientes (FNE). -Las exportaciones requieren de certificados de buenas prácticas de cultivo y manufactura.
2) acceso al mercado interno	-Es necesario hacer ajustes normativos para que haya la posibilidad de comercializar productos de la industria. -se debe modificar la resolución 1478 de 2004 para facilitar la comercialización de productos. -Impulsar la producción de suplementos dietarios, alimentos y otros productos del cannabis
3) competencia desleal	-Existencia de productos sin registro o notificación sanitaria en el mercado.
4) mejora en la gestión y coordinación institucional	-Hay propuestas sobre centralizar los aspectos regulatorios de la industria en una sola entidad. -Fortalecimiento del Mecanismo de Información para el Control del Cannabis (MICC). -Incremento de longitud de vigencia de los cupos para material genético psicoactivo.
5) acceso a servicios de entidades financieras	-Facilitar el acceso a productos financieros como créditos o cuentas bancarias. La mayoría de empresas de la industria se ven afectadas por el acceso limitado.
6) desarrollo de la industria de CBD y cáñamo	-La industria norteamericana se ha fortalecido diversificando productos respaldados por una agenda de investigación, desarrollo y ensayos clínicos. -Impulsar la producción de cáñamo, la capacidad de desarrollo de la industria y sus derivados.

	-La producción de cáñamo tiene costos relativamente más bajos que el cannabis medicinal y su industria
7) participación de pequeños productores	-Los problemas que enfrentan los pequeños y medianos productores surgen de los altos estándares técnicos y costos del proceso productivo de cannabis medicinal. -El cáñamo se presenta como una alternativa para la integración de pequeños y medianos productores.
8) el cannabis medicinal o el cáñamo como instrumento de sustitución de cultivos ilícitos	-La integración vertical y los costos y tecnificación hacen que el cannabis medicinal no sea muy viable para la sustitución de cultivos. -El cáñamo tiene mayor factibilidad para la sustitución de cultivos ilícitos.

Adaptado de Ramírez et al., (2019)

Así mismo, hay otros elementos que se relacionan a estos retos como el mercado ilegal. Por ejemplo, Riveros & González (2019) afirman que Colombia enfrenta retos como la disponibilidad y acceso a medicamentos a base de cannabis para los pacientes. Además, hace falta un mayor énfasis en investigación para avanzar en el desarrollo industrial y estándares de calidad.

De acuerdo a Cruz & Pereira (2021), el mercado ilegal de Colombia es autosuficiente para abastecer la demanda local. Además, la producción en zonas como el norte del Cauca genera otras problemáticas como robo de energía de la red nacional. No se puede desconocer que el cannabis hace parte central de algunas economías locales como es el caso de Toribio, un municipio aislado del Cauca, donde el precio del cannabis ilegal supera otras alternativas productivas como la caña.

Frente a la competencia desleal, Cruz & Pereira (2021) distinguen el mercado criminal, donde hay estructuras organizadas que rompen la ley, del mercado gris, en donde hay una amplia diversidad de actores. Por ejemplo, los autocultivadores pueden tener legalmente hasta 20 plantas y algunos de ellos incurren en ventas en su círculo cercano lo que, en algunos casos, los puede exponer a penas por tráfico. Rivera (2017) apoya esta afirmación diciendo que, si bien hay una normativa, esta es ambigua para casos como la tenencia de veinte plantas que resulta en la existencia de un mercado negro que se puede mezclar con actividades ilícitas.

Además, según Cruz & Pereira (2021) hay empresarios que se dedican a suplir este segmento de mercado como las tiendas de cultivo cannábico que se enfocan en vender semillas nacionales o importadas de países como España o Países Bajos y otros insumos e indumentaria de cultivo o ropa. Así mismo, los autores afirman que hay otros empresarios que se dedican a los productos artesanales como pomadas o aceites, pero no ingresan a la legalidad a causa de los altos costos que implica la industria. Sin embargo, la aparición de la industria ha llevado a la necesidad de una higienización del cultivo y procesamiento de cannabis que excluye al mercado gris, un problema que se debería tratar en caso de que se regule el uso adulto.

Martínez (2019) dice que otro de los inconvenientes más grandes para el negocio cannábico ha sido el acceso a créditos y servicios financieros; ya que los bancos nacionales con títulos en EEUU temen ser sancionados puesto que la normativa norteamericana no aprueba el cannabis de uso medicinal a nivel federal, aunque algunos estados tienen regulaciones medicinales y recreacionales. Así mismo, el autor subraya que los pequeños y medianos cultivadores afrontan grandes retos con la llegada de capitales y empresas extranjeras. En la medida en la que la industria farmacéutica requiere de estándares y protocolos que conllevan altas inversiones para los pequeños y medianos empresarios que no pueden sostener en el tiempo.

De igual manera, Rivera (2017) destaca los esfuerzos de la norma por apoyar a pequeños productores al igual que impulsarla como una oportunidad para comunidades apartadas. Aun así, el autor afirma que la llegada de capitales extranjeros no garantiza la supervivencia del pequeño productor ni la entrada de productores artesanales en la cadena productiva. Por esto, vale la pena destacar la importancia del valor que ofrece la investigación y desarrollo en esta industria. Ramos (2019) subraya que uno de los mercados más importantes a nivel internacional es el de la flor de cannabis y tiene el potencial de fortalecer los avances en investigación y la tecnificación de la industria nacional para lograr diversificar productos.

Pero por otra parte, Riveros & González (2019) afirman que, si los estándares de calidad de productos colombianos no llegan a los de otros países, es un riesgo considerar medicar pacientes con productos medicinales, por lo que recomienda alinear la

legislación con avances científicos y estudios preclínicos para fortalecer la producción industrial del país. Las autoras dicen que los desarrollos pueden ser protegidos mediante propiedad intelectual o en el caso de los fitomejoramientos, por medio del ICA. Martínez (2019) afirma que es necesario construir una industria de cannabis basada en un comercio justo, equitativo e incluyente donde los productores accedan a un comercio más justo. Este mismo autor resalta que en Colombia hubo una ola de especulación o “fiebre verde” y que, si bien hay proyecciones de ingresos, estas no se han materializado para la mayoría de empresas. además, hasta 2019 no se había comercializado ningún medicamento distinto al Sativex, solo se tenían registradas 74 cultivares de cannabis y algunas empresas habían empezado a comercializar cosméticos.

Cruz & Pereira (2021) recalcan que la llegada de genéticas de otros países tuvo un impacto en la desaparición de variedades y promovió la aparición de fitomejoramientos que relegaron las plantas nativas a un segundo plano. Así mismo Martínez (2019) hace hincapié en la necesidad de la industria medicinal de cannabis de adaptarse a los requerimientos internacionales de producción ya que en países como Canadá o Reino Unido exigen que los productores deban aplicar normas como BPM (buenas prácticas de manufactura).

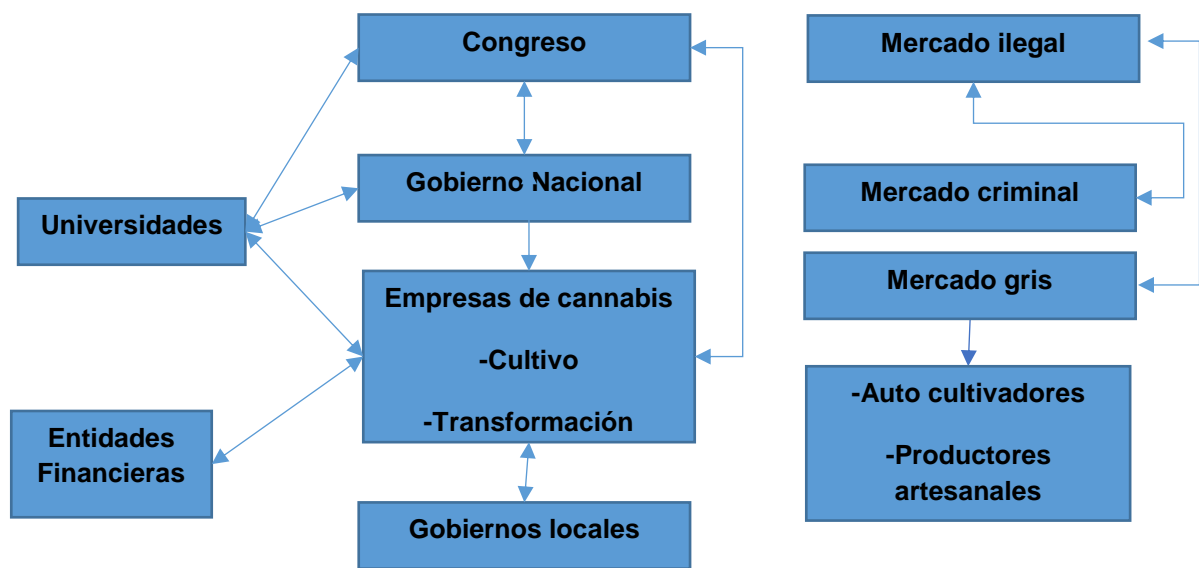
2.3 Análisis DOFA y árbol de problemas

Con el objetivo de orientar la planeación de la agenda tecnológica se plantea el uso de una matriz DOFA (debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas). Según Mariño et al., (2008) la matriz es una herramienta que permite determinar estratégicamente la posición de una organización con respecto a su entorno (interno y externo), de esta manera la DOFA funciona como un soporte para la toma de decisiones estratégicas empresariales.

De acuerdo con Mariño et al., (2008), en la matriz se establecen los oportunidades y amenazas externas y fortalezas y debilidades internas en una matriz. Estas se complementan con estrategias que surgen de cruzar elementos de Fortalezas o Debilidades con Oportunidades o Amenazas. para formar estrategias F+O (fortalezas + Oportunidades), estrategias F+A (Fortalezas + Amenazas), estrategias D+O (Debilidades + Oportunidades) estrategia D+A (Debilidades + Amenazas). En la medida en la que se busca desarrollar la matriz para la industria colombiana a lo largo del **documento**, se

pueden identificar actores que participan en el de la industria del cannabis en Colombia como se muestra en la Figura 2-1. Hay diferentes interacciones entre actores; el gobierno nacional y el Congreso se encargan principalmente de regular la industria, además pueden funcionar como promotores de investigación y difusores de información por su interacción con universidades y empresas de cannabis. Las universidades tienen funciones como investigar y difundir información. Los gobiernos locales pueden promover las alianzas estratégicas a nivel local y difundir información. Las entidades financieras permiten servicios financieros a las empresas de cannabis. Las empresas de cannabis se encargan de producir, transformar, exportar, investigar y difundir información, pero sigue habiendo un mercado ilegal que está fuera de las dinámicas reguladas. Por último, se entiende que hay un mercado ilegal compuesto de un segmento criminal y un mercado gris, sin embargo, se encuentran fuera de la cadena regulada, aunque participan en ella.

Figura 2-1. Actores en el entorno de la industria del Cannabis



Como base para la formulación de la Tabla 2-5 se utiliza la matriz presentada por Obando & Delgado (2007) en donde se plantean fortalezas, oportunidades, debilidades

y amenazas. Se hace énfasis la industria nacional para la cual se formulan estrategias a partir de la información presentada a lo largo del documento.

Tabla 2-5. Matriz DOFA de la tecnología e innovación en la industria colombiana de cannabis

	Externas	Oportunidades	Amenazas
Internas		<p>1-Tendencia a la regulación a nivel internacional del Cannabis medicinal e industrial.</p> <p>2-Nuevo enfoque del gobierno para combatir el tráfico ilegal al incluir el uso adulto en el marco legal. Así mismo, hay interés del Gobierno 2022-2026 por modificación de política anti drogas y sustitución de cultivos.</p> <p>3-Amplitud de cursos disponibles en universidades o centros educativos para capacitación de personal.</p> <p>4-Alianzas entre actores para desarrollar investigación en diferentes áreas del conocimiento siguiendo el ejemplo de las universidades y empresas norteamericanas e incluso algunas nacionales que ya han desarrollado convenios.</p>	<p>1-Hay limitantes en el marco legal que impiden el fácil acceso a la industria e incrementan costos de producción para pequeños empresarios. Así mismo, hay limitantes legales para la inclusión de otros productos como los alimenticios con derivados de aceite en el mercado nacional. Sin embargo, se pueden desarrollar productos a base de fibra o semilla.</p> <p>2-El cannabis aún no es aceptado por una mayoría de personas según encuestas.</p> <p>3-Altos costos de Infraestructura para producir cannabis medicinal.</p> <p>4-Existen prácticas de competencia desleal</p>
Fortalezas		Estrategias F + O.	Estrategias F + A.
<p>1-Es una industria con diversidad de productos (medicinal, textil, automotriz, alimentos, entre otros).</p> <p>2-Hay amplios avances en la investigación y desarrollo en torno a la planta y sus usos.</p> <p>3-En Colombia hay acceso a factores productivos como tierra, fuentes de agua y mano de obra, es un país de vocación agrícola. Además, hay fotoperiodo y pisos térmicos que permiten cultivar</p>		<p>FO1-(F1+O1 y O2) la variedad de productos que se pueden desarrollar a partir del cannabis en conjunto con la tendencia internacional a regular diferentes usos industriales; presentan una oportunidad para que Colombia exporte productos e impulse la modificación de su política antidrogas.</p> <p>FO2-(F1 y F4+ O4) la diversidad de productos del cannabis debe ser aprovechada para promoverla</p>	<p>FA1-(F1 y F2 + A2) Aún hay desconocimiento frente a todas las posibilidades que ofrece el cannabis, no solamente el uso medicinal o adulto que es el centro de atención. En este sentido es necesario difundir información en torno a las diferentes posibilidades que ofrece el cultivo.</p> <p>FA2-(F 3 y F4 + A1 y A3) Debido a que la producción y comercialización de flor medicinal o derivados del</p>

