



Revista EIA
ISSN 1794-1237
e-ISSN 2463-0950
Año XIX/ Volumen 20/ Edición N.39
Enero-Junio de 2023
Reia3912 pp. 1-26

Publicación científica semestral
Universidad EIA, Envigado, Colombia

**PARA CITAR ESTE ARTÍCULO /
TO REFERENCE THIS ARTICLE /**

Campos Mora, M.; Angulo De Castro, I.; Echavarría Pedraza, M.
Evaluación de técnicas para el control biológico en cultivos agrícolas del municipio de Monterrey- Casanare, Colombia..
Revista EIA, 20(39), Reia3912. pp. 1-24.
<https://doi.org/10.24050/reia.v20i39.1621>

 *Autor de correspondencia:*

Angulo De Castro, I. (Ivonne)
Ingeniera Ambiental y Sanitaria,
Universidad de América
Correo electrónico:
ivonne.angulo@profesores.uamerica.edu.co

Recibido: 18-08-2022

Aceptado: 12-09-2022

Disponible online: 01-01-2023

Evaluación de técnicas para el control biológico en cultivos agrícolas del municipio de Monterrey- Casanare, Colombia.

MARINEL CAMPOS MORA¹

 IVONNE ANGULO DE CASTRO²

MONIKA ECHAVARRÍA PEDRAZA³

1. Alcaldía de Monterrey Casanare-Universidad Manuela Beltrán
2. Universidad de América
3. Universidad Manuela Beltrán

Resumen

El uso de plaguicidas utilizados en el sector agrícola para control de plagas ha causado el deterioro de los suelos cultivables colombianos y problemas ambientales debido a su uso excesivo. Como consecuencia ha surgido el interés por la utilización de agentes biológicos, como método alternativo para el control de enfermedades. A través de una investigación cualitativa, revisión bibliográfica e implementación de una encuesta a 65 agricultores del municipio de Monterrey Casanare como técnica de recolección de información, se responde al objetivo de la presente investigación el cual consistió en determinar las técnicas de control biológico que ejercen un efecto antagónico frente al control de hongos fitopatógenos, en cultivos agrícolas del municipio de Monterrey Casanare. Así mismo se diseñó y se propone para implementación en el municipio un protocolo donde se relacionan cada una de las fases que se deben implementar para la utilización de microorganismos antagonistas en el control biológico de organismos fitopatógenos para la zona de estudio. Los resultados obtenidos reflejan una alta utilización de métodos químicos por los agricultores que repercuten en su bienestar y en el ambiente, así mismo, en lo que respecta a la selección de las cepas mediante los criterios ambientales, económicos y técnicos, se obtuvo que *Trichoderma harzianum* Rifai es la cepa que más se ajusta a los criterios de selección y a la zona de estudio.

Palabras clave: Agricultura, antagonismo, Antibiosis, análisis multicriterio, Biocontrol, control biológico, cultivos agrícolas, *Trichoderma* spp., Fitopatógenos, modelo jerárquico para decisión, Patógeno, protocolo de control biológico, Super Decisions® .

Techniques assessment for biological control In agricultural crops in the municipality of Monterrey- Casanare, Colombia.

ABSTRACT

The use of pesticides used in the agricultural sector for pest control has caused the deterioration of Colombian arable soils and environmental problems due to their excessive use. As a consequence, interest has arisen in the use of biological agents as an alternative method for disease control. Through qualitative research, literature review and implementation of a survey of 65 farmers in the municipality of Monterrey Casanare as an information collection technique, the objective of this article is answered, which consisted of determining the biological control techniques that exert an antagonistic against the control of phytopathogenic fungi, in agricultural crops in the municipality of Monterrey Casanare. Likewise, it is intended to design a protocol where each of the phases that must be implemented for the use of antagonistic microorganisms in the biological control of phytopathogenic organisms for the study area are observed. The results obtained reflect a high use of chemical methods by farmers that affect their well-being and the environment, likewise, with regard to the selection of strains through environmental, economic and technical criteria, it was obtained that *Trichoderma harzianum* Rifai is the strain that best fits the selection criteria and the study area.

Keywords: Agriculture, agricultural crops, antibiosis, antagonism, Biocontrol, Biological control, biological control protocol, hierarchical model for decision, multicriteria analysis, Phytopathogens, Pathogen, Super Decisions® *Trichoderma* spp.

1. Introducción

La demanda de los cultivos agrícolas garantiza la provisión de alimentos para toda la población y brinda sostenibilidad económica. Sin embargo el incremento de enfermedades en cultivos causadas por un gran número de fitopatógenos, han obligado a los agricultores a buscar soluciones rápidas, utilizando una gran cantidad de productos químicos, que ocasionan alteraciones de los servicios ecosistémicos, contaminación de suelos, animales y canales de riego (Hernández *et al.*, 2014b, Zhang, 2016). Por lo tanto, estas afectaciones son producto de malas prácticas agrícolas, sobrecargas de productos químicos, conflictos de uso del suelo, entre otros factores que han afectado el buen desempeño de las distintas especies y los ecosistemas al que pertenecen. Es así que las múltiples actividades antrópicas que se han

realizado para solventar las necesidades del hombre han sobrepasado el punto de tolerancia del medio ambiente.

Es importante mencionar que en la actualidad la producción de plaguicidas por empresas en Colombia, es de 146'562.831 kg/L y de venta de 133'484.661 kg/L al año (ICA, 2019). Ubicándolo con un valor de 16,7 kg como uno de los países que más consume plaguicidas en América Latina (Endréu, 2011). Es por esto, que en términos generales el suelo ha sido uno de los recursos naturales más afectados por el uso de plaguicidas, debido a actividades que lo han deteriorado al punto de no ser capaz de regenerarse por sí solo, de tal manera que si se realiza algún tipo de intervención con el fin de recuperar sus características, conllevará periodos de tiempo muy largos (Orjuela, 2016).

Con relación a lo anterior, es importante destacar que el suelo tiene como principal objetivo velar por el funcionamiento global de la biósfera y su importancia radica en que es un elemento natural dinámico y vivo que constituye la interfaz entre la litósfera, la atmósfera, la hidrósfera y la biósfera, sistemas con los que mantiene un continuo intercambio de materia y energía (Roque Ortiz, 2015). Desafortunadamente el hombre, con el fin de proteger los cultivos de múltiples organismos vivos y aumentar su producción viene utilizando desde hace décadas productos fitosanitarios, que lastimosamente son absorbidos por las plantas para luego pasar por procesos de volatilización, lavado y degradación biótica y abiótica en el suelo, conduciendo a la formación de nuevos productos, más móviles, peligrosos y persistentes que los compuestos de partida (Ortiz *et al.*, 2014). En la investigación de Fuentes Cervantes & Pimiento Centeno (2017a), se analizaron las concentraciones de compuestos tóxicos, tales como los plaguicidas organoclorados (heptacloro benceno, aldrín, endosulfán, dieldrín, endrín) y los metales pesados (mercurio, plomo, níquel, zinc, cobre, cromo y cadmio) en suelos agrícolas del distrito de riego de Repelón, sur del Atlántico, Colombia. En dicha área se obtuvieron como resultado que los metales que requieren mayor atención son el Cromo y el Cobre, debido a sus concentraciones irregulares en algunas zonas de estudio (Fuentes Cervantes & Pimiento Centeno, 2017b). Fuentes Cervantes & Pimiento Centeno (2017c), lograron detectar concentraciones de plaguicidas organoclorados, en los cultivos por parte de los agricultores de la zona, razón por la cual se deduce que dicha actividad estaría directamente relacionada al comportamiento de las concentraciones de estos compuestos en los suelos estudiados. Además, existe la

probabilidad de haberse presentado un lavado del suelo por arrastre de partículas superficiales, que fueron depositados por escorrentía en el embalse del Guájaro y posteriormente acumulados en el fondo por sedimentación natural.

Todas estas observaciones ya mencionadas, se relacionan con el uso indiscriminado de plaguicidas, puesto que, han generado numerosos problemas ambientales, tales como la destrucción los ecosistemas naturales, contaminación de fuentes hídricas, infertilidad del suelo y pérdida de cultivos (Hernandez, 2011). Por otro lado Tang (2013a), definió que los plaguicidas organoclorados (OCPs) son hidrocarburos aromáticos con uno o más átomos de cloro como sustituyentes mayoritarios y se caracterizan por ser estables y persistentes. Éstos presentan efectos tóxicos en humanos y animales, puesto que existen evidencias sobre sus efectos carcinogénicos, teratogénicos, inmunológicos, disruptores endocrinos y bioacumulantes de plaguicidas (Villadiego *et al.*, 2013). En consecuencia, estos compuestos se empezaron a regular por el tratado de Estocolmo en el año 2003 (Tang, 2013b). En definitiva, es importante recordar que el suelo es un elemento frágil del medio ambiente, un recurso degradable y no renovable a corto plazo puesto que su velocidad de formación y regeneración es muy lenta, si lo comparamos con la tasa a la que ocurren los procesos antrópicos que contribuyen a su deterioro y degradación (Roque Ortiz, 2015).

