

Investigación

Trabajo de Grado

IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS QUE AFECTAN EL CULTIVO DE CANNABIS DE USO INDUSTRIAL



Universidad
Popular del Cesar

Departamento
de Microbiología



Universidad
Popular del Cesar

**IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS QUE AFECTAN EL
CULTIVO DE CANNABIS DE USO INDUSTRIAL**

Trabajo de grado desarrollado por:

Dollis Nayelis Vence Parra

Presentado al:

Departamento de Microbiología

Facultad de Ciencias Básicas

Universidad Popular del Cesar

Línea de Investigación

Bioprospección

Director

Dalia Blanchard Martínez.

Valledupar, Colombia.

Septiembre– 2025



Universidad
Popular del Cesar

**IDENTIFICACIÓN DE HONGOS FITOPATÓGENOS QUE AFECTAN EL
CULTIVO DE CANNABIS DE USO INDUSTRIAL**

Presentado al

Departamento de Microbiología
Facultad de Ciencias Básicas
Universidad Popular del Cesar

Línea de Investigación
Bioprospección

Valledupar, Colombia.
Septiembre– 2025

1. RESUMEN

Las plantas de *Cannabis sp.* han sido cultivadas principalmente por sus propiedades psicoactivas y terapéuticas, derivadas de sus cannabinoides. En Colombia, aunque se ha avanzado en el cultivo cannabis aún persisten retos fitosanitarios. Uno de los problemas que afecta el cultivo de cannabis está relacionado con la presencia de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, que provocan pérdidas económicas al reducir la calidad del producto final. El objetivo de esta investigación fue identificar los hongos fitopatógenos que afectan el cultivo de cannabis, contribuyendo a la generación de información científica referente al tema. La metodología se desarrolló en las siguientes fases: germinación de plántulas de cannabis, siembra de plántulas germinadas en suelo, seguimiento de su crecimiento y desarrollo, identificación de plántulas con sintomatología, siembra en agar malta con adición de cloranfenicol de los tejidos muestreados, aislamiento e identificación taxonómica de los hongos aislados. Como resultado, se identificaron tres hongos fitopatógenos: *Fusarium solani*, *Pythium spp.* y *Aspergillus fumigatus*.

Palabras clave: *Cannabis sp.*, Psicoactivo, terapéutico, hongos, fitopatógenos, Pérdidas, Calidad del producto final, Aislamiento, Identificación, Generación de información científica.



ABSTRACT

Cannabis sp. plants have been cultivated primarily for their psychoactive and therapeutic properties, derived from their cannabinoids. In Colombia, although progress has been made in cannabis cultivation, phytosanitary challenges persist. One of the problems affecting cannabis cultivation is related to the presence of diseases caused by phytopathogenic fungi, which cause economic losses by reducing the quality of the final product. The objective of this research was to identify the phytopathogenic fungi that affect cannabis cultivation, contributing to the generation of scientific information on the topic. The methodology was developed in the following phases: germination of cannabis seedlings, planting of germinated seedlings in soil, monitoring their growth and development, identification of symptomatic seedlings, planting of sampled tissues on malt agar with the addition of chloramphenicol, isolation, and taxonomic identification of the isolated fungi. As a result, three phytopathogenic fungi were identified: *Fusarium solani*, *Pythium spp.*, and *Aspergillus fumigatus*.

Keywords: *Cannabis sp.*, Psychoactive, therapeutic, fungi, phytopathogens, Losses, Final product quality, Isolation, Identification, Generation of scientific information.

TABLA DE CONTENIDO

1. Resumen	4
Abstrac	5
2. Introducción	7
3. Planteamiento del problema	8
4. Justificación	10
5. Objetivo general	13
6. Objetivos específicos	13
7. Marco teórico	14
7.1 Marco conceptual	16
7.2 Antecedentes de la investigación	22
7.3 Marco legal de cannabis en Colombia	26
8. Metodología	29
9. Resultados	36
9.1 Seguimiento del crecimiento de las plántulas.....	36
9.2 Identificación de aislamientos obtenidos	39
9.3 Datos estadísticos	42
10. Discusión	45
11. Conclusión	49
12. Recomendaciones	50
13. Referencias bibliográficas	52
14. Anexos	56

2. INTRODUCCIÓN

La presencia de hongos fitopatógenos en las plantas de cannabis provoca una serie de enfermedades, que afectan las etapas de crecimiento de la planta y reducen su desarrollo, afectando zonas como las raíces, la copa y el follaje (Punja et al., 2019). La flor de cannabis constituye la principal forma de consumo y prescripción en los mercados de cannabis medicinal, lo que la posiciona como un producto estratégico para la exportación en Colombia; En este contexto, la actualización de la normatividad que regula su uso industrial ha favorecido un incremento sostenido en la demanda tanto a nivel nacional como internacional (Uribe, 2022).

Dentro de los principales síntomas que desarrollan las plantas infectadas por hongos fitopatógenos se destacan: enardecimiento de raíces, decoloración de los tejidos de la corona y la médula, retraso del crecimiento y coloración amarillenta de las plantas y, en algunos casos, muerte de las mismas (Punja et al., 2019).

En Colombia el número de investigaciones y/o publicaciones sobre microorganismos patógenos que afectan el cultivo de cannabis es bajo, comparado con otros temas de investigación, debido a su reciente aprobación del marco normativo y los permisos relacionados para cultivar, transformar, exportar cannabis y productos derivados (Castañeda, 2019), lo que genera la necesidad de realizar más estudios sobre los patógenos que afectan este cultivo, con el fin de contribuir al desarrollo de métodos de control para las enfermedades emergentes.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los principales desafíos que enfrenta el cultivo de cannabis es la incidencia de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos (Punja 2021). La identificación de estos organismos, junto con el control efectivo de su propagación, resulta fundamental para mitigar las pérdidas económicas y productivas en la industria de cannabis medicinal e industrial (Vidal 2023). En la literatura reportada por McPartland (1992) se determinó que existen más de 420 Taxa de patógenos de *Cannabis* representadas aproximadamente en 88 especies, las cuales son las principales causantes de enfermedades que ocasionan problemas para los cultivadores. Uno de los hongos fitopatógenos más significativo en el cultivo de cannabis es el moho gris, causado por *Botrytis cinérea*, el cual provoca en las plantas marchitamiento, clorosis de los tejidos y reducción del tamaño de los tallos (Martínez et al., 2020).

La presencia de hongos fitopatógenos en las plantas de cannabis provoca una serie de enfermedades cómo, manchas amarillas y marrones en las hojas causadas por *Botrytis cinérea*, podredumbre radicular causada por *Fusarium* spp, el cancro del cáñamo, causada por *Sclerotinia sclerotiorum*, marchitamiento de las plantas causado principalmente por *Pythium* spp, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea*, *Macrophomina phaseolina* y varias especies de *Fusarium*, como *F. solani*, *F. oxysporum*, *F. sulphurem*, *F. avenaceum*, y *F. graminearum* (McPartland, 1992).