<p>todo el año tanto cannabis medicinal como cáñamo 4-El cáñamo implica menores costos que el cannabis medicinal y tiene productos no derivados del aceite de Cannabis, por lo que se pueden comercializar sin los limitantes del aceite de flor.</p>	<p>integración y alianzas entre los diferentes actores que hacen parte del entorno legal del cannabis facilitando la inclusión de pequeños productores en la cadena productiva. FO3-(F3 + O4) las ventajas competitivas que ofrece el territorio colombiano también pueden promover alianzas de investigación y desarrollo de distintos productos como flores de origen o genéticas adaptables a distintos ambientes</p>	<p>aceite tiene mayor complejidad, el cáñamo se postula como alternativa productiva para impulsar la industria. Por esto es necesario optimizar la producción de ambos tipos de cultivos.</p>
<p>Debilidades</p>	<p>Estrategia D + O.</p>	<p>Estrategia D + A.</p>
<p>1-En comparativa otros países en los que se desarrolla la industria, Colombia debe realizar más investigación, desarrollo e innovación para ser competitivo a nivel internacional. 2- Mayores restricciones para producir y exportar desde Colombia reflejadas en las certificaciones internacionales requeridas para poder llevar productos nacionales a base de cannabis (necesidad de certificaciones GAP, EU-GMP, otras.). 3-Dificultad de la mayoría de empresas de Cannabis para acceder al sistema Financiero.</p>	<p>DO1-(D1 y D2+ O3 y O4) Es necesario que se desarrollen nuevos productos en el sector del cáñamo y de la mano se desarrolle la capacidad (certificaciones internacionales) de exportar flor y derivados de grado medicinal a otros países. DO2-(O1 y O4 + D3) Las entidades financieras pueden iniciar por apoyar proyectos de cáñamo puesta que produce elementos no fiscalizados (aceite y semilla). Así mismo se debe facilitar el acceso al mercado financiero a empresas dedicadas a la producción medicinal para facilitar su integración en el mercado. Esto último será cada vez más viable en la medida en la que más países regulen el cannabis.</p>	<p>DA1-(D2 y D3 + A1, A3 y A4) Las dificultades que afrontan algunos productores para acceder y mantenerse en la industria, los limitantes legales de la mano con la dificultad para exportar y acceder al sistema financiero, abren las puertas a que haya competencia desleal. Esta competencia desleal se intensifica por la presencia de productos extranjeros no regulados. Los productores deben evaluar si siguen en la industria o se retiran de la misma.</p>

En la

Adaptado de Obando & Delgado (2007)

Fuente: elaboración propia

Tabla 2-5 se relacionan las diferentes Fortalezas, Oportunidades, Amenazas y Debilidades que se identifican de la información presentada a lo largo del escrito. Al relacionar los distintos elementos de la matriz se presentan estrategias o alternativas que pueden ser oportunas en el corto, mediano o largo plazo. Por ejemplo, la amplia diversidad de investigaciones tecnologías e innovaciones que están vinculadas al cultivo y transformación de, son una fortaleza de la industria que, al ser relacionada con

Oportunidades como el desarrollo de ventajas competitivas en la producción y transformación de la industria nacional.

En las estrategias F+O de la Tabla 2-5 se formulan 3 alternativas. La primera, FO1, propone que el mercado internacional es cada vez más grande habiendo mayor número de países donde se ha regulado, siendo esta una oportunidad para diversificar los desarrollos e innovaciones nacionales para abarcar un mayor segmento de los mercados. A largo plazo esta alternativa es más pertinente en la medida en la que primero se deben afianzar las diferentes. En FO2 se contempla la diversidad de investigación, desarrollo e innovación en torno al cannabis para relacionar a los actores de la industria con el objetivo de integrarlos. Esta alternativa es adecuada para el mediano plazo puesto que se necesita que los actores se adapten. En este sentido, otro factor a tener en cuenta es la transferencia de tecnología y conocimiento entre empresas para lograr un objetivo común, bien sea la producción y exportación de flor y productos derivados medicinales o la producción de cáñamo para fibra, semilla, aceite de semilla o biocombustibles. En FO3 se plantea relacionar las ventajas competitivas del territorio nacional con la investigación para promover desarrollos en diferentes áreas para generar ventajas competitivas, por ejemplo, el fitomejoramiento o en aspectos como la iluminación complementaria (artificial) o la fertilización, entre otros. Esta alternativa es apropiada para corto y mediano plazo ya que, por ejemplo, en investigaciones pueden empezar a generar resultados en estos periodos. Además, los resultados de las investigaciones podrían ser integradas en la producción y transformación de cannabis en los mismos periodos.

En las estrategias o alternativas FA de la Tabla 2-5 se proponen dos alternativas. FA1 propone que es necesario promover la difusión de información en torno a los diferentes usos de la planta como herramienta para promover la innovación y desarrollo en la industria. Esta alternativa es útil a mediano plazo ya que hay que es necesario difundir la información, además, debe haber acceso a los productos de manera que se abra el mercado. FA2 propone que la producción de cannabis medicinal tiene mayores costos relacionados a factores como la infraestructura o la posibilidad de acceso al mercado medicinal, lo que hace que el cáñamo sea una alternativa productiva en la medida en la que la fibra y la semilla se postulan como productos viables para el desarrollo de productos. Esta alternativa es a mediano plazo ya que el cultivador tendría que integrarse con otras

empresas de transformación o desarrollar un producto independientemente para llevarlo al mercado.

En las alternativas o estrategias DO de la Tabla 2-5 se proponen dos opciones. DO1 propone enfocarse en dos objetivos para en el desarrollo e innovación tanto en cáñamo como en cannabis medicinal. Para el primero el desarrollo de productos a base de cáñamo (por ejemplo, materiales de construcción o alimentos) y para el segundo lograr estándares de calidad altos que garanticen la calidad de la flor nacional de exportación. Esta alternativa es pertinente para mediano plazo puesto que es necesario integrar las prácticas y generar los desarrollos e innovaciones.

Por último, en las estrategias o alternativas DA de la Tabla 2-5 se plantea DA1 en donde se contemplan varias debilidades y amenazas. La dificultad para exportar por la necesidad de certificaciones en conjunto con algunos limitantes jurídicos, además de la competencia desleal, entre otros factores, llevan a proponer como estrategia la retirada de la industria. Esta alternativa es viable en el corto plazo o el mediano plazo según la capacidad que tenga cada productor de mantenerse económicamente en la industria.

Ahora bien, de acuerdo con Hernández & Garnica (2015), un árbol de problemas consiste en desarrollar ideas para identificar las posibles causas de un problema, de manera que se pueda evidenciar los motivos y las consecuencias, de forma similar a un árbol donde las raíces son las causas, las ramas los efectos y el tronco el problema central. En la Tabla 2-5 se presenta el árbol de problemas desarrollado para la industria colombiana de cannabis.

Tabla 2-6 Árbol de problemas para la industria colombiana de cannabis

Efectos	No es posible mantenerse en la industria	No hay capacidad de suplir las demandas de la industria	Competencia desleal	No es posible desarrollar productos innovadores	No se es competitivo a nivel internacional
Problema central	Falta de investigación, desarrollo y adopción de tecnologías, técnicas e innovaciones que promuevan el crecimiento y competitividad de la industria				
Causas	Acceso limitado al	Acceso limitado al	Falta de avances en el	Falta de capacidad para	Falta de alianzas e

	sistema financiero	mercado medicinal internacional por estándares de calidad	marco legal para alimentos y bebidas con cannabinoides y uso adulto	ser competitivos en el cultivo de cáñamo a nivel internacional	integración entre los actores de la cadena productiva
--	--------------------	---	---	--	---

Fuente: elaboración propia a partir del análisis DOFA

A partir de la matriz DOFA se identifican los diferentes componentes de la Tabla 2-6 Árbol de problemas en donde se plantea un problema central de la industria, que es la falta de desarrollo y adopción de tecnologías e innovaciones que promuevan su crecimiento y competitividad. Cualquiera de las causas del problema central puede ser relacionada con los efectos que produce el problema. Por ejemplo, la falta de acceso al sistema financiero limita la capacidad de los productores de cualquier tipo de cannabis de desarrollar productos innovadores o de mantenerse en la industria. Así mismo, el acceso limitado al mercado de cannabis medicinal internacional a causa de los estándares de calidad se relaciona con el problema central, y a causa de ello se produce competencia desleal, al igual que la falta de competitividad a nivel internacional, o la incapacidad de suplir las necesidades de la industria.

2.4. Aportes del capítulo

El presente capítulo permitió acercamiento a la realidad de la industria del Cannabis en Colombia y el mundo basándose en información periodística y de diferentes instituciones vinculadas al sector. Esta información facilita la identificación de distintos elementos internos y externos que pueden tener influencia en el desarrollo que debe realizar la industria cannábica en cuanto al factor tecnológico. Colombia tiene algunas ventajas competitivas, como los bajos costos de producción o su vocación agrícola, frente a otros mercados con menor experiencia. Sin embargo, también enfrenta mercados altamente tecnificados y con la capacidad de producir material de alta calidad, investigar y desarrollar productos innovadores y marcos legales más laxos como Canadá o EE.UU. (por el uso adulto o medicinal permitido a nivel Estatal).

Las alternativas propuestas a partir de toda la información recopilada permiten evidenciar la importancia de la investigación realizada para la toma de decisiones vinculadas a la

tecnología, innovación y desarrollo en la industria del cannabis. Estas alternativas, además, tienen la posibilidad de ser aplicadas en distintos momentos y pueden ser aplicadas todas o algunas según el caso. Por ejemplo, las técnicas de producción de cannabis medicinal y de cáñamo son muy distintas e implican costos que varían de un cultivo al otro para un productor. Elementos tan importantes como las tecnologías que se requieren para un tipo de cultivo u otro, así como los costos que implica cada sistema de cultivo; sirven para que se tomen decisiones frente a los procesos productivos y los gastos esperados para implementar la tecnología o innovación. De la misma manera, las problemáticas presentadas pueden direccionar una decisión como ingresar, salir o cambiar los objetivos de la organización de acuerdo con sus capacidades. Por ejemplo, un productor pequeño que ya se encuentre en la industria medicinal puede decidir salir del mercado en la medida en la que da cuenta de la complejidad y alta tecnificación que demanda el mercado internacional por medio de las certificaciones exigidas para este mercado.

El productor puede encontrar alternativas dentro de la industria tanto como necesidades de la misma que se ven reflejadas en oportunidades de investigación y desarrollo. La identificación de alternativas productivas, insumos y tecnologías que pueden contribuir a optimizar la producción industrial, tanto como identificar las que son necesarias para poder producir. La matriz DOFA profundiza en la importancia del cáñamo como alternativa productiva al cannabis medicinal y plantea la necesidad de investigar y desarrollar nuevos productos, postulándose como una posibilidad para los productores que no quieren salir de la industria del cannabis orientando sus inversiones a un modelo productivo menos tecnificado, pero con alto valor. Estos a su vez presentan posibilidades de investigación y desarrollo que pueden ser tomadas o descartadas según la necesidad o visión de una organización, de manera que sus esfuerzos sean mejor orientados.

Por otra parte, el árbol de problemas identifica un problema central en la industria que permite orientar las soluciones, de manera que se suman los esfuerzos de los actores de la misma.

Capítulo 3. Agenda de desarrollo tecnológico e innovación para la industria del Cannabis

En este capítulo se presenta una propuesta de agenda de desarrollo tecnológico e innovación elaborada a partir de la información que se ha compilado a lo largo del escrito, en especial sobre la matriz DOFA que muestra una serie de estrategias orientadas a optimizar la industria del cannabis colombiano. Las estrategias propuestas en la DOFA comprenden acciones ofensivas, defensivas, de reorientación o supervivencia que pretenden incrementar las ventajas competitivas. Aquí también toma relevancia el árbol de problemas pues identifica un problema central de la industria que orienta las necesidades futuras de la mano de la DOFA. Así pues, se presenta el aporte de la investigación basado en el análisis de la información. La finalidad de dicha agenda de desarrollo tecnológico e innovación es orientar las decisiones de la industria en torno al factor tecnológico de manera que también se facilite la toma de decisiones de gestión y tenga un impacto positivo en su desarrollo.