Conviene mencionar que Monterrey es el segundo municipio más competitivo de Casanare, solo superado por Yopal, la capital departamental, y es que su principal economía radica tradicionalmente en el sector agrícola y ganadero (Anacona, 2020). Sumado a una agricultura tradicional, donde sobresalen los cultivos de arroz, maracuyá, café, maíz y yuca, constituyéndose como polo de desarrollo agroindustrial (Alcaldía Monterrey Casanare, 2021). Por esta razón es importante establecer unos límites y hacer un aprovechamiento responsable e implementar técnicas de producción sostenible mediante tratamientos biológicos que sean rentables y amigables con el medio ambiente, al disminuir el uso de productos químicos (Sivila & Jujuy, 2013a). Teniendo en cuenta el objetivo de desarrollo sostenible meta 15, el cual adopta medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de la diversidad biológica, proteger las especies amenazadas y evitar su extinción (Departamento Nacional de Planeación, 2015). De allí, surge

la pregunta de investigación ¿qué técnicas de control biológico de efecto antagónico frente a hongos fitopatógenos se pueden aplicar en los cultivos agrícolas del municipio de Monterrey, Casanare?

En vista de lo anterior, el uso de pesticidas conlleva a un preocupante estado no solo en la afectación del suelo sino en otros recursos naturales como las fuentes hídricas, diversas especies animales y vegetales y a la misma humanidad. A causa de esto es necesario implementar el uso de productos amigables con el medio ambiente, que permitan un equilibrio en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas agrícolas naturales. En los que se opte por el manejo de productos biológicos como alternativa a los problemas causados por fitopatógenos. Debido a esto, se considera que el control biológico es una práctica que incorpora aspectos vitales para seguir con las actividades cotidianas y productivas sin afectar al medio ambiente, en las cuales se pueden utilizar técnicas con hongos fitopatógenos, pues esta tendencia ha crecido y se ha convertido en un pilar para el control biológico en cultivos afectados por productos fitosanitarios (RIA, 2018). En consecuencia, el control biológico presenta técnicas que permiten utilizar organismos vivos, en este caso a microorganismos, que se encuentran en los mismos cultivos y permiten controlar organismos patógenos. No obstante, se han realizado investigaciones aplicando microorganismos antagonistas en el control biológico de hongos fitopatógenos en cultivos, en los cuales se han destacado algunas especies del género *Trichoderma* (Mishra *et al.*, 2014). Sin embargo, las prácticas de control biológico son poco utilizadas por los agricultores del municipio de Monterrey Casanare. Pues actualmente en el municipio se están implementado técnicas con productos químicos, tales como Lorsban, cipermetrina, closer, lambdacialotrina, tiametoxam y fipronil, que son utilizados para controlar insectos portadores de enfermedades y controladores biológicos de venta libre que son formulaciones desarrolladas con especies como *Beauveria bassiana*, *Bacillus thuringiensis*, *Metarhizium*, *Lecanium* y *Trichoderma*. De tal manera que los agricultores del municipio no acostumbran a emplear estas técnicas de control biológico, ni siquiera de forma artesanal es decir con elementos de fácil acceso de diferente naturaleza para agricultor como el arroz y las botellas vacías de vidrio, pues predomina el uso de técnicas de control con productos químicos.

De esta manera el propósito de la siguiente investigación es determinar las técnicas de control biológico que ejercen un efecto

antagónico frente al control de hongos fitopatógenos, en cultivos agrícolas del municipio de Monterrey, Casanare. Parafin, se identificará cuáles son las cepas y técnicas más utilizadas a nivel internacional para el control biológico de fitopatógenos, que posean características bioclimáticas similares de la zona de estudio. Adicionalmente, se revisarán las técnicas de control biológico de aplicación en campo que puedan implementarse en el municipio de Monterrey Casanare. Por último, evaluar técnica, económica y ambientalmente las técnicas de control biológico de aplicación en campo que puedan implementarse en los cultivos agrícolas del municipio.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se estructuró bajo un enfoque cualitativo orientado a comprender, predecir, explorar y optimizar los procesos de aprendizaje en un ambiente natural (Hernández *et al.*, 2014, pág.358c). Caracterizándose en la investigación-acción según el autor Stringer (1999) (citado por Hernandez *et al.*, 2014) que lleva como objeto el mejoramiento de las prácticas actuales, con el fin de brindar una solución a los problemas presentes en la cotidianidad a partir de un proceso fundamentado en la toma de decisiones que implementa las siguientes fases: ejecución, pensamiento e interpretación, observación, recolección de datos, implementación de mejoras y resolución de problemas (Salgado & Ana, 2007, pág.73), que aporta la información necesaria para la toma de decisiones frente al uso de la tecnología idónea de control biológico en el municipio de Monterrey, departamento de Casanare. En consecuencia, el alcance de la investigación fue de tipo descriptivo. Por ende, el análisis de información para saber qué tecnología se debe emplear se basó en la elección del tratamiento a partir del manejo actual que están realizando los agricultores en el municipio de Monterrey, mediante una búsqueda minuciosa de literatura, tomando como referencia los cuatro tipos de revisión propuesto por Squires los cuales son: revisión descriptiva, revisión exhaustiva, revisión evaluativa y casos clínicos combinados con una revisión bibliográfica (citado en Cart & Canela, 1994, pág. 184).

Con la revisión de las diferentes fuentes de consulta, se realizó un muestreo descriptivo donde se depuró la información y se seleccionó la más relevante que contuviera información sobre tecnologías de control

biológico en el género *Trichoderma spp.* (Sandoval, 1996). Finalmente, la investigación fue de tipo no experimental ya que se identificaron las técnicas de manejo fitosanitario que aplicaban los agricultores en el municipio y se determinaron la metodología de control biológico a través de la revisión de literatura, de esta forma, se recolectaron datos en un solo momento para describir las variables que fueron tratadas de manera individual (Hernández *et al.*, 2014a).

Para tal fin se definen 4 fases para el desarrollo del proyecto:

Fase 1. Revisión de literatura: se tomaron artículos científicos, libros, informes técnicos de entidades oficiales y búsquedas de revistas indexadas, todos relacionados con la utilización de microorganismos benéficos en la producción agrícola y las posibles interacciones y aplicación en campo de agentes de control biológico. Para la revisión se empleó la búsqueda en el motor de búsqueda Google académico, bases de datos como ScienceDirect y Scopus. Empleando las palabras clave *Trichoderma spp.*, antagonismo en inglés y en español, biocontrol, competencia, antibiosis y micoparasitismo, los resultados de la búsqueda tuvieron como criterio de exclusión que las publicaciones fueran de máximo 10 años de vigencia.

Fase 2. Revisión de prácticas en Monterrey: se diseñó una entrevista de tipo telefónica conformada por una muestra grande y geográficamente dispersa (Pope, 2002), ya que la mayoría del tamaño de la población del sector agricultor del municipio de Monterrey Casanare se encuentra en áreas rurales. Para la validación de la entrevista se tuvo en cuenta un panel de expertos en el área agrícola de la Alcaldía de Monterrey y la Universidad Manuela Beltrán, para el tamaño de la muestra se realizó un cálculo estadístico el cual permitió expresar la relación entre las variables, cantidad de participantes y poder estadístico, utilizando como herramienta las hojas de cálculo de Excel (García *et al.*, 2013). De tal manera que a partir de la población de agricultores del Municipio (242 personas), el tamaño de la muestra óptima definido fue de 65 agricultores (Alcaldía Monterrey Casanare, 2021).

Fase 3. Selección de alternativas de control biológico: a partir de la primera fase la cual constó de la revisión bibliográfica se compararon las diferentes metodologías encontradas bajo criterios técnicos, económicos y ambientales teniendo en cuenta las condiciones actuales del municipio de Monterrey, Casanare, empleando para la selección

de la alternativa la herramienta software libre Super Decisions®, mediante el método analítico the Analytic Hierarchical Process (Creative Decisions Foundation, 1996) . Donde la calificación se da de acuerdo a cada criterio en cada una de las cepas analizadas según la importancia de las condiciones evaluadas en una escala de 1 a 9 teniendo en cuenta el nivel de importancia que le hemos asignado a cada criterio, donde 1 es menos prioritario y 9 más prioritario.