Así mismo, hay hongos que colonizan y afectan las inflorescencias (disposición de las flores) durante el desarrollo o después de la cosecha, y que, sumado a la colonización de los tejidos internos como endófitos, reducen la calidad del producto, esto se traduce en una pérdida económica

para los productores que dependen de una planta totalmente sana para obtener buenos rendimientos en la extracción de CBD y un producto terminado de calidad (Punja et al. 2019).

De las pérdidas económicas en diferentes tipos de cultivos, se resaltan las causadas por diferentes tipos de organismos, se considera que, al menos el 20-40% de estas pérdidas son causadas por infecciones patógenas y representan pérdidas de 40 mil millones de dólares por año en todo el mundo (Roca-Couso et al. 2021); y además las variaciones en estas enfermedades dependen de factores como el clima, la cultura y la agresividad del agente causal (Fontana., 2021). La FAO (Organización para la Agricultura y la Alimentación) estima que el 14 % de las pérdidas en la producción agrícola mundial se deben a enfermedades en las plantas. Estas enfermedades son causadas principalmente por hongos y bacterias, que representan el 42 % y el 27 % de las pérdidas respectivamente (Roca-Couso et al., 2021). Por lo tanto, la presencia de hongos fitopatógenos en el cultivo de cannabis afecta su desarrollo, crecimiento y la calidad final de los productos obtenidos a partir de las plantas de cannabis.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el impacto de los hongos fitopatógenos aislados en el presente estudio sobre el desarrollo y la productividad del cultivo de cannabis de uso industrial?

4. JUSTIFICACIÓN

Cannabis sp. es una planta que ha sido cultivada por el ser humano desde tiempos remotos, principalmente por sus propiedades psicoactivas y terapéuticas. Estos efectos se deben a dos de las moléculas más destacadas dentro del grupo de los cannabinoides (el CBD y THC), las cuales se generan a través del metabolismo secundario de esta especie (Torres & Gómez 2019). En la actualidad, tanto el uso como la investigación sobre cannabis, ya sea en aplicaciones medicinales o industriales, han ganado gran popularidad, no obstante, todavía persisten numerosos retos relacionados con las enfermedades que afectan este cultivo, con el acceso a mercados globales, la legalidad del cultivo y su connotación ilícita al relacionarse con el narcotráfico (Vidal, 2023).

En Colombia el cultivo de cannabis con fines medicinales e industriales representa una alternativa productiva que se encuentra enmarcada en la Ley 1787 de 2016. Las cifras de este mercado son optimistas e indican que el mercado legal de cannabis a nivel mundial se encuentra estimado en 12.000 millones de dólares en 2018, y que podría llegar a los 166.000 millones de dólares en 2025 (Patiño et al., 2022). Las cifras económicas que se calculan para Colombia, se estiman que son del 0,5 % del PIB (25), adicional a ello, la compañía ProColombia estima que será un mercado de más de 43.000 millones de dólares para el año 2025 (Castañeda, 2019). Por otro lado, con la reciente legalización del uso medicinal y científico de cannabis, además de su reciente y renovado marco normativo para su uso industrial en Colombia, se ha presentado una panorámica para el ámbito socioeconómico, que ofrece oportunidades principalmente por el potencial terapéutico e industrial. Por esto se hace necesario para el cultivo y el mercado de cannabis de uso medicinal, científico e industrial en el país, desarrollar buenas prácticas agrícolas, controlar su

cultivo, producción y comercialización, a fin garantizar la trazabilidad del cultivo y la calidad del producto terminado. (Martínez et al., 2020).

La flor es la parte de la planta más consumida y recetada en los mercados de cannabis medicinal, que son objetivo de exportación en Colombia, y actualmente con la renovada normatividad para el uso industrial se acrecienta la demanda nacional e internacional de la misma (Castañeda, 2019). La flor seca de cannabis o el cáñamo representa un 53% del total de ventas en Alemania, país que abarca el 75% del mercado retail de cannabis en Europa y que depende de la totalidad de las importaciones. La participación de esta parte de la planta en Canadá es del 73% de las unidades vendidas y en EE. UU, se encuentra por encima del 40% de las ventas (Castañeda, 2019)

En Julio de 2020, el Ministerio de Justicia y del Derecho de Colombia indicó que, para el gobierno nacional, el cannabis medicinal representa una nueva oportunidad para impulsar la reactivación económica tras la pandemia. El marco normativo implementado recientemente no solo ha permitido que esta iniciativa se convierta en un proyecto estratégico y de interés nacional para fines medicinales, sino también en un cultivo con un gran potencial para fomentar el desarrollo agrícola e industrial. Esto se debe a su amplia gama de aplicaciones, que incluyen la medicina, la agricultura, la ganadería, la industria alimentaria y de bebidas, la cosmética, la producción de biocombustibles, así como en la fabricación de papel, plásticos, textiles, aceites, suplementos nutricionales, materiales de construcción y alimentos para animales.

Se cree que para el 2030, esta industria promete generar cerca de 44 mil puestos de trabajo y tiene una proyección de incremento de las exportaciones que llegarían a 11,93 millones de dólares para ese mismo año; a la fecha se ha exportado a más de 26 países y se cree duplicar el número de

países a donde se aumentarían las exportaciones (Martínez et al., 2020).

La actividad agrícola del cultivo de cannabis, requiere conocer los diferentes riesgos asociados al desarrollo del cultivo en sus diferentes etapas, especialmente aquellos riesgos biológicos, relacionados con la presencia de enfermedades causadas por microorganismos, en especial bacterias y hongos fitopatógenos, que afectan las zonas foliares, tallos y raíces de *Cannabis* (Vidal, 2023). Es por esto, que en esta investigación se pretende identificar los hongos fitopatógenos que afectan el cultivo de cannabis, con la finalidad de contribuir en la generación de información científica, que permitan tomarse como referencia para el control y desarrollo de planes de tratamiento de estas enfermedades.



5. OBJETIVO GENERAL:

Identificar hongos fitopatógenos que afectan el cultivo de cannabis de uso industrial.

6. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Aislar hongos fitopatógenos de las zonas foliar y tallos de las plantas de *Cannabis* con sintomatología.
- Identificar por medio de claves dicotómicas los hongos fitopatógenos aislados de las plantas con sintomatología.



1. METODOLOGÍA

Tipo de estudio: Descriptivo con fase de campo.

Línea de investigación: bioprospección.

Universo y población: cultivo de *Cannabis sativa L.* localizado en la Vereda Montes Grandes, municipio de Pueblo Bello - Cesar

Muestra óptima de trabajo: plantas de *Cannabis sativa L.* con sintomatología característica de la presencia de hongos fitopatógenos.

Diseño metodológico: Transeccional descriptivo.