3.1 Agenda de desarrollo tecnológico e innovación

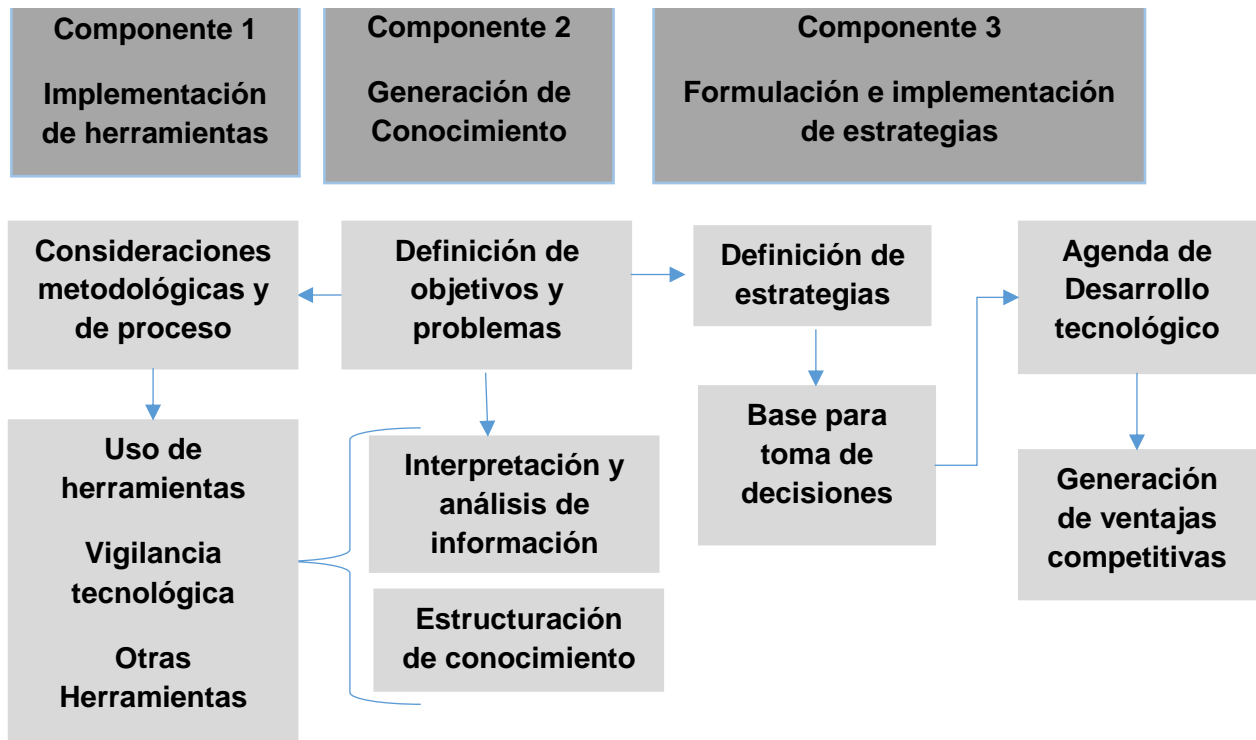
Como se planteó en los **Resultados de la vigilancia tecnológica**, existe una amplia gama de elementos tecnológicos que están relacionados con el cultivo y transformación de Cannabis, bien sea para producción de fibra, semilla, aceite o biomasa. Los países con mayor número de desarrollos e investigaciones alrededor de la industria de cannabis, como EE.UU. o Canadá, vislumbran el alto potencial estratégico que tiene la investigación, desarrollo e innovación, incrementando el valor de la industria. Así mismo, como se evidencia de la vigilancia tecnológica, hay un gran volumen de avances en la innovación y la investigación que tienen un impacto en todos los aspectos del cultivo de Cannabis, desde la fertilización óptima hasta la calidad de la flor, fibra, semilla o aceite obtenidas como materia prima de su cultivo. Sucede lo mismo en la transformación, pues diferentes

tecnologías, técnicas de extracción o infusión, así como en la transformación de materias primas en otros productos requieren de infraestructura, investigación y desarrollo.

Sin embargo, no hay que desconocer que hace falta un amplio camino que recorrer frente a países que tienen procesos industriales, investigación y desarrollo como Estados Unidos, donde se permite el cultivo medicinal tanto como industrial o incluso países como China, donde principalmente se cultiva cannabis con propósitos industriales que no incluyen el uso medicinal o adulto.

Ahora bien, para definir la agenda de desarrollo tecnológico e innovación para la industria del cannabis en Colombia, según Castellanos et al., (2009b) hay varias herramientas que pueden contribuir como el Benchmarking o la Vigilancia Tecnológica. Para estos autores los aportes de la Vigilancia son una investigación básica en un sector a nivel mundial, tendencias sobre tecnologías (maquinarias y procesos) en distintas materias del sector (como desarrollo genético o manejo del cultivo) y la identificación de brechas en procesos y productos en el sector. Para los mismos autores, el propósito principal de la aplicación de una agenda de desarrollo de tecnología e innovación es fortalecer el direccionamiento estratégico apoyado en un proceso analítico que apoye la toma de decisiones estratégicas. El modelo propuesto por estos autores para la aplicación de la inteligencia tecnológica en la generación de una agenda de desarrollo tecnológico se propone en la Figura 3-1.

Figura 3-1. Adaptación de la aplicación de la Inteligencia tecnológica para la definición de agendas de desarrollo tecnológico



Adaptado de Castellanos et al., (2009b)

De acuerdo con Castellanos et al. (2009b), el objetivo de la agenda de desarrollo tecnológico es la generación de ventajas competitivas. En el presente escrito los Componentes 1 y 2 se desarrollan en el Vigilancia tecnológica del Cannabis a nivel Internacional y Panorama del cultivo y transformación de Cannabis en Colombia. El tercer componente se desarrolla en el Agenda de desarrollo tecnológico e innovación para la industria del Cannabis, en donde se utiliza la información de la Matriz DOFA y el árbol de problemas como base para el planteamiento de un escenario futuro en torno a solucionar el problema central que se planteó de la industria de Cannabis. Posteriormente se utiliza dicho escenario para identificar los requerimientos tecnológicos y no tecnológicos de la industria de cannabis en Colombia. Posteriormente se proponen estrategias para los requerimientos con la finalidad generar la propuesta de agenda de desarrollo para los aspectos tecnológico y de innovación en la industria del cannabis en Colombia.

3.2 Escenario futuro

Para el planteamiento del escenario futuro se toman alternativas de las planteadas en la Tabla 2-5 y los elementos identificados en la Tabla 2-6 Árbol de problemas . Se seleccionan alternativas de cada estrategia (FO, FA, DO, DA) con el objetivo de proponer un escenario futuro que permita orientar la agenda para el desarrollo tecnológico y de innovación de la industria de cannabis hasta 2028. Teniendo en mente la solución del problema principal identificado en el árbol de problemas lo anterior el escenario se construye a partir de las alternativas FO1, FO2, FA2, DO1 y DA1.

FO1 y FO2: La tendencia regulatoria en torno al cannabis y la amplia variedad de investigación e innovaciones que se pueden desarrollar para diferentes industrias presentan alternativas productivas para el país. Así mismo, la industria de Cannabis colombiana se puede fortalecer al buscar alianzas estratégicas entre actores del sector; de manera que se formen acuerdos de transferencia de tecnología, comerciales o de investigación y desarrollo que faciliten la llegada a otras industrias y fomenten la competitividad del sector. Las universidades tienen un papel especialmente importante como promotores de la investigación y la innovación. Por otra parte, los estudios de mercado y análisis de la competencia permiten orientar los esfuerzos a desarrollos con mayor viabilidad, bien sea para el desarrollo de productos a base de cualquiera de los subproductos del Cannabis o el ingreso de la industria colombiana a mercados con mejores oportunidades.

FA2 y DO1: Es necesario optimizar la producción de flor y derivados medicinales, así como la de cáñamo con diferentes objetivos productivos. Para el cannabis medicinal los productos desarrollados van a ser consumidos por humanos o animales haciendo necesario que se alcancen estándares internacionales. Esta necesidad también tendría impacto en una posible regulación del uso adulto en Colombia para garantizar la calidad de los productos que salgan al mercado. En el caso del cáñamo, es necesario optimizar la producción ya que debe haber disponibilidad de materias primas para permitir un flujo de estas a las diferentes industrias (textil, alimentos, biocombustibles, etc.)

DA1: Ya que hay mayor complejidad en la producción de cannabis medicinal, el cáñamo es una alternativa para los licenciarios con dificultades para mantenerse en el sector

medicinal. En este sentido es necesario formular proyectos con cáñamo que puedan entrar en el mercado financiero para obtener inversión, ya que productos como las fibras o alimentos a base de semilla no tienen limitantes como los del THC.

Teniendo en cuenta estas alternativas se propone el escenario futuro periodo hasta el año 2028:

Los actores que participan en la cadena productiva de cannabis empiezan a fortalecer las alianzas estratégicas. Las empresas y las universidades se unen en un esfuerzo por fortalecer la cimentación de la industria del cannabis con diferentes propósitos en el país. Así mismo, los entes nacionales fortalecen la comunicación con las empresas de la industria y la academia logrando formular políticas como la aprobación del uso adulto y la inclusión de cannabidiol u otros cannabinoides a productos alimenticios.

Si bien la aprobación de la regulación de uso adulto de cannabis tiene un impacto positivo, este solo es aprovechado por las empresas que se adaptaron al mercado medicinal internacional. Esto se debe a que dichas empresas cuentan con certificaciones internacionales (como GACP o EU-GMP) que dan garantía de la calidad de su flor y aceites; por lo que sus productos estarían inmediatamente disponibles para consumo humano una vez se hayan formulado políticas como los estándares de calidad de flor (medicinal o recreativa) de consumo humano. Dentro de la industria medicinal o recreativa toma gran relevancia la investigación y desarrollo de productos con diferentes perfiles de fitoquímicos (cannabinoides, terpenos, etc.).

Las empresas que no se adaptaron podrán optar por optimizar sus procesos productivos con el fin de seguir en el mercado, cambiar su producción a cáñamo o abandonar la industria en su totalidad. Puesto que cada vez más empresas encuentran difícil mantenerse en la industria de cannabis medicinal, el cannabis industrial o cáñamo gana mayor relevancia. Las investigaciones entre empresas y universidades empiezan a rendir frutos frente a la posibilidad de escalar la cadena de producción de cáñamo a los niveles productivos requeridos por sus diferentes finalidades (textil, biocombustibles, alimenticio, entre otros). En este sentido tiene alta importancia el desarrollo de fitomejoramientos que permitan lograr variedades con mayores

producciones de cada producto, bien sea aceite de la flor o un tamaño de semilla más grande para producción de alimentos.

De esta manera el enfoque de la investigación y desarrollo del cultivo de cannabis con propósito medicinal tanto como cáñamo con otros propósitos productivos es la optimización de sus procesos productivos (cultivo y transformación) así como la innovación en productos para cualquier industria. Puesto que dependiendo de la finalidad del cultivo de cannabis los procesos de cultivo, cosecha, postcosecha y transformación varían, es necesario investigar de acuerdo con la finalidad del cultivo. Por este motivo se deben desarrollar tecnologías y técnicas que permitan optimizar todo el proceso productivo tanto de usos medicinales como otros usos industriales. El cáñamo puede ser cultivado con múltiples propósitos y también puede producir aceite de flor, por lo que algunos productos como los terpenos o cannabinoides aislados se vuelven una alternativa para la producción de cannabidiol. Por otra parte, los productos que mayor auge tienen son los alimentos con semilla y la fibra para materiales de construcción, papel, celulosa o biocombustibles.

Ya que el cultivo de cannabis puede tener impacto ambiental tanto positivo como negativo, su producción sostenible toma alta importancia. Por parte del cannabis medicinal el alto uso de tecnología en su proceso productivo impulsa al uso de energía limpias y optimización de métodos de extracción o transformación. Por parte del cáñamo se desarrollan proyectos para de fitorremediación, producción de papel, biocombustibles, textiles y bioplásticos.

3.3 Propuesta de Agenda de desarrollo tecnológico y la innovación del cannabis medicinal e industrial para Colombia

3.3.1 Demandas tecnológicas y no tecnológicas

Tomando como base el escenario futuro formulado en la sección anterior, se plantea la formulación de demandas tecnológicas y no tecnológicas de la industria del cannabis, en otras palabras, se identifican las necesidades en torno a la innovación e investigación de la industria en Colombia

para lograr su optimización en el futuro. Tanto las demandas tecnológicas como las no tecnológicas se determinaron con base en las tendencias de investigación presentadas en el Vigilancia tecnológica del Cannabis a nivel Internacional, y los factores planteados en el numeral 2.3 Análisis DOFA. Estas demandas se usan como insumo para orientar la selección de proyectos aplicables en la Agenda. De esta manera se formuló la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Demandas tecnológicas y no tecnológicas de la industria del cannabis

Área	Demanda tecnológica	Demanda no tecnológica
Cultivo y postcosecha de cannabis industrial	Disponibilidad de materias primas (semilla, biomasa, flor, fibra) que se ajusten a las necesidades de las industrias.	Evaluación financiera de proyectos.
	Disponibilidad de tecnologías y técnicas para lograr la optimización de la producción de cannabis medicinal y cáñamo	Certificaciones de cultivo para uso medicinal
	El desarrollo de fitomejoramientos es de alta importancia para obtener productos de cannabis de mayor calidad.	
	Disponibilidad de tecnologías y técnicas para optimizar los procesos de postcosecha del cannabis según su objetivo productivo	Certificaciones de calidad para cultivo de cannabis medicinal
Transformación en biocombustibles.	Optimización de procesos de producción de biocombustibles a base de cannabis y derivados.	
Transformación de semilla	Investigación y desarrollo de productos a base de semilla.	
Transformación de fibra	Desarrollo de productos a base de fibra como textiles, celulosa, materiales de construcción o bioplásticos.	
Transformación aceite (resina)	Investigación en métodos y tecnologías de extracción y su aplicación.	
	Purificación, isomerización, separación y transformación de fitoquímicos (cannabinoides, terpenos)	
	Investigación en nuevos usos y funciones de los fitoquímicos de la planta.	

Fuente: Elaboración propia

Las demandas tecnológicas y no tecnológicas surgen de diferentes elementos del escenario futuro de la sección 3.2; por ejemplo, si se desea desarrollar productos a base de flor o fibra, es necesario que haya disponibilidad de estas materias primas. No basta con la disponibilidad de materias primas para desarrollar el producto, por tanto, se necesita

investigar y desarrollar innovaciones, bien sean técnicas, métodos o tecnologías. Estas demandas se separan en diferentes áreas de la producción o transformación de cannabis sativa, estas son: Cultivo y postcosecha de cannabis, transformación de cannabis en biocombustibles, transformación de semilla, fibra y aceite. Para cada una de las necesidades se plantean proyectos con sus plazos de tiempo para ejecución; con el objetivo de orientar los esfuerzos de la industria en torno a la investigación e innovación.

3.3.2 Agenda para el desarrollo tecnológico y la innovación en la industria de cannabis en Colombia

Así pues, basado en estos parámetros, se presenta la información en cinco tablas (3-2 a 3-6) que comprenden la Agenda para el desarrollo tecnológico y de la innovación en la industria de cannabis en Colombia.