Fase 4. Diseño de protocolo: para las fases involucradas en el protocolo que se diseñó, se tuvieron en cuenta los siguientes autores: Cano (2011), para la metodología de control biológico; Molina (2010), para aislamiento de microorganismos; Riveros *et al.* (2001), para la caracterización morfológica; Bissett (1991), para la identificación mediante claves taxonómicas y Parra (2018), para la aplicación en campo del microorganismos de control biológico.

3. Resultados y Discusión

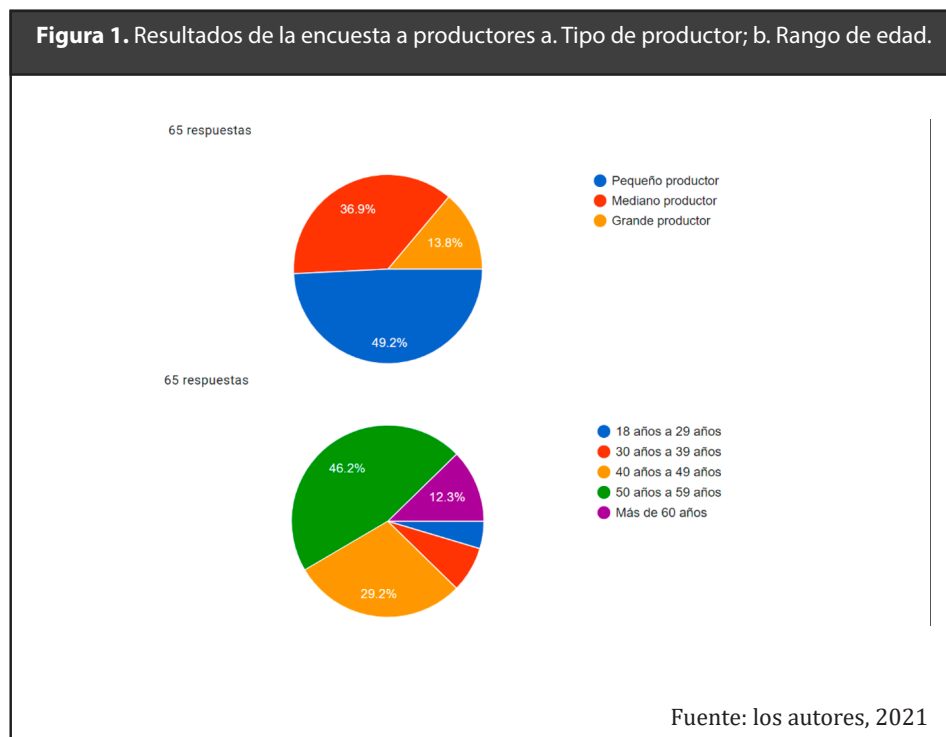
Revisión de literatura.

Para lograr determinar las técnicas de control biológico que ejercen un efecto antagónico frente al control de hongos fitopatógenos, se encontró que se deben aislar e identificar las especies nativas del genero *Trichoderma* provenientes de los cultivos agrícolas del municipio de Monterrey, Casanare, así como evaluar su actividad inhibitoria sobre las cepas de hongos fitopatógenos, con el fin de establecer las bases de un producto biológico útil para el control de poblaciones microbianas en cultivos agrícolas.

Al hacer la revisión de literatura a nivel internacional se encontraron tres cepas del genero *Trichoderma* empleadas en la agricultura por su eficiencia como biocontroladores, destacándose las especies *Trichoderma harzianum* Rifai, *Trichoderma viride* Persoon y *Trichoderma asperellum* Samuels, las cuales se caracterizan por colonizar sustratos rápidamente, activar resistencia sistémica inducida en plantas, promover el crecimiento vegetal y desarrollar mecanismos de control mediante micoparasitismo, antibiosis, competencia y degradación enzimática (Schuster & Schmoll, 2010; Vinale, 2020), es lo que se busca que realicen en los cultivos del municipio de Monterrey, Casanare.

Caracterización de los productores

De acuerdo con los resultados de la encuesta, cerca de la mitad de los agricultores son pequeños productores, seguido por medianos productores y en menor proporción se encuentran los grandes productores. Así mismo, el principal grupo etario se encuentra representado por personas mayores entre los 40 a 60 años ver Figura 1.



Lo anterior refleja lo mencionado por PNUD (2012) en Colombia, donde los cultivos predominantemente son de pequeños productores campesinos que ocupaban el 67,2 % del área agrícola y que participan en el PIB con el 61 % del valor de la producción agrícola, así mismo, IFPRI (2012) menciona que los pequeños productores juegan un papel fundamental para alcanzar mejoras en la salud, nutrición, mitigación al cambio climático y construcción de resiliencia en las sociedades afectadas por conflictos, lo que nos refleja que son de gran importancia para esta investigación.

Frente a lo cual, es importante crear estrategias de manejo fitosanitario acorde al rango de edad de los productores del municipio de Monterrey, Casanare, teniendo en cuenta que es difícil cambiar costumbres, hábitos y prácticas agrícolas tradicionales

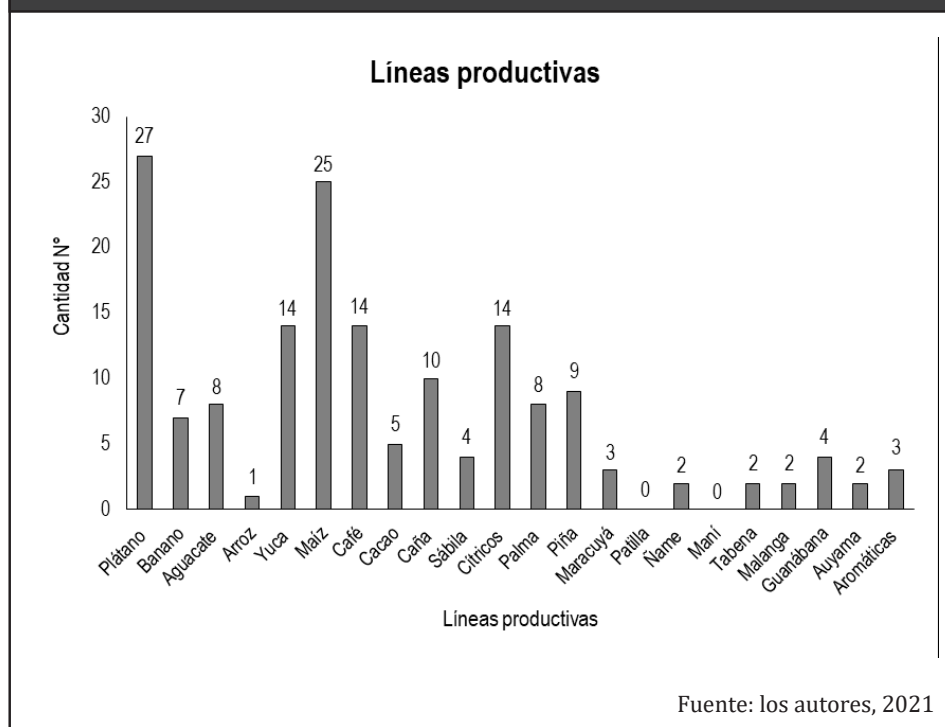
que desarrollan personas dentro de este rango de edad. Lo anterior refuerza lo expuesto por el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial (SNCTA) y el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano, en cuanto al vínculo que describe que la seguridad alimentaria posee múltiples aspectos como la investigación mediante el desarrollo de tecnología e innovación. Así mismo, explica que deben llegar a todos los agricultores, ya sean de diferentes edades, con procesos productivos para asegurar la calidad e inocuidad de los alimentos, el manejo sanitario y fitosanitario de las producciones agropecuarias, la diversificación y los nuevos usos de productos, como el desarrollo de productos innovadores, funcionales y la evidencia científica para sustentar medidas sanitarias y fitosanitarias (PECTIA, 2016).

Cabe señalar que en la mayoría de los municipios, incluyendo a Monterrey, Casanare, se desarrollan programas de asistencia técnica agropecuaria, como instrumento para alcanzar la productividad de cultivos a partir de transferencia de paquetes tecnológicos, pasando por un modelo educativo cuyo enfoque genera un cambio estructural en procesos direccionados hacia la comunicación para promover la competitividad y mejorar la calidad de vida de los productores del sector rural (Clavijo & Pérez, 2012).

Líneas productivas

La Figura 2 expone las líneas productivas actuales de los productores encuestados del municipio de Monterrey, donde se evidencia que los cultivos de plátano predominan con un porcentaje de 41,5%, seguido por los cultivos de maíz con 38,5% y con 21,5% se encuentran los cultivos de yuca, café y cítricos.