DESAROLLO DE LA METODOLOGÍA:

Fase de campo:

1. Siembra y germinación de plántulas de cannabis.

La fase de campo se inició en el mes de febrero de año 2024, se adquirieron 20 semillas certificadas de cannabis las cuales fueron sembradas en bolsas negras con 100 gr de tierra creando un semillero de 20 plántulas (como se muestran en las imágenes 1,2,3). Posteriormente se realizó seguimiento proporcionando las condiciones ambientales para su crecimiento (temperatura, humedad, porcentaje de agua), este seguimiento se realizó 2 veces por semana durante 15 días, hasta observar la germinación de las semillas (como se muestra en las imágenes 4, 5).



Img. 1 semillas de cannabis (20 und).



Img. 2 Semilleros para plantas de cannabis.



Img. 3 Siembra de semillas de *Cannabis sativa L.* en



Img 4. Plantas de cannabis germinadas a los 8 días de siembra.



Img 5. Plantas de cannabis germinadas a los 15 días de siembra.

2. Traslado de plántulas de cannabis germinadas al suelo:

Pasados 15 días se procedió con la siembra de las plántulas de cannabis en el suelo, para esto se escogió un lugar estratégico donde la planta recibiera la luz solar suficiente para su crecimiento y se adecuó un sistema de riego activado 3 veces por semana para así garantizar la hidratación necesaria para su correcto desarrollo.

3. Seguimiento del crecimiento y desarrollo de las plantas de cannabis.

Después de la siembra de las plantas de cannabis germinadas en suelo, se esperó una fase de adaptación de 15 días. Pasados los 15 días de adaptación, se realizó el seguimiento de su crecimiento y desarrollo de manera semanal durante 20 semanas.

Procedimiento para los aislamientos de los hongos fitopatógenos de las zonas foliar (flores y hojas) y tallos de las plantas que presenten sintomatología.

1. Identificación de plántulas con sintomatología.

Se realizó el monitoreo de las plántulas y cada una de sus partes, hasta llegar a su etapa adulta, identificando tejidos (tallos, hojas, y flores) con sintomatología característica, como clorosis en los tejidos, marchites, lesión necrótica, manchas amarillas, pudrición del tallo, etc., producidas por hongos fitopatógenos presentes en cultivo.

2. Toma de muestra de los órganos afectados.

Luego de la identificación de los tejidos afectados, se procedió con la toma de muestras de hojas, flores y tallos, utilizando tijeras y bisturí estériles (Patiño et al., 2022) Las muestras tomadas fueron depositadas en bolsas estériles para luego ser trasladadas al laboratorio de Biotecgen de la Universidad Popular del Cesar. Los órganos con sintomatología se muestran a continuación:



Img. 6 hojas de planta de cannabis con lesión necrótica



Img. 7 hojas de planta de cannabis con marchitamiento

Hojas con sintomatología



Flor y hojas de cannabis con sintomatología

Img. 8 flor de cannabis con marchitez y necrosis



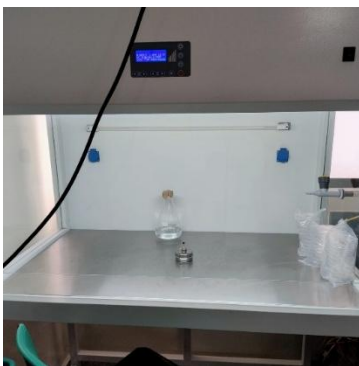
Tallo de planta con sintomatología

Img. 9 tallo de planta de cannabis con hojas que presentan manchas amarillas.

Fase de laboratorio

3. Limpieza y desinfección de los tejidos muestreados:

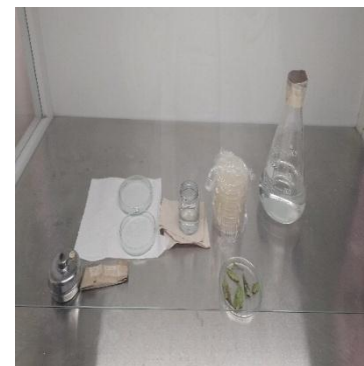
En el laboratorio de Biotecgen se procedió con la limpieza de los tejidos con agua destilada estéril y posteriormente se desinfectaron con alcohol al 70% durante 3 minutos. (Patiño et al., 2022)



Img. 10 desinfección de cabina de flujo laminar para realizar los aislamientos.



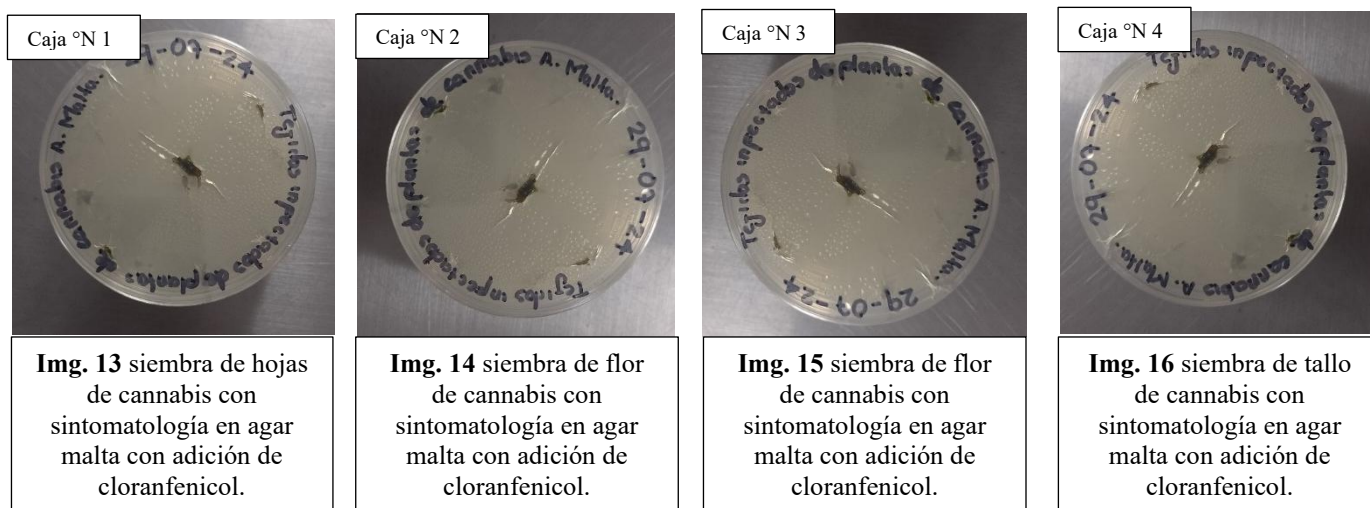
Img. 11 preparación de tejidos muestreados y medios de cultivo.



Img. 12 limpieza y desinfección de los tejidos muestreados.

4. Siembra en agar de los tejidos muestreados:

Las muestras fueron inoculadas en el medio de cultivo Agar Malta con adición de cloranfenicol para evitar el crecimiento de bacterias presentes en los tejidos obtenidos y garantizar el crecimiento exclusivo de los hongos. Posteriormente se incubaron durante 8 días a temperatura ambiente (Patiño et al., 2022).