Tabla 3-2. Área Cultivo y postcosecha de cannabis industrial

Demanda 1	Disponibilidad de materias primas (semilla, biomasa, flor, fibra) que se ajusten a las necesidades de las industrias.		
Definición	Se refiere a la necesidad de que haya disponibilidad de materias primas con el objetivo de lograr un flujo constante de los diferentes subproductos del cannabis para procesamiento.		
Proyectos propuestos	Organizar redes de cooperación para la producción de cáñamo.	Desarrollo de sistemas de producción orgánicos para cultivos de cáñamo.	Transferencia de tecnologías y capacitación de personal.
Plazo de implementación	Medio	Medio	corto
Demanda 2	Disponibilidad de tecnologías y técnicas para lograr la optimización de la producción de cannabis medicinal y cáñamo		
Definición	Se refiere a la investigación desarrollo e innovación necesaria para lograr la optimización de la producción de cannabis de acuerdo con su finalidad productiva, bien sea fertilización, uso de iluminación o manejo ambiental, entre otros factores.		
Proyectos propuestos	Desarrollar tecnologías, métodos e innovaciones para	Desarrollar tecnologías, métodos e innovaciones para	Desarrollar tecnologías, métodos e innovaciones para

	la optimización del cultivo de cannabis de uso medicinal o adulto	la optimización del cultivo de cáñamo para la obtención de fibra y aceite	la optimización del cultivo de cáñamo para obtención de semilla y fibra.
Plazo de implementación	Medio	Medio	Medio
Demanda 3	El desarrollo de fitomejoramientos es de alta importancia para obtener productos de cannabis de mayor calidad.		
Definición	El desarrollo de fitomejoramientos es determinante para la industria ya que influye en la obtención de ventajas competitivas como mayores producciones de aceite o fitoquímicos, semilla de mayor tamaño o fibras más largas.		
Proyectos propuestos	Creación de bancos de semilla y redes de fitomejoramiento	Desarrollar fitomejoramientos con características de alto interés para las diferentes finales productivas del cannabis.	
Plazo de implementación	Medio	Medio	
Demanda 4	Disponibilidad de tecnologías y técnicas para optimizar los procesos de postcosecha del cannabis según su objetivo productivo		
Definición	Se refiere a la disponibilidad de tecnologías y técnicas que permitan optimizar los diferentes procesos requeridos en la postcosecha de los productos obtenidos del cannabis, bien sea de uso medicinal o de otros usos industriales		
Proyectos propuestos	Estandarización de procesos industriales para el procesamiento de flor de cannabis de uso medicinal para garantizar su calidad	Optimización de procesos de postcosecha de cáñamo para producción de fibra	
Plazo de implementación	Medio	Corto	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-3. Área de transformación en biocombustibles a base de cannabis

Demanda 1	Optimización de procesos de producción de biocombustibles a base de cannabis y derivados.		
Definición	Es necesario optimizar los procesos de producción con biocombustibles a base de cannabis para hacerlos viables.		
Proyectos propuestos	Investigar y desarrollar modelos productivos de biorrefinerías.	Optimización de procesos de transformación y aplicación de cannabis en bioetanol, biogás y biodiesel	
Plazo de implementación	Medio	corto	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-4. Área de transformación de semilla de cannabis

Demanda 1	Investigación y desarrollo de productos a base de semilla.		
Definición	Es necesario investigar y desarrollar productos terminados para sacar al mercado		
Proyectos propuestos	Investigación y desarrollo de extracción de aceite de semilla y torta de semilla de cáñamo	Investigación y desarrollo de productos alimenticios a base de semilla de cáñamo.	
Plazo de implementación	Medio	corto	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-5. Área de transformación de fibra

Demanda 1	Desarrollo de productos a base de fibra.			
Definición	Es necesario investigar diferentes usos de la fibra y desarrollar productos finales que estén disponibles al público, bien sean textiles o bioplásticos.			
Proyectos propuestos	Investigación y desarrollo de diferentes procesos de extracción y transformación de la fibra	Investigación y desarrollo de bioplásticos a base de fibra	Investigación y desarrollo de materiales de construcción a base de fibra	Investigación y desarrollo de productos textiles a base de fibra
Plazo de implementación	Medio	Medio	Medio	Medio

Tabla 3-6. Área de transformación de aceite (resina)

Demanda 1	. Investigación en métodos y tecnologías de extracción y su aplicación.		
Definición	Es necesario hacer que la industria sea más competitiva en la transformación de cannabis para mantenerse competitiva		
Proyectos propuestos	Optimización de los procesos de extracción y transformación de aceite de cannabis	Transferencia de tecnología y capacitación de personal	Investigación en nuevos procesos de extracción
Plazo de implementación	Medio	Corto	Medio
Demanda 2	Purificación, isomerización, separación y transformación de fitoquímicos (cannabinoides, terpenos)		
Definición	Varios de los fitoquímicos producidos por el cannabis pueden ser utilizados por separado o pueden transformarse en otras moléculas.		
Proyectos propuestos	Investigación y optimización de procesos de separación y cristalización de cannabinoides.	Investigación e innovación en transformación, isomerización de cannabinoides	Investigación e innovación en nuevos cannabinoides
Plazo de implementación	Medio	Largo	Largo
Demanda 3	Investigación en nuevos usos y funciones de los fitoquímicos de la planta.		
Definición	Es necesario investigar los usos de cannabinoides menores y otros cannabinoides que surgen de la mano de otras investigaciones e innovaciones		
Proyectos propuestos	Investigación en usos medicinales de cannabinoides novedosos y otros fitoquímicos del cannabis	Investigación en usos cosméticos de cannabinoides novedosos y otros fitoquímicos del cannabis	
Plazo de implementación	Largo	Medio	

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, ya establecidos los proyectos para cada demanda tecnológica, es necesario establecer actividades para las demandas no tecnológicas presentadas en la Tabla 3-1. Para ello se propone la Tabla 3-7.

Tabla 3-7. Acciones para desarrollar demandas no tecnológicas

Demanda no tecnológica	Acción para alcanzar la meta
Evaluación financiera de proyectos.	Desarrollar investigación en torno a los costos de producción de cannabis con diferentes objetivos productivos; cannabis medicinal (flor y aceite), cáñamo para fibra y aceite esencial o cáñamo para semilla y fibra
Certificaciones de cultivo para uso medicinal	Obtención de certificaciones internacionales como GACP (Good Agricultural and Collection Practices) o equivalentes para garantizar la viabilidad del producto en el mercado externo
Certificaciones de calidad para procesos de postcosecha de cannabis medicinal	Obtención de certificaciones internacionales como EU-GMP (European Union Good Manufacturing Practices) o equivalentes para garantizar la viabilidad del producto a nivel internacional

Elaboración propia

3.3.4 Validación de la propuesta de agenda de desarrollo tecnológico e innovación

Para la validación de la agenda propuesta se utilizó como estrategia la consulta a expertos en la industria de cannabis. Para este propósito se grabó un video y se realizó una encuesta a los participantes en el cual se resume la propuesta de agenda de desarrollo tecnológico e innovación para el cultivo y transformación de cannabis. Este ejercicio se realizó entre el 19 y el 26 de julio de 2023. De acuerdo con Escobar-Pérez & Cuervo Martínez (2008), existen algunos criterios que pueden ser usados para la selección de expertos como: su experiencia, la reputación, adaptabilidad, motivación y disponibilidad de trabajar. Además, Delgado et al., (2012) dicen que deben consultarse como mínimo tres expertos para la validación de un estudio. Teniendo estos factores en mente, se

seleccionaron varios expertos porque tienen amplia experiencia en la academia o en la industria de cannabis, además, cuentan con diferentes especialidades profesionales por lo que ofrecen su opinión desde diferentes perspectivas (**Tabla 3-8**).

Tabla 3-8. Expertos participantes en la validación

Experto	Formación	Cargo/área de trabajo
Juan Téllez	Ingeniero industrial	Fundador y CEO de la empresa Greenlab Colombia SAS con 4 años de experiencia en la industria del cannabis.
Stivenzon Ibarra	Ingeniero agrónomo	Director de cultivo de Econaut SAS
Abdón Parra	Ingeniero Químico	Científico y técnico activo en la industria desde 2017. Emprendedor y creador de la cerveza 420 (con terpenos de cannabis).
Eliana María Villa Enciso	Ingeniera administrativa	Experiencia de más de 10 años en el área de gestión tecnológica (vigilancia tecnológica, comercialización de tecnologías, negociación y transferencia, propiedad intelectual, entre otras)

En la Tabla 3-9 se presenta la opinión de diferentes expertos en la industria de cannabis, desde gerentes hasta directores de cultivo e investigadores.

Tabla 3-9. Validación de la propuesta con base en la opinión de expertos

Experto	Respuesta
En su opinión ¿la agenda propuesta para el desarrollo tecnológico e innovación es pertinente para la industria del cannabis en Colombia? ¿por qué?	
Juan Téllez	Sí, muy pertinente. Tiene diferentes propuestas, muy puntuales, que son completamente necesarias para el desarrollo tecnológico de la industria
Stivenzon Ibarra	Es una propuesta pertinente; incluye los principales factores que se deben tener en cuenta para poder desarrollar una industria nueva en el país, se refleja que las propuestas para el desarrollo tecnológico e Innovación se basan en las necesidades que actualmente tiene el mercado del Cannabis. Así mismo en lo relacionado a la propuesta del desarrollo de cáñamo incluye y divide los

	sectores de mercado, genéticas. observaciones técnicas y contempla el espectro que implica desarrollar una industria nueva en el país.
Abdón Parra	Sí, porque reúne todos los aspectos de la cadena productiva, identificando las demandas de cada una de las etapas del proceso.
Eliana María Villa Enciso	La agenda se deriva de un proceso exhaustivo de investigación sobre el estado del arte de la industria, tanto en Colombia como en el nivel mundial. Esto permite identificar campos de acción futuros para aprovechar las fortalezas de la industria en el país, proponiendo acciones concretas y viables para minimizar amenazas y mejorar la industria en las debilidades evidenciadas.
¿Cuáles cree que son las fortalezas que usted destaca de la propuesta?	
Juan Téllez	Que abarca diferentes áreas en las que se debe profundizar el estudio e investigación y por cada área tiene diferentes propuestas que son muy acertadas y que impulsarían el desarrollo de la industria
Stivenzon Ibarra	Es una propuesta que va a generar impacto en varios sectores, ya que propone diferentes acciones que pueden contribuir con los primeros pasos para el desarrollo de la industria del Cannabis; para uso medicinal con la certificaciones, investigación y desarrollo de productos. En cuanto al cáñamo se debe decir que estructura las áreas, los procedimientos, implementación de tecnología y factores tendientes a la producción de cáñamo. El cáñamo es un sector nuevo y por tal motivo la información brindada, será pionera en el país y tendrá relevancia en el desarrollo planificación en los sectores interesados.
Abdón Parra	Me gusta la diferenciación entre la línea medicinal y la línea industrial, así como las posibilidades de innovación y desarrollo de cada una de las etapas que las conforman. Se destaca la línea industrial como una posibilidad para algunos productores (de menor capacidad técnica/económica). Se identifican posibilidades tecnológicas hasta ahora poco exploradas como por ejemplo, biocombustibles.
Eliana María Villa Enciso	a) La propuesta se deriva de un proceso riguroso de investigación con herramientas de Vigilancia b) La investigación se realizó en bases de datos especializadas que demuestran el estado actual del sector tanto en el nivel nacional e internacional, lo cual permite tener un panorama adecuado y claro de hacia dónde debe atenderse la industria.

	<p>c) Se observa un conocimiento adecuado por parte del investigador en torno a la industria y a sus procesos específicos lo cual genera un valor agregado de las propuestas que realizan para el fortalecimiento de la industria a corto, mediano y largo plazo.</p> <p>d) Se observa que las propuestas son viables y objetivas y adicionalmente apuntan a solucionar los problemas y a aprovechar las oportunidades evidenciados en el estado del arte de la industria.</p> <p>e) Es de resaltar que las propuestas se presentan no solo para el ámbito tecnológico de manera específica, sino que también se promueven para lograr atender demandas no tecnológicas que son igual de importantes para el desarrollo adecuado de la industria</p>
¿Cuáles son las debilidades de esta propuesta?	
Juan Téllez	Es mucha información. Podría tener un cambio de forma más no de fondo.
Stivenzon Ibarra	Al contener tantos sectores y áreas de acción, pueden producirse vacíos en la transmisión del mensaje e interpretaciones técnicas diferentes; lo cual podría retrasar el desarrollo de estas acciones. Debido a que la implementación de tecnologías nuevas requiere una inversión alta en la mayoría de casos, podría ser limitada la cantidad de sectores e inversionistas que realmente inviertan en este desarrollo ya que los empresarios tienen cierta desconfianza al aventurarse en un nuevo sector del Cannabis y tener incertidumbre sobre la retribución de su inversión a corto mediano plazo.
Abdón Parra	Recomiendo revisar definiciones de largo, mediano y corto plazo, ya que, la línea temporal de algunos proyectos podría estar subvalorada, por ejemplo, optimización de procesos de biocombustibles está clasificado como corto plazo, además para hablar de optimización, es necesario tener primero el proceso de transformación establecido, y si bien en otros países (se cita china como ejemplo) se tiene desarrollado, en Colombia ni si quiera es un tema de amplia discusión.
Eliana María Villa Enciso	Considero que para una futura investigación se debería procurar vincular a entidades y empresas que puedan contribuir a profundizar la agenda.
Observaciones y comentarios	
Juan Téllez	Muy completo y detallado
Stivenzon Ibarra	Me parece una investigación que puede contribuir a la planificación de varias empresas y sectores interesados en la industria. Pienso que, en algunos puntos como las certificaciones para cáñamo, desarrollo de tecnologías e integración

	de actores involucrados; debe plantearse hasta qué punto se piensa llevar la planificación ya que aún no es claro que tipo de certificaciones competen para el cáñamo, la experiencia adquirida en cultivos industriales resultara clave en el desarrollo de una industria fuerte. Debe tenerse en cuenta que el manejo agronómico de un cultivo de cáñamo requiere la integración de maquinaria agrícola y técnicas de agricultura de precisión entre otras. Para incrementar la rentabilidad de las siembras. Para el caso del cáñamo se puede considerar un manejo agronómico diferenciado entre genéticas que se destinen a la producción de fibras y aquellas que se destinan al uso medicinal y científico.
Abdón Parra	La agenda de desarrollo tecnológico propuesta tiene un enfoque desarrollado sobre la línea industrial muy interesante, que abre diversas posibilidades de investigación y desarrollo, sin embargo, esta línea de trabajo está fuertemente vinculada a la producción de fibra y grano, dicha producción a nivel global, actualmente está desarrollada sobre cultivares foto-dependientes, convirtiéndose en la necesidad de desarrollar materiales tropicalizados (12/12) para fines industriales, un objetivo fundamental en la agenda propuesta, ya que estos materiales son insumo de entrada para los otros proyectos propuestos. Si bien está contemplada la demanda por fitomejoramiento, podría considerarse desarrollar mejor esta necesidad tecnológica.
Eliana María Villa Enciso	Es un ejercicio completo, basado en resultados de investigación rigurosos para proponer una agenda adecuada para la Industria del Cannabis en Colombia, cuyos resultados pueden ser un insumo importante para los tomadores de decisiones en este ámbito

Elaboración Propia.