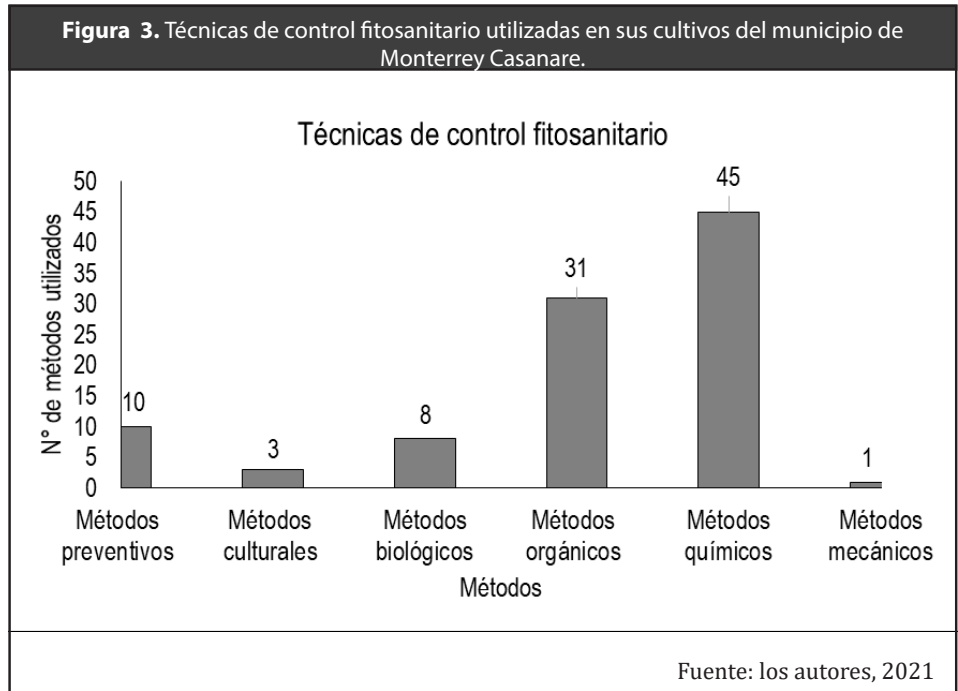
Figura 2. Líneas productivas de los encuestados del municipio de Monterrey Casanare.



Lo que quiere decir que estas líneas productivas mencionadas son las que dominan como cultivos dentro de los agricultores encuestados.

Control fitosanitario en el municipio de Monterrey

La Figura 3 refleja que un 69,5% de los agricultores utilizan métodos químicos en sus cultivos, seguido por 47,7% con métodos orgánicas, 15,4% métodos preventivos, 12,3% métodos biológicos, 4,6% métodos culturales y en menor proporción 1,5% utiliza métodos mecánicos.



Los anteriores resultados permiten evidenciar que, en búsqueda de un desarrollo sostenible, han adoptado de manera habitual el uso de productos de síntesis (insecticidas, fungicidas y herbicidas) para el manejo fitosanitario. Sin embargo, en los últimos años se ha demostrado que generan altas contaminaciones e impactos ambientales debido a su uso excesivo (Zhang, 2016) y que existen otros métodos en la naturaleza que ayudan a controlar plagas bajo métodos y técnicas efectivas, que permiten disminuir el uso de químicos.

El 73,8% de los encuestados desconocen lo que es control biológico, lo que nos hace pensar que su desconocimiento repercute en el uso de productos químicos que han sido difundidos más ampliamente en el mercado. Visto así, se hace necesario empezar a incorporar esta técnica en el municipio, con el fin de implementar el uso racional de estos productos para el manejo fitosanitario, reduciendo el impacto que genera en el entorno (Tangarife, 2021).

Así mismo, Reyes & Ramírez (2010a) mencionan que en las últimas décadas el control biológico ha despertado gran interés en el control de patógenos de plantas disminuyendo el creciente uso de pesticidas químicos, que afectan la salud y medio ambiente. Es así, que trabajos recientes han destacado especies como *T. asperellum*, *T. harzianum* y *T. viride* (García *et al.*, 2017), cepas de *Trichoderma*, por ser un grupo

de hongos ampliamente utilizados por su efecto antagónico, por no contaminar el medio ambiente y poseer un bajo costo en el mercado en comparación con el empleo de fungicidas.

A su vez, se expone que la mayoría de los productores encuestados consideran que el uso de métodos químicos causa efectos perjudiciales en la salud, mientras que la minoría considera que no causa efectos en la misma. En cuanto a la pregunta, ¿cree usted que el uso de métodos químicos causa efectos perjudiciales en el medio ambiente? el 87,7% de los productores encuestados, consideran que el uso de métodos químicos causa efectos perjudiciales en el medio ambiente, mientras los restantes consideran que no causa daños en el medio ambiente. Entre los encuestados existe una conciencia a la relación que existe entre el uso de estos productos y los efectos que causan en la salud y el medio ambiente; sin embargo, la encuesta también describe que esta técnica es la más utilizada para el control de organismos patógenos, situación que, a pesar de reconocerse, no se refleja en la implementación de prácticas agrícolas limpias (Reyes & Ramírez, 2010b).

Revisión de prácticas en Monterrey.

Los mecanismos de control biológico de las especies de *Trichoderma* spp. están ampliamente estudiados como agentes de biocontrol de diversos patógenos que afectan cultivos de importancia agrícola y económica (Mayo *et al.*, 2015; Martínez *et al.*, 2013a). Además, de su capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y sustratos, que le confiere la posibilidad de ser utilizado como agente biocontrolador en diferentes suelos, cultivos, climas y procesos tecnológicos (Salazar *et al.*, 2013).

La revisión documental determinó que las cepas a utilizar en esta investigación son *Trichoderma harzianum* Rifai, *Trichoderma viride* Persoon y *Trichoderma asperellum* Samuels, las cuales fueron seleccionadas por ser unas de las más investigadas por diferentes autores a nivel nacional e internacional al ser capaces de colonizar, adaptarse agresivamente a sustratos y sobrevivir a condiciones adversas fundamentalmente en forma de clamidosporas, lo que nos indica que pueden crecer en suelos francos los cuales son destinados principalmente a agricultura en el municipio de Monterrey. A su vez,

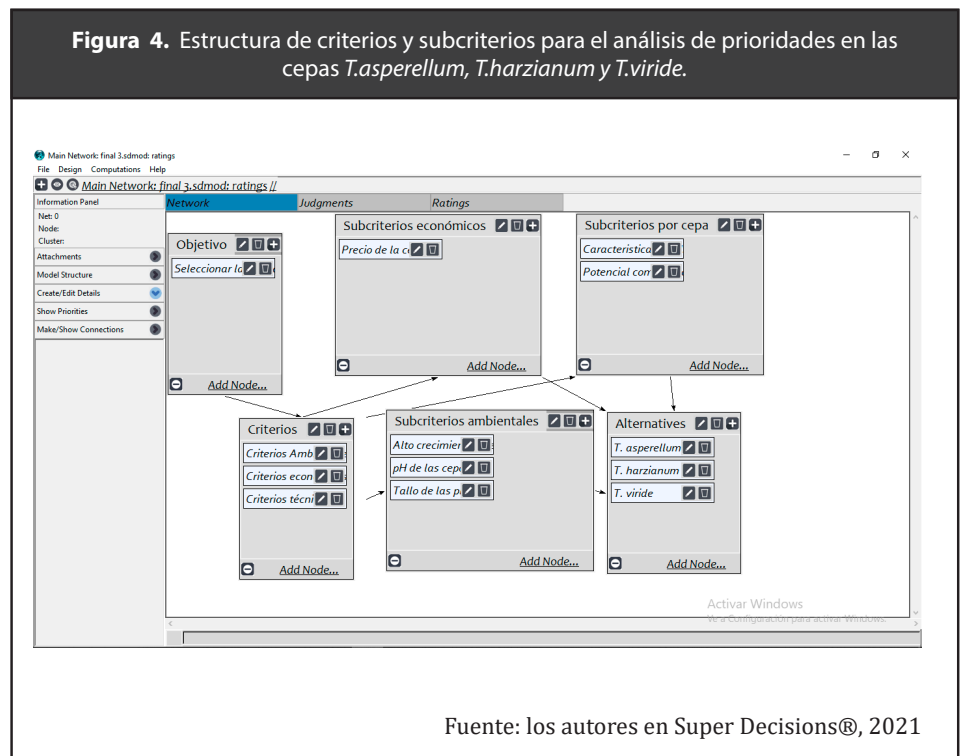
estas pueden adaptarse a sustratos rápidamente, poseen resistencia sistémica inducida en plantas y promueven el crecimiento vegetal (Guigón & Guerrero, 2010, Hoyos *et al.*, 2019, Samaniego *et al.*, 2018).