5. Elaboración de subcultivos:

Los hongos miceliales que crecieron en la primera generación se cultivaron de manera individual en un nuevo medio de cultivo de agar malta con la finalidad de obtener subcultivos puros, y se incubaron durante 8 días a temperatura ambiente (Patiño et al., 2022).

Procedimiento para la identificación por medio de claves dicotómicas los hongos fitopatógenos aislados de las zonas foliar (flores y hojas) y tallos de las plantas con sintomatología.

6. Identificación taxonómica de los hongos aislados por medio de las claves dicotómicas reportadas por: CBS de Holanda (Walter Gams, 1975).

Identificación macroscópica y microscópica:

Se observaron características macroscópicas como color, textura y velocidad de crecimiento de cada uno de los hongos aislados para la identificación macroscópica (Walter Gams, 1975).

Se realizaron montajes en azul de lactofenol y agua, posteriormente fueron observados utilizando microscopio OLYMPUS CH30 en los objetivos de 4x, 10x y 40x observando sus características microscópicas individualmente (Vidal, 2023).

Identificación taxonómica en laboratorio externo para confirmación:

A partir de los aislamientos obtenidos, se procedió con la identificación individual de cada muestra en un laboratorio certificado. Este proceso se llevó a cabo en los laboratorios COLCAN, ubicados en la ciudad de Valledupar, donde se realizó la identificación de hongos filamentosos mediante el examen ICA (Identificación de Cultivo Aislado), el cual incluye la observación microscópica de las estructuras fúngicas características.



10. RESULTADOS

10.1 Seguimiento del crecimiento de las plántulas

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del seguimiento al desarrollo de las plántulas de cannabis analizadas en este estudio, realizado a las 4 semanas después de la siembra en suelo, con evaluaciones posteriores a las 8, 12, 16 y 20 semanas, respectivamente.

Seguimiento en las primeras 4 semanas (Imágenes 17, 18, 19)



Img. 17 seguimiento en las primeras 4 semanas.



Img. 18 seguimiento en las primeras 4 semanas.



Img. 19 seguimiento en las primeras 4 semanas.

Seguimiento a las 8 semanas (imágenes 20, 21, 22)



Img. 20 seguimiento pasadas 8 Semanas.



Img. 21 seguimiento pasadas 8 Semanas.



Img. 22 seguimiento pasadas 8 semanas.

Seguimiento a las 12 semanas (imágenes 23, 24, 25)



Img. 23 seguimiento
pasadas 12 semanas



Img. 24 seguimiento
pasadas 12 semanas



Img. 24 seguimiento
pasadas 12 semanas

Seguimiento a las 16 semanas (imágenes 26, 27, 28)



Img. 26 seguimiento
pasadas 16 semanas



Img. 27 seguimiento
pasadas 16 semanas



Img. 28 seguimiento
pasadas 16 semanas



Seguimiento a las 20 semanas (imágenes 29, 30, 31)



Img. 29 seguimiento
pasadas 20 semanas



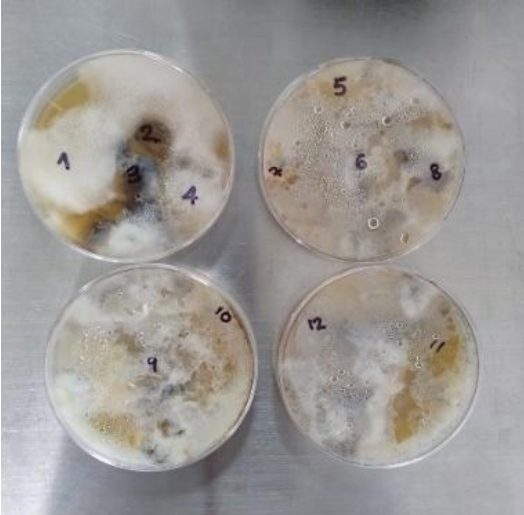
Img. 30 seguimiento
pasadas 20 semanas

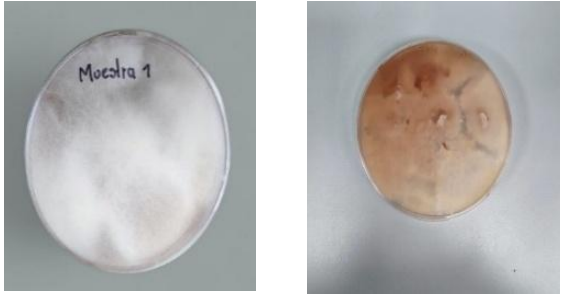
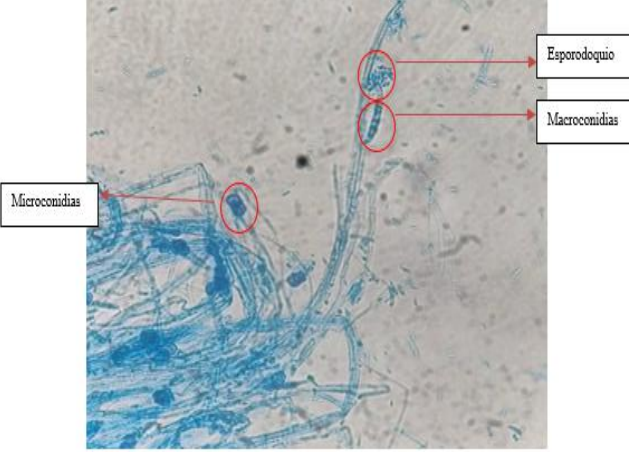
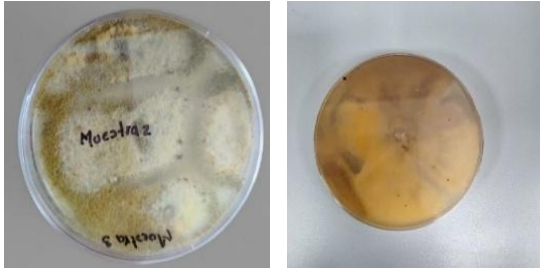
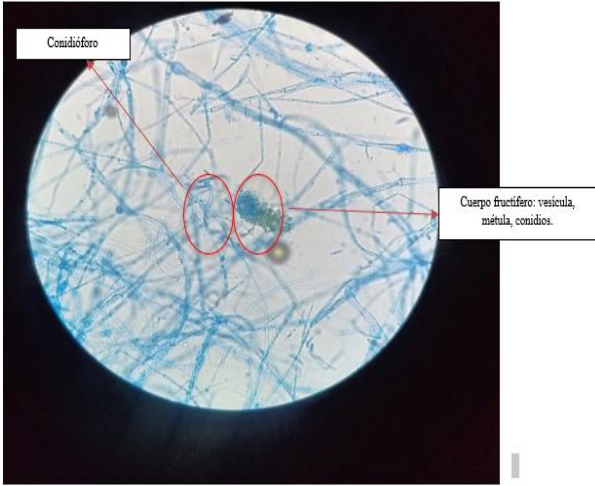