Las opiniones de los expertos coinciden en que la propuesta es acertada en diferentes aspectos como que abarca una amplia gama de elementos relacionados a los procesos productivos del cannabis. De igual manera destaca que contempla proyectos para cada elemento y que identifica diferentes propuestas que son pertinentes para la industria colombiana. Se valora la distinción de las diversas posibilidades industriales que presenta la planta y sus diferentes modalidades de cultivo, y el impacto que puede tener en la industria bien sea incrementando la productividad o las posibilidades para algunos productores como es el caso del cáñamo.

Los elementos mejor valorados de la investigación fueron su rigurosidad en el proceso de vigilancia, que se realizó usando bases de datos especializadas y específicas que contribuyen al análisis de la situación del sector cannábico, de manera que se puede direccionar la industria. De igual manera se destaca la pertinencia del conocimiento adecuado por parte del investigador para la formulación de la propuesta. Esto genera un valor agregado de la agenda como una alternativa para el fortalecimiento de los actores que participan de la cadena productiva. Los proyectos sugeridos son viables y presentan oportunidades para organizar y solucionar problemas relacionados a la tecnología, desarrollo e innovación en la industria. Además, no se limitan a propuestas específicas del ámbito tecnológico, sino que contempla demandas no tecnológicas igual de importantes para la industria.

Con respecto a las certificaciones necesarias para el cultivo de cáñamo, hubo una observación en cuanto a las certificaciones que son necesarias para el cultivo de este tipo de cannabis. Frente a esto vale la pena precisar que certificaciones que se mencionan en el trabajo como GACP, TGP93 o EU-GMP solo son requeridas debido a que los productos como la flor o extractos deben tener calidad medicinal y ser aptos para consumo humano. Por otra parte, algunos expertos expresan que el alto volumen de información puede generar confusión y vacíos de información, sin embargo, eliminar información de la propuesta solamente la haría más débil al no contemplar la amalgama de factores que contempla.

Otra sugerencia muy relevante es que, para próximas investigaciones, deberían ser vinculadas empresas, entidades y otros actores que participen de la cadena productiva de cannabis. La información que aportarían todos los actores favorecería a formular una agenda con mayor detalle ya que sería posible identificar más alternativas y formular un mayor número de necesidades tecnológicas y no tecnológicas como insumo para el planteamiento de proyectos en cada necesidad.

Por último, hay algunas sugerencias frente al proyecto de fitomejoramiento de cannabis con el objetivo de obtener variedades que no sean fotodependientes y el plazo de tiempo del proyecto de optimización de biocombustibles. Atendiendo a las recomendaciones se proponen los siguientes ajustes:

Demanda 3: Tabla 3-2. Área Cultivo y postcosecha de cannabis industrial

Demanda 3	El desarrollo de fitomejoramientos es de alta importancia para obtener productos de cannabis de mayor calidad.		
Definición	El desarrollo de fitomejoramientos es determinante para la industria ya que influye en la obtención de ventajas competitivas como mayores producciones de aceite o fitoquímicos, semilla de mayor tamaño o fibras más largas.		
Proyectos propuestos	Creación de bancos de semilla y redes de fitomejoramiento	Desarrollar fitomejoramientos con características de alto interés para uso medicinal y cosmético.	Desarrollar fitomejoramientos con características de alto interés para uso industrial (alimentación, textil,
Plazo de implementación	Medio	Medio	Medio

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la sugerencia del experto, se plantea modificar la Demanda 3 de la tabla 3-2, agregando dos proyectos separados para fitomejoramiento de cannabis. El primero de ellos enfocado en uso medicinal y cosmético y el segundo en fitomejoramientos de uso industrial (largo de la fibra, tamaño de la semilla, etc.). Con esta modificación se espera generar mayor distinción entre las diferentes finalidades que puede tener el fitomejoramiento.

Tabla 3-3. Área de transformación en biocombustibles a base de cannabis

Demanda 1	Optimización de procesos de producción de biocombustibles a base de cannabis y derivados.	
Definición	Es necesario optimizar los procesos de producción con biocombustibles a base de cannabis para hacerlos viables.	
Proyectos propuestos	Investigar y desarrollar modelos productivos de biorrefinerías.	Optimización de procesos de transformación y aplicación de cannabis en bioetanol, biogás y biodiesel
Plazo de implementación	Medio	Medio

Fuente: Elaboración propia

En la demanda de optimización de procesos de producción de biocombustibles a base de cannabis y derivados, se modifica de corto a medio el plazo de implementación del proyecto de optimización de procesos de transformación y aplicación de cannabis en bioetanol, biogás y biodiesel. Con esta modificación se logra un plazo de implementación más ajustado a la realidad colombiana.

3.4 Aportes del Capítulo

El principal aporte del capítulo es la propuesta de Agenda de Desarrollo e innovación Tecnológica del cultivo y transformación de Cannabis que plantea diferentes proyectos para desarrollar en esta industria. Este insumo de información tiene gran valor para la toma de decisiones en la industria en la medida en la que facilita la toma de decisiones en lo relacionado al desarrollo tecnológico en la industria del Cannabis y puede orientar las mismas. Además, la opinión de expertos sobre la propuesta es muy importante para la validación de la propuesta en la medida en la que ofrece diferentes perspectivas sobre la misma.

Conclusiones y recomendaciones

El objetivo general de esta investigación fue plantear lineamientos y características para el desarrollo tecnológico y la innovación en la industria de cannabis en Colombia, para lograr esto se procedió a desarrollar tres objetivos específicos. Por medio del primer objetivo específico se concluyó que hay tendencias de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en la industria de cannabis a nivel internacional que se pueden resumir en cuatro áreas, a saber: Cultivo y biomasa, genética y semilla, fibra y, por último, aceite (resina de la flor).

Gracias al uso de la vigilancia tecnológica y el mapeo de la información en Vosviewer, se distinguieron diferentes investigaciones e innovación evidenciadas en artículos científicos y patentes citados frente a elementos como la optimización del cultivo de cannabis que se relaciona a la fertilización, tanto como al fotoperiodo o genética, entre otros factores. Así mismo se vislumbraron innovaciones como alimentos a base de la semilla o neumáticos a base de caucho y aceite de la semilla. Innovaciones y procesos relacionados a la transformación de fibra como los bioplásticos y materiales biocompuestos. Por último, se evidenciaron innovaciones frente a diferentes usos del aceite (resina de la flor) y sus fitoquímicos que pueden ser usados como productos adicionados a alimentos tanto como para fumigar cultivos, mostrando que no tiene una función medicinal exclusiva para los humanos y animales. La amplia variedad de desarrollos es muestra de que es necesario orientar la gestión de la tecnología en la industria de manera que se logre una mayor competitividad en el ámbito internacional.

El desarrollo del segundo objetivo específico permite concluir que la situación actual se caracteriza por la falta de acuerdos en elementos legales como la regulación de los alimentos y bebidas con CBD. Así mismo, la industria enfrenta otros retos como la competencia desleal o la necesidad de optimizar su producción medicinal para alcanzar

estándares internacionales. Gracias a los factores analizados en el segundo capítulo fueron identificados actores de la industria y su papel en este sector. Además, se evidenció la necesidad de mayor relacionamiento entre los actores de manera que resulte en alianzas estratégicas y evolución de la normativa que promuevan la industria. Por ejemplo, es necesario avanzar en el desarrollo de elementos legales como la normatividad que regule la inclusión de CBD en alimentos y bebidas. Sin un contacto constante entre los actores que están involucrados, se dificulta la integración de la industria ya que puede haber interés público, privado e investigativo, pero un marcador que indica la falta de conocimiento del público general en torno a la planta es la aceptación a la regulación de uso adulto. El árbol de problemas también permite relacionar todos estos factores de manera que se propone un problema central que orienta las alternativas del futuro.

El tercer objetivo específico consistió en el planteamiento de una agenda para el desarrollo de tecnológico y la innovación en la industria en Colombia; la propuesta que se realizó está conformada por seis tablas, cada una para un área distinta en donde se plantean proyectos específicos para cada necesidad que se presenta; con plazos de ejecución de los mismos. La propuesta fue validada con expertos que determinaron que, si bien podían realizarse algunas modificaciones simples, la propuesta contribuye a la industria de cannabis. Se destaca que abarca muchas temáticas pertinentes para la investigación e innovación en la industria colombiana. Además, formuló proyectos con sus correspondientes plazos temporales que sirven para orientar el desarrollo tecnológico y la innovación en un plazo medio. Una correcta aplicación de una agenda para el desarrollo tecnológico y la innovación de la industria de cannabis es determinante para que esta pueda desarrollar ventajas competitivas y un nicho industrial sostenible en el tiempo capaz de generar investigación y desarrollo que resulten en productos finales.

El amplio volumen de investigaciones y desarrollos vinculados a la producción industrial de cannabis bien sea con finalidad medicinal, textil, materiales de construcción, alimentos, automotriz, etc. presenta varias oportunidades para la industria colombiana de cannabis. Por esto, tanto las empresas como el gobierno deberían realizar la evaluación técnica y financiera de proyectos productivos con diferentes finalidades. Además, debe buscarse facilitar la transferencia de tecnología de países con mayor experiencia en la producción de cáñamo para lograr que sea competitiva comparativamente a industrias como la producción de cáñamo de China o EE.UU.

Aunque la propuesta abarca una gran cantidad de factores, es recomendable para la industria profundizar en estudios de gestión tecnológica como la prospectiva tecnológica que se apoyan en diferentes herramientas para poder realizar proyecciones del futuro que sean pertinentes para la industria. Si bien en la presente investigación se evidencian varios elementos tanto científicos y de la innovación como de la situación de la industria, este tipo de investigaciones se podría enriquecer al contar con la participación de empresas del sector y entidades públicas en el entorno de la industria. Esto se debe a que es un proceso en el que la interacción entre los actores permite dar forma y construir sobre la propuesta, de manera que es más ajustada a las necesidades o posibilidades de los actores.

Es menester mencionar que la presente investigación fue financiada de forma independiente; por lo que no fue posible realizar un trabajo más amplio que relacionara los actores a nivel nacional para obtener datos más precisos por medio de encuestas y la aplicación de otras herramientas. Por ejemplo, algunos elementos de la cadena productiva como los costos generales de producción en diferentes áreas o el manejo y transporte de las diferentes materias primas del cannabis no fueron detallados. En la medida en la que no había suficiente información para formularlos en esta investigación, posteriores investigaciones pueden tener como enfoque la identificación de estos y otros factores de manera que se pueda fortalecer la agenda. Esta información puede contribuir a determinar la factibilidad de desarrollar proyectos relacionados a la industria y fortalecer la creación de diferentes cadenas productivas del cannabis según la finalidad del producto en un área determinada del país. También ofrecería otro insumo de información para que los tomadores de decisiones de las organizaciones determinen en donde enfocar sus esfuerzos de investigación y desarrollo.

La prospectiva tecnológica del sector cannábico puede ofrecer una perspectiva muy enriquecedora para la evolución de este sector industrial, por lo que esta una línea de investigación que a futuro se debería profundizar. Esta investigación ofrece una propuesta inicial que puede servir como base para un proyecto de investigación nacional que fortalezca la industria y permita orientar los esfuerzos de los diferentes actores en una misma dirección.