Selección de alternativas de control biológico

El municipio de Monterrey es un municipio ubicado en el departamento de Casanare, localizado aproximadamente a 105 km al sur occidente de la ciudad de Yopal capital del departamento de Casanare, por su conformación topográfica, presenta pisos térmicos cálidos y medio, con temperaturas promedio de 21 °C a 32 °C (Alcaldía Monterrey Casanare, 2021), y, con suelos ácidos a fuertemente ácidos (Corpoica, 2013).

Software Super Decisions®

Se construyó un modelo jerárquico para la decisión respecto a la selección de la cepa de control biológico, construyendo tres criterios, tres subcriterios y seis nodos de criterios específicos de relevancia para la investigación detallados en la Figura 4.



Fuente: los autores en Super Decisions®, 2021

La Tabla 1 presenta el número de peso asignado para la selección de la cepa de control biológico del municipio de Monterrey, Casanare. En esta se puede destacar que el criterio con más peso asignado es técnicos de las cepas, ya que en este se contemplan como subcriterios de características bioclimáticas similares a la zona de estudio y el potencial como biocontrolador de las cepas detallado en la Tabla 2.

Tabla 1. Peso asignado a cada criterio para la selección de la cepa de control biológico.

Criterios	Peso asignado
Ambientales	1
Económicos	1
Técnicos de las cepas	8

Fuente: los autores, 2021

Tabla 2. Peso asignado en subcriterios por cada una de las cepas mencionadas a continuación.

Criterios	Subcriterios	Alternativas	Pesos asignados
Ambientales	Alto, mediano o bajo crecimiento en plantas.	<i>T. asperellum</i>	2
		<i>T. harzianum</i>	5
		<i>T. viride</i>	3
	pH de las cepas	<i>T. asperellum</i>	1
		<i>T. harzianum</i>	7
		<i>T. viride</i>	2
	Tallo de las plantas	<i>T. asperellum</i>	3
		<i>T. harzianum</i>	5
		<i>T. viride</i>	2
Económicos	Precio de la cepa en el mercado	<i>T. asperellum</i>	5
		<i>T. harzianum</i>	3
		<i>T. viride</i>	2

Crterios	Subcriterios	Alternativas	Pesos asignados
Técnicos de las cepas	Características bioclimáticas similares a la zona de estudio	<i>T. asperellum</i>	3
		<i>T. harzianum</i>	4
		<i>T. viride</i>	3
	Potencial como biocontrolador	<i>T. asperellum</i>	3
		<i>T. harzianum</i>	4
		<i>T. viride</i>	3

Fuente: los autores, 2021

Dentro de los criterios ambientales para la selección de las cepas se consideró alto, mediano o bajo crecimiento que ejerce la acción de las cepas en plantas, teniendo como base el estudio realizado por Valenzuela *et al.* (2019), ver Tabla 3, en plantas de maíz donde obtuvo como resultado que el crecimiento se vio influenciado por la cepa *Trichoderma viride* con alturas de 986,73 y por la cepa *Trichoderma harzianum* con alturas 1073.94, los cuales fueron estadísticamente diferentes al testigo. Cabe mencionar que para la investigación el criterio de altura se tomó en resultados con plantas de maíz y frijol, al ser las más estudiadas en el crecimiento con las tres especies de cepas seleccionadas en la investigación, lo que nos lleva a mencionar la necesidad de más estudios en el área de control biológico con organismos fitopatógenos.

Por otro lado González *et al.* (2019) demostró que las plantas de frijol inoculadas con cepas de *Trichoderma asperellum* germinaron al tercer día de la siembra, mostrando evidencias de estimulación del crecimiento, esto coincide con los resultados obtenidos por Tancic *et al.* (2013) quienes observaron que nueve aislamientos de *Trichoderma* mejoraron la germinación de las semillas de soya, en comparación con el control. Así mismo, coincide con Hoyos *et al.* (2009) quienes evaluaron la habilidad de cepas de *Trichoderma spp.* entre ellas *T. asperellum*, en la estimulación del crecimiento de plantas, obteniendo como resultado que los hongos de este género pueden producir efectos positivos, sobre la longitud de las raíces, longitud de la parte aérea y la masa seca de las plantas de frijol en estadios tempranos, ver Tabla 3.

En cuanto al subcriterio precio de la cepa en el mercado se obtuvo mayor prioridad por la cepa que posee menor costo. Al comparar este

subcriterio, se obtuvo prioridad por la especie *Trichoderma asperellum* con un valor de \$115.000, el cual es más económico respecto a la cepa *T. harzianum* y *T. viride*, haciéndola más accesible para el bolsillo de los agricultores.

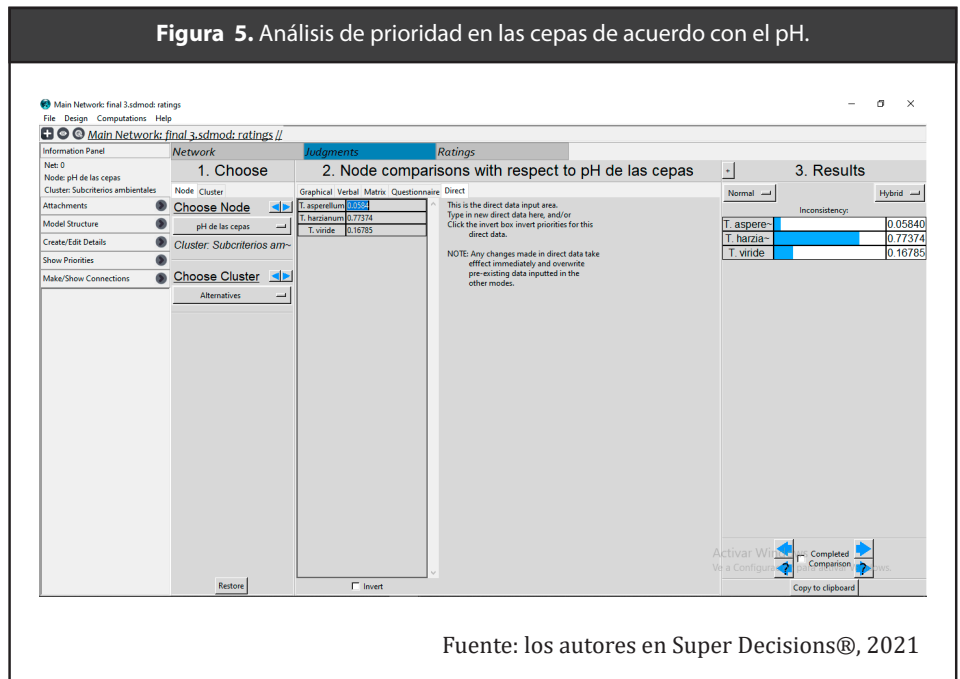
Tabla 3. Descripción de los criterios por cepa.

CRITERIOS POR CEPA					
Criterios	Subcriterios	<i>Trichoderma asperellum</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Trichoderma viride</i>	Bibliografía
Ambientales	Alto, mediano o bajo crecimiento en plantas de Maíz (cm)	86,74	1073,94	986,73	(Valenzuela <i>et al.</i> , 2019, González <i>et al.</i> , 2019b)
	pH de las cepas	5,2, 6,0 y 7,0	4,5-5	4 y 7	(Gakegne & Martínez, 2018a, Cárdenas, 2010)
	Tallo de las plantas (cm)	0,31989	0,44707	0,23304	(Valenzuela <i>et al.</i> , 2019).
Económicos	Precio de la cepa en el mercado	\$ 115,000	\$167,000	\$205,000	Almacén Nutricampo de Casanare. Nit: 39.950.367
Técnicos	Características bioclimáticas similares a la zona de estudio (Temperatura)	25° y 28° C	20° y 28 ° C	28° y 31° C	(Romero <i>et al.</i> , 2010, Marta <i>et al.</i> , 2017)
	Potencial como biocontrolador (%)	88,25%	87,8%	87,22%	(Hoyos <i>et al.</i> , 2019b).