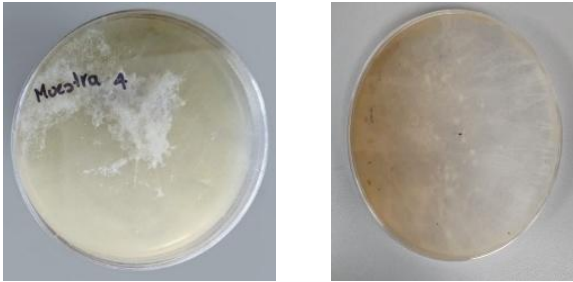
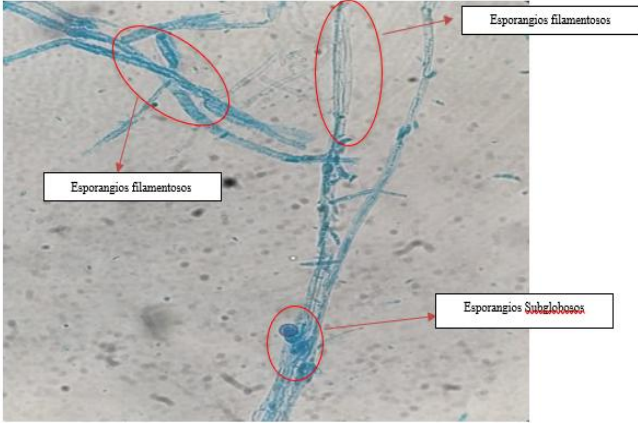
Img. 31 seguimiento
pasadas 20 semanas

10.2 Identificación de aislamientos obtenidos.

Tabla 1: Resultados de los aislamientos obtenidos.

Resultado obtenido	Evidencia fotográfica
<p>1. Pasados 8 días después de la primera siembra de los tejidos afectados (hojas, flores y tallos) se observaron 12 colonias de hongos distribuidas en 4 cajas de Petri.</p> <p>2. De las 12 colonias se evidenció y corroboró que 5 presentaban las mismas características macroscópicas, es decir, eran duplicados, por lo tanto, pertenecían al mismo crecimiento.</p> <p>Las características macroscópicas de las colonias observadas se describen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colonias color blanco, con textura algodonosa. • Colonias color verde, con textura polvorienta. • Colonias color blanco, con textura algodonosa y micelio escaso. 	
<p>3. Resultados de los subcultivos:</p> <p>En agar malta se realizó un segundo aislamiento o subcultivo, con el fin de obtener cepas puras. Obteniéndose 4 aislamientos, descritos a continuación de manera macroscópica y microscópica.</p>	

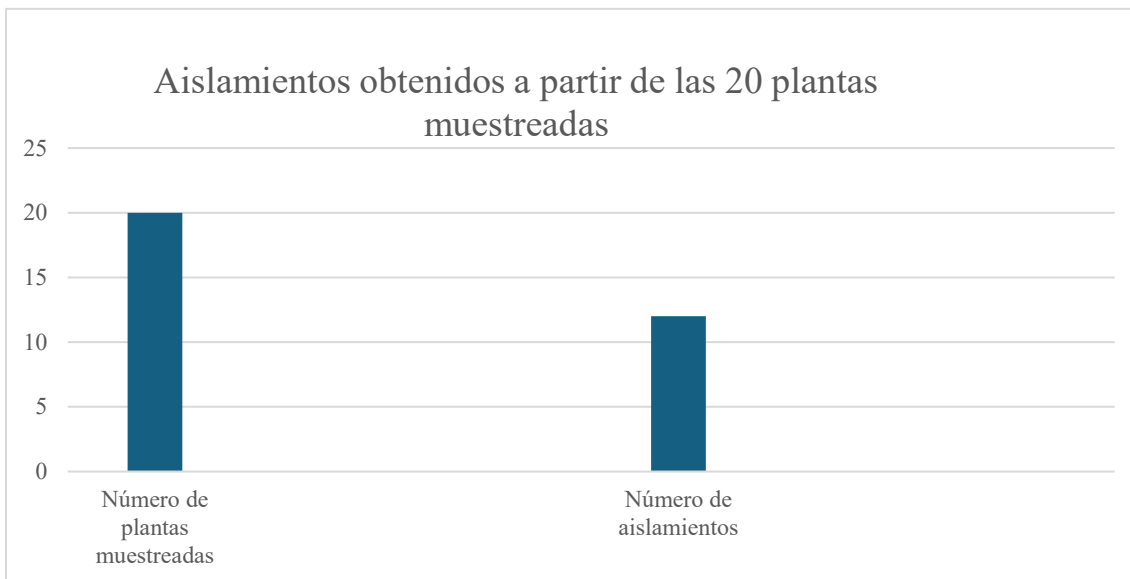
<p>Descripción macroscópica aislamiento 1</p>	<p>Descripción microscópica aislamiento 1</p>
<p>El aislamiento 1 fue obtenido a partir del tallo de las plantas con sintomatología característica, del cual se aisló el hongo <i>Fusarium solani</i>.</p> <p>En las características macroscópicas se observan colonias de crecimiento rápido, blanquecinas, azuladas o violáceas, con textura algodonosa.</p> 	<p>En este montaje al microscopio, se observan en el objetivo de 40x conidios elipsoides ligeramente curvados y microconidios, en el campo óptico.</p> 
<p>Descripción macroscópica aislamiento 2 y 3</p>	<p>Descripción microscópica aislamiento 2 y 3</p>
<p>Los aislamientos 2 y 3 fueron obtenidos a partir de la flor de cannabis con sintomatología característica, de la cual se aisló en hongo <i>Aspergillus fumigatus</i>.</p> <p>En las características macroscópicas se observan colonias aterciopeladas, de crecimiento rápido, con una tonalidad gris verdoso, el reverso de la caja presentó un color amarillo pálido.</p> 	<p>En este montaje al microscopio en el objetivo de 40x se observa el cuerpo fructífero del hongo, conidióforos cortos con vesículas piriformes y métula.</p> 

Descripción macroscópica aislamiento 4	Descripción microscópica aislamiento 4
<p>El aislamiento 4 fue obtenido a partir de hojas de plantas con sintomatología característica, del cual se aisló en hongo <i>Pythium sp.</i></p> <p>En las características macroscópicas se observaron colonias con textura algodonosa, de color blanco, con un color beige ligero en el reverso de la caja y textura algodonosa.</p> <div data-bbox="186 661 755 940">  </div>	<p>En el montaje al microscopio observado en el objetivo de 40x, se visualizan esporangios terminales, y oosporas globosas con paredes gruesas en el campo óptico.</p> <div data-bbox="847 552 1481 972">  </div>



10.3 DATOS ESTADISTICOS

De las 20 plantas muestreadas, se obtuvieron 12 aislamientos iniciales, graficados a continuación con su respectiva frecuencia de crecimiento:



Gráfica 1: Aislamientos obtenidos a partir de las 20 plantas muestreadas.

Tabla 2: Frecuencia por género y especie de los aislamientos obtenidos.