Bibliografía

- Abou Diab, A., Sadek, S., Najjar, S., & Abou Daya, M. H. (2016). Undrained shear strength characteristics of compacted clay reinforced with natural hemp fibers. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 10(3), 263–270. <https://doi.org/10.1080/19386362.2015.1132122>
- Adamovics, A., Ivanovs, S., & Bulgakov, V. (2017). Investigations about the impact of the sowing time and rate of the biomass yield and quality of industrial hemp. *Agronomy Research*, 15(4), 1455–1462. <https://doi.org/10.15159/AR.17.002>
- Adesina, I., Bhowmik, A., Sharma, H., & Shahbazi, A. (2020a). A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. *Agriculture (Switzerland)*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture10040129>
- Adesina, I., Bhowmik, A., Sharma, H., & Shahbazi, A. (2020b). A review on the current state of knowledge of growing conditions, agronomic soil health practices and utilities of hemp in the United States. *Agriculture (Switzerland)*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agriculture10040129>
- ALAN, L., A, M. R., JOSE, C.-F. F., & SHANNON, V. (2021). *Bioceramic and carbon-based hydroponic systems, methods and devices*. MULTIPLE ENERGY TECH LLC OP - US 201916407989 A OP - US 201815899882 A OP - US 201762562971 P. <https://lens.org/193-103-662-910-566>
- Alvarez, A., Gamella, J. F., & Parra, I. (2016). Cannabis cultivation in Spain: A profile of plantations, growers and production systems. *International Journal of Drug Policy*, 37, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.drugpo.2016.08.003>
- Allied market research (2022)(<https://www.alliedmarketresearch.com/medical-cannabis-market-A14250#:~:text=The%20global%20medical%20cannabis%20market,23.6%25%20from%202021%20to%202030>) consultado el 22 de mayo de 2022)

- Amaducci, S., Scordia, D., Liu, F. H., Zhang, Q., Guo, H., Testa, G., & Cosentino, S. L. (2015). Key cultivation techniques for hemp in Europe and China. *Industrial Crops and Products*, 68, 2–16. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.06.041>
- Andrade, J. M., Ramírez, E., Cedeño, J. D., Ardila, N. A., & López, A. L. (2018). Avances científicos y tecnológicos del cannabis en el campo medicinal. *Universitaria, Corporacion Dios, Minuto De, November*.
- Arboleda, Alejandro. (2022) Crece levemente, numero de colombianos que aceptarían la legalización del cannabis y las drogas. *El Colombiano* 13/072022. <https://www.elcolombiano.com/colombia/mas-colombianos-estarian-de-acuerdo-con-legalizar-las-drogas-y-la-marihuana-segun-encuesta-invamer-KL18025395>
- ARON, L. K., & KARL, E. (2021). *Purification and separation techniques for cannabinoids*. CANOPY GROWTH CORP OP - US 201716308421 A OP - US 201662348445 P OP - US 201762508129 P OP - US 2017/0036792 W. <https://lens.org/049-645-908-995-447>
- ARTHUR, A., THOMAS, A., & CHLOE, C. (2021). *Hemp plant named 'C2B.'* GENETICSCUBED LLC OP - US 202016873477 V. <https://lens.org/193-439-552-280-099>
- Ascrizzi, R., Iannone, M., Cinque, G., Marianelli, A., Pistelli, L., & Flamini, G. (2020). “Hemping” the drinks: Aromatizing alcoholic beverages with a blend of Cannabis sativa L. flowers. *Food Chemistry*, 325. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126909>
- Asim, Zeesham. Sorooshian, Shahryar. (2019). Exploring the Role of knowledge, innovation and technology management (KNIT) capabilities that influence research and development. *Journal of open innovation*. 2019, 5, 21; doi:10.3390/joitmc5020021
- Aubin, M.-P., Seguin, P., Vanasse, A., Tremblay, G. F., Mustafa, A. F., & Charron, J.-B. (2015). Industrial hemp response to nitrogen, phosphorus, and potassium fertilization. *Crop, Forage and Turfgrass Management*, 1(1), 1–10. <https://doi.org/10.2134/CFTM2015.0159>
- BABAK, G., & J, B. M. (2018). *Fertilizer*. ACUPAC PACKAGING INC OP - US 201514824588 A OP - US 201462036443 P. <https://lens.org/048-049-832-909-516>
- Bailoni, L., Bacchin, E., Trocino, A., & Arango, S. (2021). Hemp (Cannabis sativa L.) seed and co-products inclusion in diets for dairy ruminants: A review. *Animals*, 11(3), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ani11030856>

- Balčiūnas, G., Žvironaitė, J., Vėjelis, S., Jagniatinskis, A., & Gaidučis, S. (2016). Ecological, thermal and acoustical insulating composite from hemp shives and sapropel binder. *Industrial Crops and Products*, 91, 286–294. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.06.034>
- Bar-Lev Schleider, L., Mechoulam, R., Saban, N., Meiri, G., & Novack, V. (2019). Real life Experience of Medical Cannabis Treatment in Autism: Analysis of Safety and Efficacy. *Scientific Reports*, 9(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37570-y>
- Barberà, L., Pèlach, M. A., Pérez, I., Puig, J., & Mutjé, P. (2011). Upgrading of hemp core for papermaking purposes by means of organosolv process. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 865–872. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.02.005>
- Baron, E. P., Lucas, P., Eades, J., & Hogue, O. (2018). Patterns of medicinal cannabis use, strain analysis, and substitution effect among patients with migraine, headache, arthritis, and chronic pain in a medicinal cannabis cohort. *Journal of Headache and Pain*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s10194-018-0862-2>
- Bernstein, N, Gorelick, J., Zerahia, R., & Koch, S. (2019). Impact of N, P, K, and humic acid supplementation on the chemical profile of medical cannabis (*Cannabis sativa* L). *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00736>
- Bernstein, Nirit, Gorelick, J., Zerahia, R., & Koch, S. (2019). Impact of N, P, K, and humic acid supplementation on the chemical profile of medical cannabis (*Cannabis sativa* L). *Frontiers in Plant Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00736>
- Bohorquez, Kevin. (2021) Negocio de Cannabis Colombiano se hunde en NASDAQ, que hay detrás de este declive. *Forbes*, 22/12/2021 <https://forbes.co/2021/12/22/negocios/https-forbes-co-2021-12-22-negocios-cannabis-colombiano-se-hunde-en-nasdaq-que-hay-detras-de-este-declive/>
- Buitrago, Oscar. Rodriguez, Pedro. Monroy, Mario. (2018) Early biodegradation in soil of biocomposites made with poly-3-hydroxybutyrate, Polycaprolactone and Sawdust of Indica-White Russian Cannabis. *Centro de informacion Tecnologica Volumen 29, N 6 DOI 4067/S0718-07642018000600103*
- Casano, S., Grassi, G., Martini, V., & Michelozzi, M. (2011). Variations in terpene profiles of different strains of *Cannabis sativa* L. In M. A., B. A.M., C. C., & C. L. (Eds.), *Acta Horticulturae* (Vol. 925). <https://doi.org/10.17660/actahortic.2011.925.15>
- Castellanos., & Domínguez. (2009a). Retos Y Nuevos Enfoques En La Gestión De La Tecnología Y El Conocimiento. In *Ingeniería e Investigación* (Vol. 29, Issue 1).
- Castellanos., O. Torres, L. Dominguez, K. (2009b) Manual Metodologico Para la

Definición de Agendas de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Cadenas Productivas Agroindustriales.

http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/6337/1/2009424104922_MANUAL.pdf

Castellanos, O., Fúquene, A., & Ramírez, D. C. (2011). *Análisis de tendencias: de la información hacia la innovación*.

http://bdigital.unal.edu.co/3564/1/ANALISIS_DE_TENDENCIAS_MAYO_7.pdf

Cetindamar, Dilek. Phaal, Robert. Probert, David. (2009) Understanding technology management as a dynamic capability: A framework for technology management activities. *Technovation* (2009) 237-246. doi:10.1016/j.technovation.2008.10.004

Chandra, S., Lata, H., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2017). Cannabis sativa L.: Botany and horticulture. In *Cannabis sativa L. - Botany and Biotechnology*.

https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_3

Chandra, Suman, Lata, H., & ElSohly, M. A. (2017). Cannabis sativa L. - botany and biotechnology. In *Cannabis sativa L. - Botany and Biotechnology*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6>

Chandra, Suman, Lata, H., Khan, I. A., & Elsohly, M. A. (2008). Photosynthetic response of Cannabis sativa L. to variations in photosynthetic photon flux densities, temperature and CO₂ conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 14(4), 299–306. <https://doi.org/10.1007/s12298-008-0027-x>

Cherney, J.H., & Small, E. (2016). Industrial hemp in North America: Production, politics and potential. *Agronomy*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy6040058>

Cherney, J H, & Small, E. (2016). Industrial hemp in North America: Production, politics and potential. *Agronomy*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy6040058>

Cherney, Jerome H., & Small, E. (2016). Industrial hemp in North America: Production, politics and potential. *Agronomy*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy6040058>

CHRISTOPER, R. T. J. (2021). *BUILDING PRODUCT*. ADAPTAVATE LTD OP - GB 201512679 A OP - GB 2016052165 W. <https://lens.org/143-864-307-955-105>

Clever leaves (24/07/2021). <https://cleverleaves.com/es/clever-leaves-aprovecha-aprobacion-para-exportacion-de-flor-de-cannabis-medicinal-desde-colombia/>

Colombia Productiva. (2019). Hoja de ruta sector de cannabis medicinal visión a 2032.

Recuperado de:

<https://www.colombiaproductiva.com/CMSPages/GetFile.aspx?guid=dc74afff-2202-4938-a1f0-d66aea80061e>

- Collinson, Stephen. (2022) La medida de Biden sobre la marihuana podría cambiar vidas e impactar en las elecciones intermedias. CNN. 07/10/2022.
<https://cnnespanol.cnn.com/2022/10/07/analisis-medida-biden-marihuana-elecciones-intermedias-trax/>
- Constitución política de Colombia 1991. Artículo 49.
- Congreso de Colombia. (2017) Ley 2204 del 10 de mayo de 2022.
- Congreso de Colombia. (2017) Ley 1876 del 29 de diciembre de 2017.
- Cruz, Luis Felipe. Pereira, Isabel.(2021) Laberintos de prohibición y regulación. Los grises de la marihuana en Colombia. Dejusticia. ISBN 978-958-5597-97-6
- Cubillos, S. Paola Andrea. (2021) Cannabis for medical and scientific purposes: the Colombian landscape. Colombian Journal of Anesthesiology. Vol. 49. ISSN 2256-2087
- CYRIL, A., ANNE, L. S., & ANTOINE, D. (2019). *Method For Recovering Organic Fibers From A Composite Material*. CENTRE NAT RECH SCIENT. <https://lens.org/079-758-080-288-206>
- DALE, L. R., & DAVID, J. M. (2016). *Agricultural Compositions And Applications Utilizing Essential Oils*. RALCO NUTRITION INC OP - US 201462020059 P 20140702.
<https://lens.org/180-941-988-516-674>
- Danziger, N., & Bernstein, N. (2021). Light matters: Effect of light spectra on cannabinoid profile and plant development of medical cannabis (*Cannabis sativa* L.). *Industrial Crops and Products*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113351>
- Dariš, B., Verboten, M. T., Knez, Ž., & Ferik, P. (2019). Cannabinoids in cancer treatment: Therapeutic potential and legislation. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*, 19(1), 14–23. <https://doi.org/10.17305/BJBMS.2018.3532>
- DAVIDE, L. (2019). *Food Product Containing Hemp*. IL GATTOPARDO S A S DI DAVID LIPARI & C OP - IT UB20152678 A 20150730. <https://lens.org/184-202-592-150-342>
- Delgado, E. Carretero H. Ruch, W. (2012) Content validity evidences in test development: An applied perspective. *Intern J Clin Health Psych*. 2012;12(3):449-60.
- Desaulniers Brousseau, V., Wu, B.-S., MacPherson, S., Morello, V., & Lefsrud, M. (2021). Cannabinoids and Terpenes: How Production of Photo-Protectants Can Be Manipulated to Enhance Cannabis sativa L. *Phytochemistry*. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.620021>

- Diaz, Daniela. Lledin, Julia. (2022) La promesa del cannabis medicinal se esfuma para los pequeños productores. *El Pais*, 28/08/2022. <https://elpais.com/america-colombia/2022-08-28/la-promesa-del-cannabis-medicinal-se-esfuma-para-los-pequenos-productores.html>
- DW, (11/08/2022) Gustavo Petro propone legalizar el cannabis en Colombia. <https://www.dw.com/es/gustavo-petro-propone-legalizar-el-cannabis-en-colombia-sin-licencias/a-62784238>
- DW, (21/06/2023) Fracasa la legalización del cannabis en Colombia <https://www.dw.com/es/fracasa-la-legalizaci%C3%B3n-del-cannabis-en-colombia/a-65985553>
- E, A. G., LEKHRAM, C., & ANNE, V. A. N. D. P. (2019). *Anti-microbial Composition Comprising Cannabinoids*. AXIM BIOTECHNOLOGIES INC OP - US 201562183573 P 20150623. <https://lens.org/121-075-788-367-637>
- EL tiempo. redacción internacional (2022) 21 junio Marihuana: estos son los países del mundo donde es legal <https://www.eltiempo.com/mundo/mas-regiones/marihuana-los-paises-donde-su-consumo-es-legal-682375>
- E, W. M., & MICHELLE, R. (2020). *FOOD AND BEVERAGE COMPOSITIONS INFUSED WITH LIPOPHILIC ACTIVE AGENTS AND METHODS OF USE THEREOF*. POVIVA CORP OP - US 201462010601 P OP - US 201462037706 P OP - US 201562153835 P OP - US 201562161314 P OP - US 201562161324 P OP - US 2015/0035128 W. <https://lens.org/055-920-713-688-472>
- Eichhorn Bilodeau, S., Wu, B. Sen, Ruffykiri, A. S., MacPherson, S., & Lefsrud, M. (2019). An update on plant photobiology and implications for cannabis production. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00296>
- Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez (2008). Validez de contenido y juicio de Expertos: Una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27-38. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/302438451_Validez_de_contenido_y_juicio_de_expertos_Una_aproximacion_a_su_utilizacion
- Escorsa, Pere, Maspons, Ramón. (2001). De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva. Editorial Financial Times Prentice Hall. Madrid.
- Estrada, Cristina. (2022). La república martes 22 de febrero de 2022. Hasta la fecha en Colombia se han solicitado 2634 licencias de cultivo de Cannabis. <https://www.larepublica.co/empresas/hasta-la-fecha-en-colombia-se-han-solicitado-2-634-licencias-de-cultivo-de-cannabis-3308426>