Fuente: los autores, 2021

Respecto al pH, ver Figura 5, la cepas de *Trichoderma harzianum* prefieren un pH ácido de 4,5-5, desarrollándose en áreas con un excesivo contenido de humedad (Arenas *et al.*, 2010), a su vez, el pH óptimo de la cepa *Trichoderma asperellum* es de 5,2, 6,0 y 7,0 (Gakegne & Martínez, 2018), por lo general las especies del genero *Trichoderma* pueden crecer en suelos con pH desde 5,5 a 8,5, aunque los valores óptimos se encuentran entre 5,5-6,5, es decir, en un ambiente ligeramente ácido (Martínez *et al.*, 2013b) condiciones cercanas a

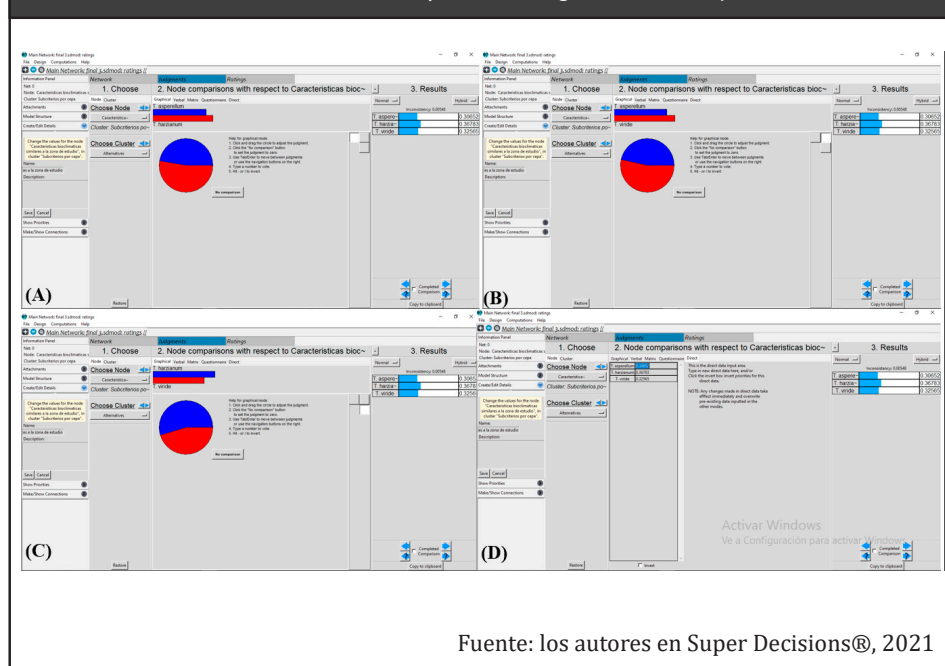
las de los suelos del municipio de Monterrey (4,5-5,50), es decir, con suelos ácidos a fuertemente ácidos en veredas como Iguaro y Bellavista (Corpoica, 2013).



Por otro lado, Valenzuela *et al.* (2019) obtuvo que la mayor colonización en el tallo de plantas de maíz fue realizada por la cepa *Trichoderma harzianum*, corroborando que diferentes especies de *Trichoderma* son promotoras de crecimiento en plantas cultivadas (Rojan *et al.*, 2010).

En los subcriterios técnicos se evaluaron las temperaturas óptimas de la cada una de las tres cepas iniciando por *Trichoderma harzianum* Rifai que su temperatura optima se sitúa a los 20° y 28 °C (Romero *et al.*, 2010); mientras que para *Trichoderma viride* Persoon su temperatura optima de crecimiento es de 28° y 31° C y para *Trichoderma asperellum* Samuels su temperatura óptima de crecimiento es de 25° y 28° C (Marta *et al.*, 2017). Por otro lado, la investigación realizada por Hoyos *et al.*, (2019) arrojó que los tres hongos antagonistas presentaron alto porcentaje de inhibición, *T. asperellum* mostró el 88,25%, *T. viride* 87,22% y *T. harzianum* con 87,8%, resultando ser microorganismos con potencial como biocontroladores al inhibir el crecimiento de patógenos en plantas afectadas por hongos, ver Tabla 3 y Figura 6.

Figura 6. Análisis de prioridad en las cepas de acuerdo con las temperaturas óptimas de la zona de estudio. (A) *T. asperellum* vs *T. harzianum*, (B) *T. asperellum* vs *T. viride*, (C) *T. harzianum* vs *T. viride* y (D) Peso asignado a cada cepa.



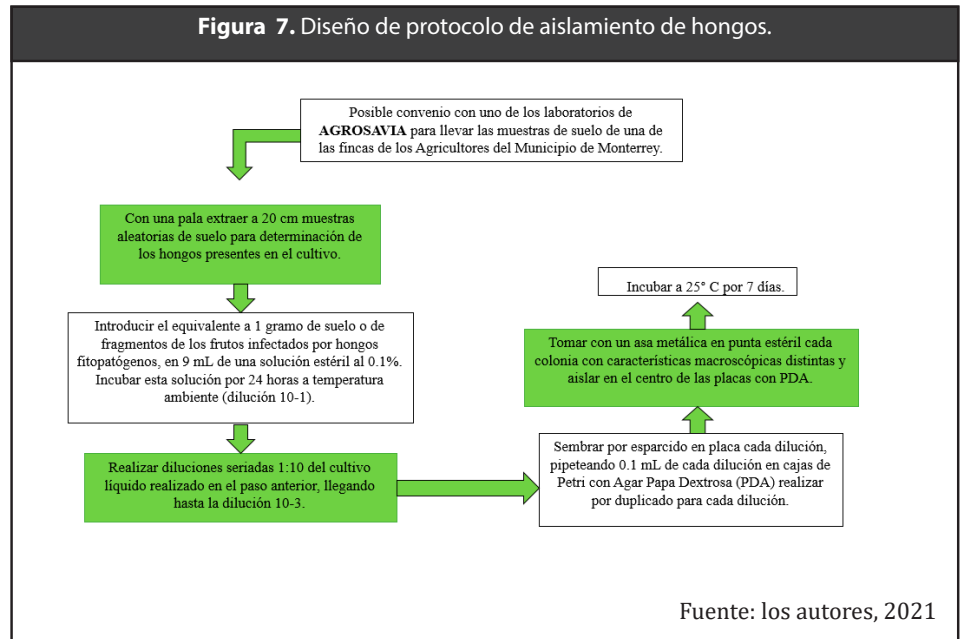
Respecto al proceso de síntesis general las comparaciones mantienen un nivel de inconsistencia menor a <0.1 . Para las prioridades que se asignaron en los criterios ambientales, económicos y técnicos, la alternativa con preferencia final es *Trichoderma harzianum* Rifai con un P valor de (1.000000); seguido por *Trichoderma asperellum* (0.882651) y *Trichoderma viride* (0.845567), lo que indica que esta cepa se ajusta a los criterios de selección de la zona de estudio por sus características bioclimáticas y por su potencial para controlar hongos fitopatógenos (Enrique & Milagros, 2018). Lo cual coincide con el estudio realizado por Cotes (2018), donde la importancia del desarrollo de un bioplaguicida radica en microorganismos con potencial biocontrolador, obtención de un prototipo producto, ubicación del bioplaguicida en el mercado y la generación de un producto optimizado.

Diseño de protocolo

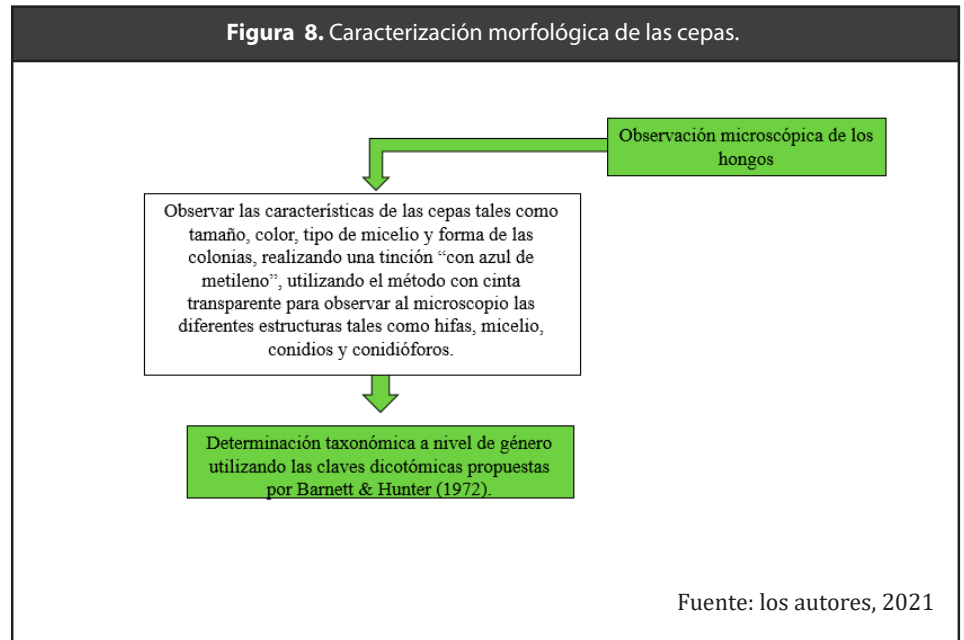
Como resultado de esta investigación se diseñó un protocolo donde se observan cada una de las fases que se deben implementar para utilizar microorganismos antagonistas en el control biológico de organismos fitopatógenos. Es importante mencionar que se está

contemplando con la Alcaldía de Monterrey, Casanare, un posible convenio con los laboratorios de AGROSAVIA sede La Libertad, con el fin de llevar muestras de suelo de cultivos del municipio y verificar la presencia de alguna especie del genero Trichoderma.