Total de aislamientos obtenidos (12)	Frecuencia de crecimiento por género y especie	Género y especie aislado a partir de las colonias obtenidas en la primera generación.
	28,57%	<i>Fusarium solany</i>
	41.6 %	<i>Aspergillus fumigatus</i>
	25 %	<i>Pythium spp</i>

La identificación de los hongos aislados se realizó utilizando las claves dicotómicas reportadas por el CBS de Holanda (Walter Gams, 1975), las cuales consideran tanto características macroscópicas como microscópicas de los aislamientos obtenidos.

Fusarium solani pertenece al **Reino Fungi**, **División Ascomycota**, **Género Fusarium**, y **Especie solani**.

- **Características macroscópicas:** colonias de crecimiento rápido, blanquecinas, azuladas o violáceas, viscosas debido a la abundante esporulación.
- **Características microscópicas:** conidióforos largos y poco ramificados que contienen microconidios en gotas acuosas, conidióforos más compactos y esporodoquiales que contienen macroconidios en masas viscosas. Microconidios elipsoides, ligeramente curvados y clamidosporas terminales hialinas y rugosas.

Aspergillus fumigatus se clasifica en el **Reino Fungi**, **Familia Aspergillaceae**, **Género Aspergillus**, y **Especie fumigatus**.

- **Características macroscópicas:** Las colonias son aterciopeladas o flocosas, de crecimiento rápido, con tonalidades azul verdoso o gris verdoso. El reverso puede ser incoloro o amarillento.
- **Características microscópicas:** Presenta conidióforos cortos con vesículas piriformes, de las cuales emergen fiálides que producen cadenas basípetas de conidios de color verde.



Pythium spp. pertenece al **Reino Protista**, **Filo Oomycota**, **Familia Pythiaceae**, **Género Pythium**.

- **Características macroscópicas:** Colonia densa y algodonosa, de color blanco, con un color beige ligero en el reverso de la caja.
- **Características microscópicas:** hifas cenocíticas (sin septos transversales), esporangios terminales o intercalares (estructuras productoras de esporas) y oosporas (estructuras de resistencia), generalmente globosas y con paredes gruesas.

En la siguiente tabla se relacionan el número de plantas analizadas y los órganos afectados por cada planta.

Tabla 3: Número de plantas de estudio y órganos afectados por planta de *Cannabis sativa L.*

Numero de plantas muestreadas	Órganos afectados de cada planta		
	Tallos	Hojas	Flores
Planta 1	x	x	x
Planta 2		x	x
Planta 3		x	x
Planta 4		x	
Planta 5			
Planta 6	x		
Planta 7	x		
Planta 8		x	
Planta 9		x	
Planta 10		x	x
Planta 11	x		x
Planta 12	x		x
Planta 13	x		
Planta 14		x	
Planta 15		x	
Planta 16		x	
Planta 17	x		
Planta 18		x	
Planta 19	x	x	
Planta 20	x	x	

11. DISCUSIÓN

Los tejidos afectados de las 20 plantas analizadas fueron hojas, tallos y flores, mostrando sintomatologías características como clorosis, marchitez, amarillamiento y crecimiento retardado. Esto se atribuye a la presencia de los hongos identificados de los 12 aislamientos obtenidos, encontrando en este estudio a *Fusarium solani* con una frecuencia de crecimiento del 28,57%, *Aspergillus fumigatus* con una frecuencia de crecimiento del 41.6 % y *Pythium spp* con una frecuencia de crecimiento del 25%.

En el cultivo de *Cannabis sativa L.* *Fusarium spp.* es uno de los patógenos más destructivos, especialmente en las fases vegetativas, reduciendo la calidad y causando la pérdida total de las plantas, además produce micotoxinas que disminuyen el valor del cultivo (Koo et al. 2023). *Fusarium solani* ataca principalmente la base del tallo y la raíz, pero también puede afectar las hojas de la planta provocando amarillamiento, marchitamiento y crecimiento retardado de la planta en general (Bruno, 2024). Cuando la infección es severa, las plantas se tornan quebradizas y el daño se agrava bajo condiciones de humedad elevada y temperaturas superiores a los 20 °C (Bruno, 2024). En el estudio realizado por Patiño et al. (2022) en Colombia, enfocado en la identificación y caracterización de enfermedades de *Cannabis sativa L.* se obtuvieron 26 aislamientos puros de hongos fitopatógenos a partir de muestras de tejidos enfermos. De estos aislamientos, el 46 % correspondió al género *Fusarium spp.*, posicionándolo como el grupo más prevalente entre los hongos detectados en el estudio. Este género está asociado al complejo de hongos causantes del síndrome conocido como “*Damping off*”. enfermedad que se manifiesta en tejidos jóvenes de las plantas de cannabis, provocando la muerte de semillas y plántulas (Patiño et al. 2022).

En Pueblo Bello, donde las temperaturas oscilan entre 18 °C y 25 °C con una humedad del 60 %, se presentan condiciones ideales para la reproducción y crecimiento de *Fusarium spp.* Las plantas de cannabis infectadas presentaron síntomas característicos como marchitez y amarillamiento foliar. Al observar el aislamiento número 1 bajo el microscopio, se identificaron estructuras morfológicas típicas del género *Fusarium spp.*, incluyendo fiálides, macroconidios y microconidios.

El género *Aspergillus spp.* tiene un importante potencial genético para producir diversas micotoxinas, algunas de las cuales representan serios problemas en otros cultivos agrícolas, (Gwinn, K. et al., 2023). En las inflorescencias de cannabis, *Aspergillus spp.* puede sintetizar micotoxinas, citotóxicas y genotóxicas (Ismail et al. 2023), cuando se producen las condiciones adecuadas para su crecimiento (Bulgari et al. 2020). En el presente estudio la frecuencia de crecimiento de *Aspergillus fumigatus* fue del 41.6 %, aislándose de la flor de cannabis principalmente. Al observar el aislamiento 2 y 3 al microscopio se identificaron en el campo óptico las estructuras características de *Aspergillus fumigatus*, tales como, el cuerpo fructífero del hongo, vesícula, métula, conidios cortos, y conidióforos, las cuales fueron confirmadas por medio de claves dicotómicas realizadas en el laboratorio COLCAN.

En regulaciones como las de California, se exigen pruebas específicas para identificar cuatro especies patógenas de *Aspergillus spp.*: *A. niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus* y *A. terreus*, principalmente en flores y productos inhalables de cannabis. Estas especies son relevantes para la salud humana, ya que su presencia en productos a base de cannabis puede ser una amenaza significativa, especialmente para personas inmunodeprimidas (Stephen Frink et al., 2022).