- FERESHTEH, F., PIERRE, S.-J., & ETIENNE, V. (2021). *Cold extraction method for cannabinoids and terpenes from cannabis by organic solvents*. NEPTUNE WELLNESS SOLUTIONS INC OP - US 202016999846 A OP - CA 2019051090 W OP - US 201862716195 P. <https://lens.org/132-969-904-656-789>
- Forbes, (01/06/2022) Mas de 290 millones de dólares ha invertido la industria de Cannabis en Colombia. <https://forbes.co/2022/06/01/actualidad/mas-de-us290-millones-ha-invertido-la-industria-del-cannabis-en-colombia/>
- García-Tejero, I. F., Hernández, A., Ferreiro-Vera, C., Zuazo, V. H. D., García, J. H., Sánchez-Carnerero, C., & Casano, S. (2020). Yield of new hemp varieties for medical purposes under semi-arid Mediterranean environment conditions. *Comunicata Scientiae*, 11. <https://doi.org/10.14295/cs.v11i0.3264>
- Gallego, B. (2005) Fundamentos de la gestión tecnológica. Revista Tecnológicas. No. 15. pp. 113-131.
- GEA, G. (2021). *GENETICALLY ENGINEERED PLANT FIBRES PRESENTING ENHANCED SURFACE PROPERTIES*. LUXEMBOURG INST SCIENCE & TECH LIST OP - LU 92825 A OP - EP 2016070797 W. <https://lens.org/168-077-149-514-754>
- Grand View Research (2022) <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/industrial-hemp-market>, consultado el 22 de mayo de 2022
- Grégoire, M., Barthod-Malat, B., Labonne, L., Evon, P., De Luycker, E., & Ouagne, P. (2020). Investigation of the potential of hemp fibre straws harvested using a combine machine for the production of technical load-bearing textiles. *Industrial Crops and Products*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111988>
- Grigoryev, S. V, Shelenga, T. V, & Illarionova, K. V. (2019). Hempseed and cottonseed oils in the accessions from the vir collection as sources of functional food ingredients. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 180(2), 38–43. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-2-38-43>
- Gómez, Silvia. (2022) Cannabis en Colombia: una industria en construcción. Portafolio 12/04/2022) <https://www.portafolio.co/revista-portafolio/cannabis-en-colombia-una-industria-aun-en-construccion-563997>
- Hernandez, N. Garnica, J. (2015) Árbol de problemas del análisis al diseño y desarrollo de productos. Consciencia tecnológica. Núm. 50. julio diciembre, 2015. pp. 38-46. Instituto tecnológico de aguas calientes.
- Ivanovs, S, Rucins, A., Valainis, O., Belakova, D., Kirilovs, E., & Vidzickis, R. (2015).

- Research of technological process of hemp slab production*. 14(January), 202–209.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84937427558&partnerID=40&md5=38a5c4eca0fa925fed1e8abdc5b9c805>
- Ivanovs, Semjons, Rucins, A., Valainis, O., Belakova, D., Kirilovs, E., & Vidzickis, R. (2015). Research of technological process of hemp slab production. *Engineering for Rural Development*, 14(January), 202–209.
- JAMES, L., BENJAMIN, F., & MATTHEW, C. (2017). *Methods Of Growing Cannabaceae Plants Using Artificial Lighting*. MJAR HOLDINGS LLC OP - US 201462058045 P 20140930. <https://lens.org/165-772-621-939-621>
- Jiménez, C. N., Castellanos, O., Morales, M. (2007). Tendencias y retos de la gestión tecnológica en economías emergentes. *Revista universidad EAFIT*, Vol. 43. No. 148 pp. 42-61
- JOHN, K. B., & PATRICK, L. J. (2019). *Myceliated Products And Methods For Making Myceliated Products From Cacao And Other Agricultural Substrates*. MYCOTECHNOLOGY INC OP - US 201461953823 P 20140315. <https://lens.org/072-389-651-129-335>
- Johnson, Lee. Malone, Marc. Paulson, Erik. Swider, Josh, Marekius, David. Anderson, Susan. Black, Dominic. (2023). Potency and safety analysis of hemp delta-9 products: the hemp vs. cannabis demarcation problem. *Journal of Cannabis Research*. Volume 5, Issue 1. December 2023. article number 29.
- JULIAN, C. (2020). *Products and methods of mechanical extraction and purification of tetrahydrocannabinolic acid*. ECO GREEN GROW HOLDINGS LLC. <https://lens.org/100-436-085-749-638>
- Karche, T., & Singh, M. R. (2019). The application of hemp Cannabis sativa L. for a green economy: A review. *Turkish Journal of Botany*, 43(6), 710–723. <https://doi.org/10.3906/bot-1907-15>
- KARTHIK, R., E, S. I. I. J., TYLER, M. I. V. B., & Z, A. T. (2020). *Cannabis fiber, absorbent cellulosic structures containing cannabis fiber and methods of making the same*. FIRST QUALITY TISSUE LLC OP - US 201815968490 A OP - US 201514939675 A OP - US 201462078737 P. <https://lens.org/047-039-528-682-50X>
- Klir, Ž., Novoselec, J., & Antunović, Z. (2019). An overview on the use of hemp (Cannabis sativa L.) in animal nutrition. *Poljoprivreda*, 25(2), 52–61. <https://doi.org/10.18047/poljo.25.2.8>

- King, B., Fielke, S., Bayne, K., Klerkx, L., & Nettle, R. (2019). Navigating shades of social capital and trust to leverage opportunities for rural innovation. *Journal of Rural Studies*, 68, 123-134.
- Kovalchuk, O., Li, D., Rodriguez-Juarez, R., Golubov, A., Hudson, D., & Kovalchuk, I. (2020). The effect of cannabis dry flower irradiation on the level of cannabinoids, terpenes and anti-cancer properties of the extracts. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101736>
- Kumar, S., Singh, R., Kumar, V., Rani, A., & Jain, R. (2017). Cannabis sativa: A plant suitable for phytoremediation and bioenergy production. In *Phytoremediation Potential of Bioenergy Plants*. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3084-0_10
- Lamers, Matt, (2022) Canadian growers destroyed a record 425 million grams of cannabis last year 03/08/2022. <https://mjbizdaily.com/canadian-growers-destroyed-a-record-425-million-grams-of-cannabis-in-2021>. Consultado el 02/10/2022
- Lata, H., Chandra, S., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2017). Micropropagation of Cannabis sativa L.-An update. In *Cannabis sativa L. - Botany and Biotechnology*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54564-6_13
- Lata, Hemant, Chandra, S., Techen, N., Khan, I. A., & ElSohly, M. A. (2016). In vitro mass propagation of Cannabis sativa L.: A protocol refinement using novel aromatic cytokinin meta-topolin and the assessment of eco-physiological, biochemical and genetic fidelity of micropropagated plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(1), 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.12.001>
- Law, A. D., McNees, C. R., & Moe, L. A. (2020). The microbiology of hemp retting in a controlled environment: Steering the hemp microbiome towards more consistent fiber production. *Agronomy*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy10040492>
- LEE, K. R., JOHN, L. A., & A, W. B. (2011). *Use Of Pet Food Compositions*. IAMS COMPANY OP - US 85508004 A 20040527. <https://lens.org/151-168-694-993-478>
- Losada, Juan Carlos. (4/10/2022). Regulación del cannabis de uso adulto: el primer paso de una nueva política de drogas. <https://www.semana.com/opinion/articulo/regulacion-del-cannabis-de-uso-adulto-el-primer-paso-de-una-nueva-politica-de-drogas/202232/>
- Mariño, Amparo. Cortes, Felix. Garzon, Luis. (2008) Herramienta de software para la enseñanza y entrenamiento en la construcción de la matriz DOFA. *Ingeniería e Investigación*. Vol 28. No.3 diciembre 2008
- MARK, S. (2021). *Sustainable bio-char-based ink having conductive properties*. UNIV JEFFERSON OP - US 202016860008 A OP - US 201962838966 P.

<https://lens.org/061-843-095-530-942>

- Martinez, Nicolas. (2019) Los desafíos del cannabis medicinal en Colombia. Transnational Institute. Informe sobre políticas de drogas. vol. 52 septiembre de 2019..
- MATTHEW, K. (2018). *Method Of Juicing Cannabis Plant Matter*. KENNEDY MATTHEW OP - US 201615081837 A 20160325. <https://lens.org/104-199-508-826-981>
- Mi, R., Taylor, A. G., Smart, L. B., & Mattson, N. S. (2020). Developing production guidelines for baby leaf hemp (*Cannabis sativa* L.) as an edible salad green: Cultivar, sowing density and seed size. *Agriculture (Switzerland)*, 10(12), 1–16. <https://doi.org/10.3390/agriculture10120617>
- Mills, E. (2012). The carbon footprint of indoor Cannabis production. *Energy Policy*, 46, 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.03.023>
- Mirsakhani, malineh. Parsaamal, Elahe, Golzar, Abolghasem.(2014). Strategy with SWOT Matrix: A case Study of an Iranian Company. *Global Business and Management Research: an international journal*. Vol 6, No. 2 (2014) <http://www.gbmrjournal.com/pdf/vol.%206%20no.%202/V6N2-6.pdf>
- Ministerio de salud y protección social. (2021). *Decreto número 811 de 2021*.
- Ministerio de justicia. (2022) resolución 227 de 2022
- Ministerio de Salud y Protección Social, (1986), Ley 30 de 1986.
- Mirpoor, S. F., Giosafatto, C. V. L., & Porta, R. (2021). Biorefining of seed oil cakes as industrial co-streams for production of innovative bioplastics. A review. *Trends in Food Science and Technology*, 109, 259–270. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.014>
- MYKOLA, B., NATALIA, P., VYACHESLAV, A., & IGOR, K. (2017). *Engineered Plant Biomass For Biodiesel And Bioethanol Production*. BORYSYUK MYKOLA. <https://lens.org/146-205-062-841-846>
- NA, L. U., & ROBERT, J. R. (2015). *Hemp Fiber Reinforced Composite With Recycled High Density Polyethylene And Production Thereof*. LU NA. <https://lens.org/152-688-854-613-098>
- NA, L. U., & ROBERT, J. R. (2017). *Hemp Fiber Reinforced Composite With Recycled High Density Polyethylene And Production Thereof*. UNIV OF NORTH CAROLINA AT CHARLOTTE OP - US 37531110 P 20100820 OP - US 38670610 P 20100927. <https://lens.org/073-596-467-353-896>

- Namdar, D., Charuvi, D., Ajjampura, V., Mazuz, M., Ion, A., Kamara, I., & Koltai, H. (2019). LED lighting affects the composition and biological activity of *Cannabis sativa* secondary metabolites. *Industrial Crops and Products*, 132(February), 177–185. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.016>
- Obando, L. Delgado, Juan. (2007). Diseño de una red de participación de actores para la gestión de los sistemas de financiamiento. *Vision General*. Numero 2, Pg. 298-315. ISSN 1317-8822
- Ortiz Pabón, E., & Nagles García, N. (2013). Gestión de Tecnología e Innovación. Teoría, proceso y práctica. In *Gestión de Tecnología e Innovación. Teoría, proceso y práctica*. <https://doi.org/10.21158/9789587562552>
- Pagnani, G, Pellegrini, M., Galieni, A., D'Egidio, S., Matteucci, F., Ricci, A., Stagnari, F., Sergi, M., Lo Sterzo, C., Pisante, M., & Del Gallo, M. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in *Cannabis sativa* 'Finola' cultivation: An alternative fertilization strategy to improve plant growth and quality characteristics. *Industrial Crops and Products*, 123, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.033>
- Pagnani, Giancarlo, Pellegrini, M., Galieni, A., D'Egidio, S., Matteucci, F., Ricci, A., Stagnari, F., Sergi, M., Lo Sterzo, C., Pisante, M., & Del Gallo, M. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in *Cannabis sativa* 'Finola' cultivation: An alternative fertilization strategy to improve plant growth and quality characteristics. *Industrial Crops and Products*, 123(June), 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.033>
- Parma, M., & Baxant, P. (2018). Experimental LED Luminaire and Its Usage at Study of Plant Physiology. *7th Lighting Conference of the Visegrad Countries, LUMEN V4 2018 - Proceedings*, 0–2. <https://doi.org/10.1109/LUMENV.2018.8521002>
- Palop, Fernando, Vicente, José M. (1999). Vigilancia Tecnológica e inteligencia competitiva. Su potencial para la empresa española. COTEC. Madrid.
- PERRY, D., AARON, S., ASAF, K., & BINYAMIN, S. (2018). *Method And Device For Vaporization And Inhalation Of Isolated Substances*. SYQE MEDICAL LTD OP - IL 2015050673 W 20150630 OP - US 201462019225 P 20140630 OP - US 201462035588 P 20140811 OP - US 201462085772 P 20141201 OP - US 201462086208 P 20141202 OP - US 201562164710 P 20150521. <https://lens.org/037-245-761-749-584>
- Pinzón, Angie. Torres, Nathalia. Moreno, Denis. Grimaldo, Gloria. (2019) La vigilancia tecnológica como herramienta para el análisis de tendencias de la educación