Aislamiento de hongos

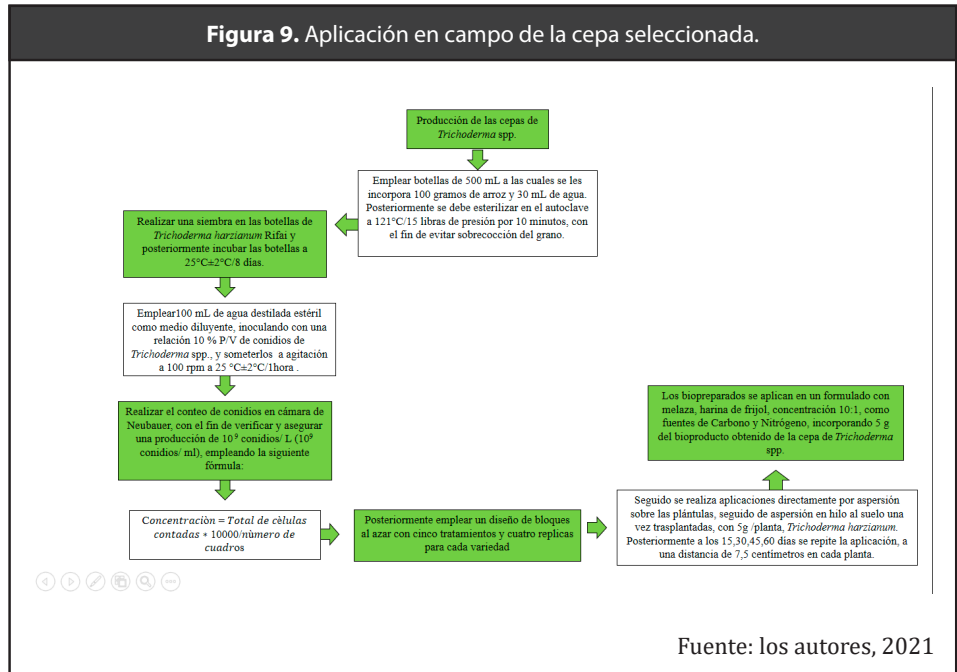


Caracterización morfológica



Aplicación en campo del microorganismos de control biológico

Para la realización de las etapas de laboratorio, es necesario contar con la infraestructura necesaria para continuar con los procesos que se mencionan a continuación, por lo anterior se debe realizar un convenio con entidades públicas o privadas, para el apoyo y seguimiento a los productores del municipio. Así mismo, se recomienda que la alcaldía del municipio realice un convenio con el Instituto Colombiano Agropecuario – ICA para caracterizar las cepas nativas de *Trichoderma spp.* que se aíslan en el municipio, a nivel molecular para confirmar el género y la especie en un rango de confiabilidad del 90-99% que permita validar el tratamiento de identificación con claves taxonómicas que se mencionan a continuación.



4. Conclusiones

A nivel nacional se están realizando esfuerzos para adoptar técnicas de manejo fitosanitario que cumplan con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, construyendo a través de estas técnicas la restauración de ecosistemas agrícolas utilizando la naturaleza para impulsar la productividad de los suelos agrícolas de una forma sostenible, que contribuya en la reconstrucción de reservas de carbono orgánico, beneficie a los microorganismos que mantienen la fertilidad natural de los suelos y mejore la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes. Sin embargo, una vez realizada la encuesta se aprecia que los agricultores del municipio de Monterrey poseen un desconocimiento de los conceptos relacionados con el tema de control biológico, lo que muestra un vacío en instrumentos que proporcionen herramientas al sector agrícola para adaptarse a nuevas técnicas de control en plagas. Así mismo, pese a que los agricultores son conscientes de los daños que causan los métodos químicos en la salud humana y el medio ambiente, no se están tomando las medidas necesarias para cambiar de hábitos y mitigar esta problemática.

Por otra parte, conforme los resultados, se corrobora que no se están empleando suficientes estrategias para implementar técnicas de manejo fitosanitario amigables con el medio ambiente, lo cual es

un desafío que requiere la adopción de soluciones integrales, que incluyan la institucionalidad a nivel local, así como el cambio de prácticas de manejo fitosanitario. Por lo anterior, cualquier estrategia de acompañamiento a través de educación, fortalecimiento de las organizaciones sociales y de modelos de asistencia técnica integral en manejo fitosanitario son de vital importancia para el manejo de buenas prácticas.

La revisión documental del estudio y la aplicación de instrumentos, son muestra que la utilización de organismos benéficos, puede disminuir de manera eficiente y ecológica las poblaciones de plagas. Además, de obtenerse un beneficio de su control, generando menos contaminación ambiental, estableciendo organismos benéficos en sistemas de producción agrícola y disminuyendo la resistencia de las plagas a los agroquímicos.

De acuerdo a los criterios ambientales, económicos y técnicos asignados según la importancia de las condiciones evaluadas, la cepa que se estableció como la más favorable debido a las características analizadas es *Trichoderma harzianum* Rifai con un valor de Prioridad de (1.000000). Finalmente, se puede concluir que juega un papel fundamental la sensibilización ambiental, a través de esta se puede empoderar a los agricultores sobre los conocimientos acerca de control biológico, que como estrategia de adaptación podría contrarrestar las afectaciones causadas por el uso indiscriminado de agroquímicos. Para lograr este fin, es necesario que desde el ámbito local se construyan estrategias técnico-sociales que fortalezcan las capacidades de las comunidades en técnicas fitosanitarias amigables con el medio ambiente.

Se recomienda para futuros estudios realizar alianzas de investigación en control fitosanitario con entidades públicas y privadas, con el fin de generar apoyo técnico a los productores agrícolas del municipio de Monterrey, Casanare.

5. Referencias

- Alcaldía Monterrey Casanare. (2021). <http://www.monterrey-casanare.gov.co/>
- Anaconda, O. (2020). Explotación y comercio de materias primas en la transformación de los llanos orientales de Colombia. *Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Humanas, Departamento de Historia*.
- Arenas, O., Lara, M., Huato, M., Hernández, F., & Alfonso, D. (2010). Características de *Trichoderma harzianum*, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles. *Escuela de Ingeniería Agroforestal Campus Tetela BUAP*.
- Bissett, J. (1991). A revision of the genus *Trichoderma* spp., Infrageneric classification. *Canadian Journal of Botany*, 2357–2372. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77613172015.pdf>
- Cano, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. una revisión. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n2/v14n2a03.pdf>
- Cárdenas, J. (2010). *CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA Y PRODUCCIÓN DE Trichoderma harzianum Y Trichoderma viride EN CULTIVO ARTESANAL*.
- Cart, I., & Canela, S. (1994). El artículo de revisión. *Enferm Clin*, 4(4), 184. https://www.uv.es/joguigo/valencia/Recerca_files/el_articulo_de_revision.pdf
- Clavijo, N., & Pérez, M. (2012). Experiencias y enfoques de procesos participativos de innovación en agricultura. *FAO. El Caso de La Corporación PBA En Colombia*, 56.
- Corpoica. (2013). *Diagnóstico de fertilidad de suelos y de disponibilidad y calidad de forrajes del municipio de Monterrey, departamento de Casanare*.
- Cotes, A. (2018). Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros. In *Agrosavia* (Vol. 2). <https://edepot.wur.nl/466984>
- Creative Decisions Foundation. (1996). *No Title*.
- Departamento nacional de planeación (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.ods.gov.co.es/objetivos>
- Ecología en la Red. (2010). *Universidad Del Zulia*.
- Endréu, T. (2011). Costa Rica: mayor consumidor de plaguicidas por hectárea en el mundo. *Red de Acción En Plaguicidas y Sus Alternativas Para América Latina*. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177005.pdf>
- Enrique, M., & Milagros, R. (2018). *Practical Decision Making using Super Decisions v3 An Introduction to the Analytic Hierarchy Process*.
- Fuentes Cervantes, D., & Pimiento Centeno, D. (2017). Evaluación de compuestos tóxicos: plaguicidas órganoclorados y metales pesados en suelos agrícolas del distrito de riego de Repelón-Atlántico. *Universidad de La Costa CUC*. https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/236/1140881790_1045734323.pdf?sequence=1
- Takegne, E., & Martínez, C. (2018). Antibiosis y efecto de pH-temperatura sobre el antagonismo de cepas de *Trichoderma asperellum* frente a *Alternaria solani*. *Scielo Perú*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- García-García, J. A., Reding-Bernal, A., & López-Alvarenga, J. C. (2013). Cálculo del tamaño de la muestra en investigación en educación médica. *Elsevier (a)*.
- García, H., Campos, A., Prieto, M., Vázquez, E., Ortigoza, C., & Esquivel, C. (2017). Caracterización morfológica y molecular de cepas nativas de *Trichoderma* y su potencial de biocontrol sobre *Phytophthora infestans*. *Scielo Perú (b)*.
- González, I., Infante, M., Arias, Y., Ramírez, S., Hernández, T., Noval, P., Blanca, M., Martínez, C., & Peteira, B. (2019). Efecto de *Trichoderma asperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg sobre indicadores de crecimiento y desarrollo de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar BAT-304. *Scielo Perú (c)*.