Aunque la presencia del género *Pythium spp* no es frecuente en órganos foliares, en este estudio se aisló de las hojas de cannabis muestreadas. El marchitamiento observado en flores y hojas de las plantas analizadas en este estudio se relaciona con el deterioro del sistema radicular, causado por la presencia de *Pythium spp* (Sumpter, 2022). Este oomiceto, clasificado como patógeno oportunista, coloniza las raíces jóvenes y provoca su necrosis, lo que compromete la absorción de agua y nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. Como resultado, las plantas presentan síntomas de estrés fisiológico, incluyendo clorosis y crecimiento reducido (Sumpter, 2022).

El género *Pythium spp* pertenece al mismo orden que *Phytophthora*, caracterizándose por ser organismos filamentosos, multicelulares y heterotróficos. La clasificación de las especies de *Pythium* se basa tradicionalmente en la morfología de sus estructuras reproductivas asexuales y sexuales, como esporangios inflados, globosos o prolíferos internamente (Kurtis et al., 2020), estructuras que fueron observadas en el aislamiento número 4 del presente estudio.

En sistemas agrícolas, *Pythium spp.* causa pudrición de semillas, ahogamiento de plántulas, y daños en raíces y órganos vegetales en contacto con el suelo (Sumpter, 2022). Este hongo puede crecer indefinidamente en el suelo en forma de micelio vegetativo, dependiendo de factores como el pH, la humedad y la actividad microbiana. Además, la producción de zoosporas se ve favorecida por la presencia de agua libre en suelos con mal drenaje, facilitando la infección al penetrar directamente por las raíces o tallos, especialmente si existen heridas que incrementen su acceso (Torres, 2022).



Pythium spp. es particularmente peligroso para la agricultura debido a su naturaleza oportunista. Provoca podredumbre de raíces cuando encuentra condiciones ambientales favorables, como alta humedad. Estas infecciones resultan en raíces con coloraciones anormales, que van desde beige hasta marrón, y una textura blanda y pegajosa debido al daño en la corteza (Torres, 2022). Entre los síntomas más comunes también se encuentran el marchitamiento fúngico, la clorosis de las hojas por baja absorción de nitrógeno, y un retraso significativo en el crecimiento. Este último fue evidente en plantas de cannabis evaluadas, donde, aunque todas se sembraron al mismo tiempo en el mismo terreno, algunas crecieron fuertes, mientras que otras mostraron un desarrollo limitado y evidentes signos de enfermedad desde etapas tempranas (Sumpter, 2022).

12. CONCLUSIÓN

En este estudio se lograron aislar e identificar tres hongos fitopatógenos presentes en las 20 plantas de *Cannabis* analizadas: *Fusarium solani*, *Aspergillus fumigatus* y *Pythium spp.* Estos organismos infectaron de manera natural a las plantas, las cuales fueron cultivadas hasta su fase adulta bajo las mismas condiciones ambientales, incluyendo exposición a la luz solar, niveles adecuados de humedad, hidratación y nutrientes disponibles en el sustrato. La identificación de estos agentes etiológicos permite una aproximación fundamentada al manejo fitosanitario en cultivos de cannabis. Conocer los patógenos responsables de las sintomatologías descritas en este estudio resulta fundamental para el diseño e implementación de estrategias de control fitosanitario efectivas. Esta identificación no solo permite reducir el impacto de las enfermedades fúngicas en cultivos de *Cannabis sativa L.*, sino que también aporta significativamente a la generación de conocimiento científico, fortaleciendo las bases para futuras investigaciones y prácticas agrícolas más sostenibles.



13. RECOMENDACIONES

Se sugiere aplicar los postulados de Koch a los hongos fitopatógenos aislados, ya que esta metodología permitirá confirmar su papel como agentes etiológicos de las sintomatologías observadas. La verificación experimental de su capacidad patogénica fortalecerá el rigor científico del estudio y proporcionará información clave sobre los mecanismos de infección y acción de cada hongo evaluado.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Acosta Melo, A. R., & Villamizar Pérez, J. E. (2021). *La Agroindustria Del Cannabis Medicinal En Colombia Entre Los Años 2010 Y 2020*.

Aliferis, K. A., & Bernard-Perron, D. (2020). *Cannabinomics: Application Of Metabolomics In Cannabis (Cannabis Sativa L.) Research And Development*. *Frontiers In Plant Science*, 11, 554.

Alves P., Amaral C., Teixeira N., & Correia-Da-Silva, G. (2020). *Cannabis Sativa: Much More Beyond 9-Tetrahydrocannabinol*. *Pharmacological Research*, 157, 104822.

Calaça Sousa, Belém-Junior, Faquim, Rcp, Xavier-Santos, Silva Neto, & Souza, Mmo (2021). *Percepción De Los Hongos Por Parte De Los Agricultores Del Cerrado*. *Revista Brasileira De Biología*, 82 .

Bulgari D., Fiorini L., Gianoncelli A., Bertuzzi M., & Gobbi E. (2020). *Enlightening Gliotoxin Biological System In Agriculturally Relevant Trichoderma Spp*. *Front. Microbiol.* 11:200.

Camilo Castañeda (2019). *El viaje del cannabis medicinal en Colombia ¿Cómo empezó esta historia?* *NeuroEconomix*

Castillo Murcia, M. F., & Suárez Devia, A. M. (2020). *Los Referentes Del Cultivo, Producción Y Comercialización De Cannabis Medicinal En Colombia Periodo 2016- 2020*.

Chandra S., Lata H., Techen N., Khan I., & Elsohly, M. (2011). *Biotechnology Of Cannabis Sativa L. Planta Médica*, 77 (05).

Chaturvedi, H. C., Jain, M., & Kidwai, N. R. (2007). *Cloning of medicinal plants through tissue culture--a review*. *Indian journal of experimental biology*, 45(11), 937–948.

Chandra, Suman, Lata, H., & Elsohly, M. A. (2020). *Propagation Of Cannabis For Clinical Research: An Approach Towards A Modern Herbal Medicinal Products Development*. *Frontiers In Plant Science* 11.

Coffman, C. B., & Gentner, W. A. (1979). *Greenhouse Propagation Of Cannabis Sativa L. By Vegetativecuttings*. *Economic Botany*,33 (2), 124–127.

Decreto 613 De 2017 *en relación con el acceso seguro e informado al uso médico y científico del cannabis*.

Decreto 811 De 2021 *en relación con el acceso seguro e informado al uso del cannabis y de la planta de cannabis*.

Diego Torres 2022, *Asociación genómica para resistencia a pythium spp. en solanum lycopersicon L.*

Espinosa, J. (2021). *Análisis de las oportunidades comerciales de Colombia en el mercado internacional del cannabis bajo el panorama legislativo a nivel mundial*. Trabajo de grado para optar al título en Finanzas y Negocios Internacionales, Universidad Santiago de Cali.

El-Baky, N. A., & Amara, A. (2021). *recent approaches towards control of fungal diseases in plants: an updated review*. *journal of fungi* (basel, switzerland), 7(11), 900.

Fagua Cárdenas (2021) *Cannabis medicinal en Colombia: dificultades técnicas y perspectiva actual de los pequeños y medianos cultivadores*. Universidad Javeriana de Colombia.