- superior. Caso estudio: programas de ingeniería. *Revista Espacios*. Vol. 40 (N. 25) 2019.
- Pleiksnis, S., Skujans, J., Visockis, E., & Pulkis, K. (2016). *Increasing fire proofness of spropel and hemp shive insulation material*. 2016-Janua, 403–408.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84976559378&partnerID=40&md5=2087d5208d5e7005bd1da0d63d5eba29>
- Prade, T., Svensson, S.-E., Andersson, A., & Mattsson, J. E. (2011). Biomass and energy yield of industrial hemp grown for biogas and solid fuel. *Biomass and Bioenergy*, 35(7), 3040–3049. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.04.006>
- PRIYAVARDHANA, S., M, R. A. M. Y., & J, W. S. (2019). *Hemp Oil-containing Rubber Compositions And Related Methods*. BRIDGESTONE AMERICAS TIRE OPERATIONS LLC. <https://lens.org/000-855-462-695-104>
- Porras, Jaime. (2021) Los escollos del Cannabis legal en Canadá, (10/04/2021) <https://elpais.com/economia/2021-04-11/los-escollos-del-cannabis-legal-en-canada.html> Consultado el 02/10/2022)
- Portafolio (29/05/2019) Crean certificación para la industria del cannabis medicinal <https://www.portafolio.co/contenido-patrocinado/crean-certificacion-para-la-industria-del-cannabis-medicinal-529981>
- Procolombia (2022) (<https://procolombia.co/noticias/colombia-hoy/colombia-plataforma-exportadora-de-cannabis-medicinal>) publicado el 08 de febrero de 2022.
- Punja, Z K. (2021a). Emerging diseases of Cannabis sativa and sustainable management. *Pest Management Science*, 77(9), 3857–3870.
<https://doi.org/10.1002/ps.6307>
- Punja, Z K. (2021b). The diverse mycoflora present on dried cannabis (Cannabis sativa L., marijuana) inflorescences in commercial production. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 43(1), 88–100. <https://doi.org/10.1080/07060661.2020.1758959>
- Punja, Z K, & Rodriguez, G. (2018). Fusarium and Pythium species infecting roots of hydroponically grown marijuana (Cannabis sativa L.) plants. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 40(4), 498–513. <https://doi.org/10.1080/07060661.2018.1535466>
- Punja, Zamir K., & Rodriguez, G. (2018). Fusarium and Pythium species infecting roots of hydroponically grown marijuana (Cannabis sativa L.) plants. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 40(4), 498–513. <https://doi.org/10.1080/07060661.2018.1535466>
- Quintero, Julián, (2022), La era del Cambio, Una nueva política de drogas para un nuevo presidente. Cáñamo, N 24 julio/agosto/septiembre 2022.

- RAJARAM, O. A., W, H. D., DAYANTHE, E. P., ANIL, O. A., FARIDEDIN, A., XINJIE, C., & ANIL, O. G. (2019). *Process For Purification And Separation Of Cannabinoids, From Dried Hemp And Cannabis Leaves*. OROCHEM TECH INC OP - US 201715644112 A 20170707. <https://lens.org/012-482-533-750-93X>
Resolucion-227-de-2022-op.pdf. (n.d.).
- Ramirez, Juan. Naranjo, Julian. Torres, Andrea. (2019) LA INDUSTRIA DEL CANNABIS MEDICINAL EN COLOMBIA. FEDESARROLLO.
https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3823/Repore_Dicie_mbre_2019_Ram%C3%ADrez.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Ramos, B., Restrepo, D., Zuleta, P., Martínez, T. (2019). Evolución normativa de la industria para usos médicos y científicos en Colombia. Centro de estudios sobre seguridad y drogas. Universidad de los Andes.
- Redacción UdeA,(12/07/2022). Universidad de Antioquia. Fasplan y medcann pharma se unen para mejorar la producción de cannabis medicinal.
<https://acortar.link/7usYRK>
- RICHARD, A. (2018). *Method And Apparatus For Smoke-infusing Proteinaceous Foods And Smoked-infused Such Proteinaceous Food Product So-obtained*. ABLETT RICHARD. <https://lens.org/115-412-691-381-915>
- Rivera, Luis. (2017) De la Colobian gold a la cannabis medicinal. historiam desafios y enseñanzas de la marihuana << hecha en Colombia>>. En, Ediciones Bellaterra. Las sendas de la regulacion del cannabis en Espana. pp 330-345.
- Riveros, Diana. Gonzalez, Laura. (2019). Cannabis medicinal, mas que una encrucijada legal para el tratamiento de la epilepsia. Resvista La Propiedad inmaterial. N 28. Julio de 2019. pp. 259-272.
- Robledo, J. (2017). Introducción a la gestión tecnología y la innovación. *Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín Facultad de Minas*, 1–259.
https://minas.medellin.unal.edu.co/descargas/Robledo_2017_Introduccion_a_la_gestion_de_la_tecnologia_y_la_innovacion.pdf
- Rodriguez, Gustavo.Patino, Manuel. Betancourt, Monica. (2021). Physiological characterization in medical Cannabis plants during different phenological stages under biotic stress. *Agronomia Mesoamericana*. Volumen 32, N 3. DOI 15517/AM.V32I3.44443
- Russo, E. B. (2019). The case for the entourage effect and conventional breeding of

- clinical cannabis: No “Strain,” no gain. *Frontiers in Plant Science*, 9.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01969>
- S, F. R., & JOHN, M. (2019). *Industrial Hemp Cannabis Cultivars And Seeds With Stable Cannabinoid Profiles*. NEW WEST GENETICS OP - US 201662342658 P 20160527. <https://lens.org/109-922-684-210-694>
- SALVATORE, C. (2021). *Cannabis plant named ‘Divina.’* PHYTOPLANT RES S L OP - US 201816350538 V. <https://lens.org/148-489-659-804-896>
- Sandler, L. N., & Gibson, K. A. (2019). A call for weed research in industrial hemp (*Cannabis sativa* L). *Weed Research*, 59(4), 255–259.
<https://doi.org/10.1111/wre.12368>
- Sánchez, Camilo. (2023) El negocio del cannabis naufraga en la economía colombiana. El país. 15/06/2023. <https://elpais.com/america-colombia/2023-07-15/el-negocio-del-cannabis-naufraga-en-la-economia-de-colombia.html>
- Savage, Max. (2021) What is HHC. Leafly (10/12/2021)
<https://www.leafly.com/news/strains-products/what-is-hhc>
- Schluttenhofer, C., & Yuan, L. (2017). Challenges towards Revitalizing Hemp: A Multifaceted Crop. *Trends in Plant Science*, 22(11), 917–929.
<https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.08.004>
- Semana, (05/08/2022) <https://www.semana.com/politica/articulo/gustavo-bolivar-radico-proyecto-de-ley-que-busca-permitir-la-marihuana-recreativa/202243/>
- Skřivan, M., Englmaierová, M., Vít, T., & Skřivanová, E. (2019). Hempseed increases gamma-tocopherol in egg yolks and the breaking strength of tibias in laying hens. *PLoS ONE*, 14(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217509>
- SOFIE, G., & TOM, V. (2021). *Means and methods for plant yield enhancement*. APHEA BIO NV. <https://lens.org/191-921-837-779-697>
- Stats, Anastasia. Sweat, Ken G. Masson, Robert N. Conrow, Kendra. Fazier, Amy E. Leung, Maxwell C.K. The Desert Whale: the boom and bust of hemp in Arizona. *Journal of Cannabis research*. Volume 5, Issue 1, December 2023, Article number 19.
- SU, J. J., JUNG, P. H. Y. E., YOUN, K. I. M. J. I., SOOK, K. I. M. H. E. E., RI, K. I. M. C. D. O., & HYON, L. E. E. M. U. N. (2019). *A Novel Seed Juice Having Improved Anti-hypertensive Activity*. LEE MUN HYUN. <https://lens.org/069-843-231-319-641>
- Super Intendencia de Industria y Comercio. (2021). Usos medicinales del cannabis. Boletín tecnológico. Recuperado de:

- https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/2021/Cannabis_medicinal_boletin.pdf
- Tabari, M. A., Khodashenas, A., Jafari, M., Petrelli, R., Cappellacci, L., Nabissi, M., Maggi, F., Pavela, R., & Youssefi, M. R. (2020). Acaricidal properties of hemp (*Cannabis sativa* L.) essential oil against *Dermanyssus gallinae* and *Hyalomma dromedarii*. *Industrial Crops and Products*, 147. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112238>
- Tasca, J. E., Ensslin, L., Ensslin, S. R., & Alves, M. B. M. (2010). An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. *Journal of European Industrial Training*, 34(7), 631–655. <https://doi.org/10.1108/03090591011070761>
- Therapeutic Goods Administration. (2019). *Therapeutic Goods (Standard for Medicinal Cannabis) (TGO 93) Order 2018* [online]. Available from: <https://www.legislation.gov.au/Details/F2019C00328>
- Therapeutic Goods Administration. (2018). *Therapeutic Goods (Microbiological Standards for Medicines) (TGO 100) Order 2018* [online]. Available from: <https://www.legislation.gov.au/Details/F2018L01685>
- Toro, Jonathan. (2021) Estos son las economías que más ingresos reciben con el negocio de cannabis medicinal. La República. 15/03/2021. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/estos-son-los-paises-que-mas-ganan-con-el-negocio-de-la-cannabis-medicinal-en-el-mundo-3138950>
- Universidad Santiago de Cali (2021). Universidad Santiago de Cali y Cannabiswell firman convenio marco de cooperación. Notas periodísticas. <https://www.usc.edu.co/index.php/noticias/item/6599-universidad-santiago-de-cali-y-cannabiswell-firman-convenio-marco-de-cooperacion>
- Valizadehderakhshan, M., Shahbazi, A., Kazem-Rostami, M., Todd, M. S., Bhowmik, A., & Wang, L. (2021). Extraction of cannabinoids from *Cannabis sativa* L. (hemp)-review. *Agriculture (Switzerland)*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/agriculture11050384>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vandepitte, K., Vasile, S., Vermeire, S., Vanderhoeven, M., Van der Borght, W., Latré, J., De Raeve, A., & Troch, V. (2020). Hemp (*Cannabis sativa* L.) for high-value textile applications: The effective long fiber yield and quality of different hemp varieties, processed using industrial flax equipment. *Industrial Crops and Products*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112969>

- Vujanovic, V., Korber, D. R., Vujanovic, S., Vujanovic, J., & Jabaji, S. (2020). Scientific prospects for cannabis-microbiome research to ensure quality and safety of products. In *Microorganisms* (Vol. 8, Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8020290>
- WAYNE, G., SHEA, A., & JUSTIN, F. (2020). *Terpene-based compositions, methods of preparations and uses thereof*. ELEVATE TECH LLC OP - US 201815889112 A OP - US 201762456047 P. <https://lens.org/092-152-517-874-633>
- Wilson, H., Bodwitch, H., Carah, J., Daane, K., Getz, C., Grantham, T. E., & Van Butsic. (2019). First known survey of cannabis production practices in California. *California Agriculture*, 73(3), 119–127. <https://doi.org/10.3733/ca.2019a0015>
- WOON, L. C. H. I., T, L. J. H., SABAHUDIN, H., EDMOND, L. A. M., YALI, L. I. U., B, M. K., KHALED, M., & DENIS, R. H. O. (2011). *Cellulose Nanocrystals From Renewable Biomass*. CA NAT RESEARCH COUNCIL. <https://lens.org/103-609-025-651-34X>
- WOON, L. C. H. I., T, L. J. H., SABAHUDIN, H., EDMOND, L. A. M., YALI, L. I. U., B, M. K., KHALED, M., & DENIS, R. H. O. (2016). *Cellulose Nanocrystals From Renewable Biomass*. NAT RES COUNCIL CANADA OP - US 28209409 P 20091215. <https://lens.org/147-894-489-868-573>
- Wu, Y., Xia, C., Cai, L., Shi, S. Q., & Cheng, J. (2018). Water-resistant hemp fiber-reinforced composites: In-situ surface protection by polyethylene film. *Industrial Crops and Products*, 112, 210–216. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.014>
- Wylie, S. E., Ristvey, A. G., & Fiorellino, N. M. (2021). Fertility management for industrial hemp production: Current knowledge and future research needs. *GCB Bioenergy*, 13(4), 517–524. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12779>
- Yep, B., Gale, N. V., & Zheng, Y. (2020). Comparing hydroponic and aquaponic rootzones on the growth of two drug-type Cannabis sativa L. cultivars during the flowering stage. *Industrial Crops and Products*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112881>
- Zambrano, A., Romero-Perdomo, F., Santana Medina, J., Ovalle Másmela, J., Uribe Galvis, C. (2023). *Análisis competitivo del cultivo de Cannabis spp. y Erythroxylum coca en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)
- Zapata, Alejandra. (2022). Los altos Costos de producir cannabis preocupan a productores. El colombiano, 31/10/2022.

<https://www.elcolombiano.com/negocios/los-altos-costos-de-producir-cannabis-preocupan-a-productores-KI19005258>

Zegada-Lizarazu, W., & Monti, A. (2011). Energy crops in rotation. A review. *Biomass and Bioenergy*, 35(1), 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.08.001>

Zhang, S. A., Feng, C. Y., Feng, L., Wang, S. F., Zhang, X., Wang, Q. F., Zhang, K. M., Fan, L. K., & Wang, Y. Y. (2021). Allelopathic research on hemp (*Cannabis sativa* L.): Current status. *Allelopathy Journal*, 53(2), 259–272. <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2021-53-2-1342>

Zheng, Y. (2021). Soilless production of drug-type *Cannabis sativa*. In *Acta Horticulturae* (Vol. 1305, pp. 375–382). <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1305.49>

Zhou, Y., Wang, S., Lou, H., & Fan, P. (2018). Chemical constituents of hemp (*Cannabis sativa* L.) seed with potential anti-neuroinflammatory activity. *Phytochemistry Letters*, 23, 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2017.11.013>

Zuluaga, Mauricio. (2022) Buenas ganancias, negocio del cannabis le dio a Canada mas de US\$35.000 millones. 06/06/2022 <https://www.larepublica.co/globoeconomia/buenas-ganancias-negocio-del-cannabis-le-dio-a-canada-mas-de-us-35-000-millones-3377013>