- Guigón, C., & Guerrero, V. (2010). Identificación Molecular de Cepas Nativas de *Trichoderma* spp. su Tasa de Crecimiento in vitro y Antagonismo contra Hongos Fitopatogenos. *Fitopatología*.
- Hernandez, A. (2011). Uso de pesticidas en dos zonas agricolas de Mexico y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Rev. Int. Contam Ambient*, 27(2). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14712/1/UPS-CT007228.pdf> (a).
- Hernandez, Carlos, & Pilar. (2014). *Metodología de la investigación*. 156. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf> (b).
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2014). Metodología de la investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (6a. ed). *McGraw-Hill*, 2-358 (c).
- Hoyos, C., Orduz, S., & Bissett, J. (2009). Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. *Biological Control*, 51(3), 409-416 (a).
- Hoyos, P., Cruz, A., Hernández, E., Gayosso, E., Valenzuela, N., & Cureño, H. (2019). Antagonismo de *Trichoderma* spp. vs hongos asociados a la marchitez de Chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (b).
- ICA. (2019). Comercialización de plaguicidas; producción y venta de plaguicidas químicos de uso agrícola, importación-exportación. *Instituto Colombiano Agropecuario*. <https://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Agricola/Servicios/Regulacion-y-Control-de-Plaguicidas-Quimicos/Estadisticas/ESTADISTICAS-PLAGUICIDAS-2019-1.pdf.aspx?lang=es-CO>
- IFPRI. (2012). International Food Policy Research Institute. *Global Food Policy Report*.
- Marta, G., Ojeda, M., & Maldonado, G. (2017). Identificación molecular y tasa de crecimiento de cepas nativas de *Trichoderma* spp. aisladas de la Región Norte del Paraguay. *Universidad Católica Nuestra Señora de La Asunción*.
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, R. (2013a). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista de Protección Vegetal*, 1(28), 1-11 (a).
- Martínez, B., Infante, D., & Reyes, Y. (2013b). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *SciELO Perú* (b).
- Mayo, S., Gutiérrez, S., Malmierca, M., Lorenzana, A., Campelo, M., Hermosa, R., & Casquero, P. (2015). Influence of *Rhizoctonia solani* and *Trichoderma* spp. in growth of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and in the induction of plant defense-related genes. *Frontiers Plant Science*, 6(685), 1-11.
- Mishra, A., Kumari, S., Pandey, V., Chaudhry, K., Gupta, C., & Nautiyal, C. (2014). Biocatalytic and antimicrobial activities of gold nanoparticles synthesized by *Trichoderma* sp. *Bioresource Technol*, 166, 235-242.
- Molina, R. (2010). *Aislamiento y caracterización de hongos patógenos presentes en lulo, tomate de árbol y mora de castilla potencialmente patógenos para los cultivos de Gulupa (Pasiflora edulis var. edulis Sims.)*.
- Orjuela, B. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Rev. Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124.
- Ortiz, L., Sanchez, E., Folch, J., Olvera, A., & Danta, E. (2014). Los plaguicidas en México: aspectos generales, toxicológicos y ambientales. *Universidad Autónoma Del Estado de Morelos*, 1-35.
- Parra Támara, D. (2018). *Evaluación del antagonista Trichoderma spp., contra enfermedades radiculares de Lactuca sativa L. var. Inybasea (Hort) y Capitata L., en el municipio de Pamplona*.
- PECTIA. (2016). *Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano 2017-2027*.
- PNUD. (2012). El campesinado reconocimiento para construir país. *Cuaderno Del Informe de Desarrollo Humano - Colombia 2011*. <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/61/?sequence=1>

- Pope, J. (2002). *Investigación de mercados guía maestra para el profesional*.
- Reyes, U., & Ramírez, I. (2010). Evaluación de la efectividad del antagonista *Trichoderma lignorum* al tratar la semilla de arroz (*Oriza sativa*), contra el hongo *Rhizoctonia solani*". *Departamento Técnico Agro Servicios; Colombia*.
- RIA. (2018). *Control biológico, una estrategia tan sostenible como rentable*. <http://ria.inta.gov.ar/contenido/control-biologico-una-estrategia-tan-sostenible-como-rentable?l=en>
- Riveros, B., Muñoz, G., Gonzales, L., Rojas, L., Alvarez, M., & Hinrichsen, R. (2001). Comparación entre análisis morfológicos y de ADN para la identificación de especies de *Fusarium* aislados de melón (*Cucumis melo* L.). *Agricultura Técnica*, 61(3), 281–293. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/ac/v42n1/0377-9424-ac-42-01-115.pdf>
- Rojan, P., Tyagi, R., Prévost, D., Brar, K., Pouleur, S., & Surampalli, R. (2010). Mycoparasitic *Trichoderma viride* as a biocontrol agent against *Fusarium oxysporum* f. sp. *Adzuki* and *Pythium arrhenomanes* and as a growth promoter of soybean. *Crop Protection*, 29(12), 1452–1459.
- Romero, A., Lara, M., Huato, M., Hernández, F., & Arellano, V. (2010). *Características de Trichoderma harzianum, como agente limitante en el cultivo de hongos comestibles*.
- Roque Ortiz, S. (2015). Síntesis de la evolución del conocimiento en Edafología. *Revista Eubacteria CENTUM*, 51–55. https://www.um.es/eubacteria/Sintesis_de_la_evolucion_del_conocimiento_en_Edafologia_Eubacteria34.pdf
- Salazar, A., Glenda, Y., Aponte, J., Alcano2, N., Sanabria, J., & Guzmán. (2013). Importancia de las especies de *Trichoderma* para el control de *Macrophomina phaseolina* en las áreas agrícolas del estado Aragua, Venezuela. *Scielo Perú*.
- Salgado, L., & Ana, C. (2007). Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *Scielo Perú*, 13(13), 73. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1729-48272007000100009&script=sci_abstract
- Samaniego, F., Maimouna, H., Odalys, C., Rondón, C., & Espinosa, I. (2018). Aislamiento, identificación y evaluación de cepas autóctonas de *Trichoderma* spp. antagonistas de patógenos del suelo. *Revista de Protección Vegetal*.
- Sandoval, C. (1996). Investigación Cualitativa. *Bogotá: ICFES*, 121.
- Schuster, A., & Schmoll, M. (2010). Biology and Biotechnology of *Trichoderma*. *Applied Microbial Biotechnology*, 87, 787–799.
- Sivila, N., & Jujuy, S. A. (2013). *Produccion artesanal de Trichoderma. Argentina*. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24264/1/Tesis-139> Ingeniería Agronómica -CD 434.pdf
- Tancic, S., Skrobbonja, J., Lalosevic, M., Jevtic, R., & Vidic, M. (2013). Impact of *Trichoderma* spp. on soybean seed germination and potential antagonistic effect on *Sclerotinia sclerotiorum*. *Pestic Phytomed*, 28(3), 181-185.
- Tang, H. P. (2013). Recent development in analysis of persistent organic pollutants under the Stockholm Convention. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 45, 48–66. https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/236/1140881790_1045734323.pdf?sequence=1
- Tangarife, N. (2021). Control biológico, la nueva era de la agricultura. *Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales*. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/4001>
- Valenzuela, N., Lara, F., Ortega, A., Vite, A., & Hernández, A. (2019). *Trichoderma* posible micoparásito de *Sporisorium reilianum* y su influencia en el rendimiento del maíz. *Entreciencias*. <https://www.redalyc.org/journal/4576/457659382004/html/>
- Villadiego, A., Ríos, A., & Sánchez López, A. (2013). Validación De Un Método Para El Análisis De Plaguicidas Organoclorados En Tejido Adiposo. *Revista de Investigaciones*, 28(1), 146–152. https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/236/1140881790_1045734323.pdf?sequence=1
- Vinale, F. (2020). Beneficial effects of *Trichoderma* secondary metabolites on crops. *Phytotherapy Research*.
- Zhang, Y. (2016). Influence of Soil pH and Temperature on Atrazine Bioremediation. *Journal of Northeast Agricultural University (English Edition)*, 23(2), 12–19.