Fassio, A., Rodríguez, M., & Ceretta, S. (2013). *Cáñamo (Cannabis Sativa L.)*. *Instituto Nacional De Investigación Agropecuaria*. Boletín De Divulgación No, 103, 1-96. Fontana, D. C., De Paula, S., Torres, A. G., De Souza, V., Pascholati, S. F.

Gaudreau, S., Missihoun, T., & Germain, H. (2020). *Early Topping: An Alternative To Standard Topping Increases Yield In Cannabis Production*. *Plant Science Today*,7(4),627–630.

González Escobar, V. J., & Valencia Londoño, S. (2017). *Potenciadores De La Actividad Económica Provenientes Del Uso Científico Y Medicinal Del Cannabis: Estudio Del Caso En Colombia*. Doctoral Dissertation, Universidad Eafit.

Guido, P. C. (2022). *Cannabis Medicinal: Más Allá Del Mito, Solo Otra Droga (Vegetal)*. *Salud Colectiva*, 18, E4078.

Gwinn, K. D., Leung, M. C. K., Stephens, A. B., & Punja, Z. K. (2023). *Contaminantes Fúngicos Y Micotóxicos En Las Flores De Cannabis Y Cáñamo: Implicaciones Para La Salud Del Consumidor E Instrucciones Para Futuras Investigaciones*. *Fronteras De La Microbiología*, 14, 1278189.

Hadad Luna, F. (2021). *La Industria Del Cannabis: Realidades Actuales Y Perspectivas Económicas Para Colombia*.

Hurgobin, B., Tamiru-Oli, M., Welling, M. T., Doblin, M. S., Bacic, A., Whelan, J., & Lewsey, M. G. (2021). *Recent Advances In Cannabis Sativa Genomics Research*. *New Phytologist*, 230(1), 73-89.

Jerushalmi, S., Maymon, M., Dombrovsky, A., & Freeman, S. (2020). *Fungal Pathogens Affecting The Production And Quality Of Medical Cannabis In Israel*. *Plants*, 9(7), 882.

Koo, Y. M., Ahsan, S. M., & Choi, H. W. (2023). *Caracterización De Tres Fusarium Spp. Que Causa La Enfermedad De Marchitez De Cannabis Sativa L. En Corea*. *Micobiología*, 51(3), 186–194.

Schroeder, K. L., Martin, F. N., de Cock, A. W. A. M., Lévesque, C. A., Spies, C. F. J., Okubara, P. A., & Paulitz, T. C. (2013). *Molecular Detection and Quantification of Pythium Species: Evolving Taxonomy, New Tools, and Challenges*. *Plant disease*, 97(1), 4–20.

Ledezma-Morales, M., Rodríguez, A. C., & Amariles, P. (2020). *Mercado Del Cannabis Medicinal En Colombia: Una Oportunidad Para El Sector Salud Que Requiere Lineamientos Estratégicos Del Gobierno Nacional Y La Academia Médica*. *Uis*, 33(1), 53-58.

Ley 1787 De 2016. *Por La Cual Se Reglamenta El Acto Legislativo 02 De 2009*. 6 De Julio De 2016.

Ley 2204 De 2022. *Por La Cual Se Crea El Marco Legal Para El Uso Industrial Y Científico del Cáñamo En Colombia Y Se Dictan Otras Disposiciones. 10 De Mayo De 2022.*

Martínez Cifuentes, M. C., Morales Moreno, J. S., Rincón Villamizar, J. C., & Riveros Marriaga, L. E. (2020). *Propuesta Para El Aprovechamiento De Residuos Vegetales En El Proceso De Cosecha De Cannabis Sativa En La Empresa Aurora Medicinal.*

Minsalud 2022, Agroindustria y regulación De *Cannabis*.

Mora Aguilar, J. S. (2020). *Análisis De Ciclo De Vida En Cultivo De Cannabis Sp. Medicinal.*

Observatorio Europeo De Las Drogas Y Las Toxicomanías (2018). *Uso Médico Del Cannabis Y Los Cannabinoides.*

Patiño, M. M., Rodríguez, G. A. y Betancourt, V. M. 2022. Identificación y caracterización de enfermedades en Cannabis sativa L. *Temas Agrarios* 27(1): 245-257

Punja Z. K. (2021). *Emerging Diseases Of Cannabis Sativa And Sustainable Management.* *Pest Management Science*, 77(9), 3857–3870.

Punja Z. K., Scott C. S. (2023). *Las Plantas De Cannabis (Cannabis Sativa L.) Cultivadas Orgánicamente Contienen Una Amplia Gama De Hongos Epífitos Y Endófitos Cultivables En Inflorescencias Y Tejidos Del Tallo.* *Frontiers In Plant Science*, 10, 1120.

Punja, Z. K., Collyer, D., Scott, C., Lung, S., Holmes, J., & Sutton, D. (2019). *Pathogens And Molds Affecting Production And Quality Of Cannabis Sativa L.* *Frontiers In Plant Science*, 10, 1120.

Ramírez, J. M. & Fedesarrollo, (2019). *La Industria Del Cannabis Medicinal En Colombia. Informes De Investigación 017608*, Fedesarrollo.

Resolución 227 De 2022 Ministerios De Justicia Y Del Derecho, Salud Y Protección Social, Y Agricultura Y Desarrollo Rural.

Resolución 539 De 2022 Ministerios De Justicia Y Del Derecho, Agricultura Y Desarrollo Rural, Salud Y Protección Social Y Comercio, Industria Y Turismo.

Rodriguez Carranza, R. (2012). *Los Productos De Cannabis Sativa: Situación Actual Y Perspectivas En Medicina. Salud Mental*, 247-256.

Royal Queen Seeds (2020) *Identificación Y Tratamiento De Las Enfermedades Más Comunes Del Cannabis*.

Saavedra, M., & Ricardo, K. (2021). *Requerimientos Agronómicos Para Un Modelo Productivo De Cannabis En La Provincia Del Sumapaz*.

Samiksha, Kumar, S. (2021). *Molecular Taxonomy, Diversity, And Potential Applications Of Genus Fusarium*. Fungal Biology.

Tapia, Cecilia, & Amaro, José. (2014). *Género Fusarium. Revista Chilena De Infectología*, 31(1), 85-86.

Torres Ruiz, A., & Gómez Moreno, S. (2019). *Pre-Feasibility Study For The Creation Of A Company Dedicated To The Cultivation And Commercialization Of Medicinal Cannabis In Yarumal-Antioquia*.

Natalia Uribe (2022). *Colombia: explorando mercados para la exportación de cannabis medicinal*. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria.

Vidal Henao D. (2023) *Aislamiento de hongos endófitos de plantas de medicinal y su evaluación como agentes de control biológico frente al hongo fitopatógeno Botrytis cinerea* Trabajo de grado profesional. Medellín, Colombia. Universidad de Antioquia.

Walter Gams. (1975) *CBS Course of Mycology*.

Zuleta, P. (2021). *Serie Cannabis Legal Evolución De La Normativa Mundial*