



DESARROLLO DE MICROECONOMÍAS REGIONALES EN LA PRODUCCIÓN DE ACEITES ESENCIALES COSECHADOS EN SUELOS MINEROS - ATN/RF 16110

Producto 16: Informe de implementación de ensayo piloto

Aslenis Melo
David Granada



2021



Códigos JEL: Q16

ISBN:

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un mecanismo único de cooperación técnica entre países de América Latina, el Caribe y España, que promueve la competitividad y la seguridad alimentaria. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Aslenis Melo Ríos y David Granada.

Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

www.fontagro.org



Tabla de Contenidos

Abstract / Resumen	4
Introducción.....	5
Objetivos	7
Metodología	Error! Bookmark not defined.
Resultados	11
Discusión.....	15
Conclusiones	17
Referencias Bibliográficas	18
Instituciones participantes	21



Resumen

El valor comercial de las hojas de limoncillo se ha visto afectado durante los últimos años principalmente por patógenos foliares, entre los que se encuentran los comúnmente conocidos como royas (Pucciniales). Se desarrolló un ensayo en el corregimiento de Atánquez, zona Rural de Valledupar, Colombia, con el objetivo de evaluar la eficacia en la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Beauveria bassiana* sobre plantas de Limonaria (*Cymbopogon citratus*) para el control de enfermedades de origen fúngico. La metodología aplicada incluyó la cuantificación de plagas y enfermedades en las plantas y luego la aplicación en campo de biopreparados de *T. harzianum* y *B. bassiana*, por aspersión directa sobre las plantas. Para estimar el porcentaje del tejido afectado se utilizó la escala de Cobb y se comparó mediante software ImageJ.

Se evidenciaron hojas con síntomas de roya roja, tales como manchas necróticas de color pardo rojizo, y un halo amarillo. De los raspados de tejido foliar obtenidos de *C. citratus*, se identificaron estructuras fúngicas propias del género *Puccinia* sp. En la fase de campo se determinó la severidad hasta del 40% de la enfermedad. *T. harzianum* fue el tratamiento con mayor efectividad en el control de la roya (95%) y en el aumento del número de hojas. Sin embargo, la aplicación conjunta de los biocontroladores no mostró un control superior a los realizados de manera independiente en las plantas. En conclusión, los biopreparados a base de *T. harzianum* presentan una efectividad favorable para el control de enfermedades en plantas de limoncillo en el municipio de Atánquez, Cesar.

Palabras Clave:

Atánquez, roya, hongos, fitopatógenos, biocontrol, antagonistas.



Introducción

En Colombia, los cultivos de *C. citratus* se encuentran principalmente en zonas cálidas-tropicales, en alturas comprendidas de 0 a 1900 msnm, siendo la zona cafetalera el área más representativa, encontrándose como cercas vivas alrededor de cultivos o como protector en áreas degradadas debido a su efecto favorable en la conservación de suelos (Álvarez y Salazar, 2014). Es una planta con propiedades benéficas como agente antifúngico, antibacteriano e insecticida y también utilizada como antiespasmódico, razones principales que han llevado a intensificar su producción (Tofiño et al., 2016).

En el Caribe colombiano, principalmente en el resguardo indígena Kankuamo en Atánquez, se realizan cultivos de *C. citratus*. La región es considerada una despensa agrícola y presenta características topográficas para el desarrollo de esta planta herbácea, tales como: humedad relativa entre 56 % y 74 %, suelos francos y ligeramente ácidos, una tasa alta de fertilidad y porcentaje de materia orgánica del 2 % (Mena et al., 2018). Sin embargo, el cultivo de limoncillo se ve afectado por plagas y patógenos foliares, entre los que se encuentran los comúnmente conocidos como royas (Pucciniales) (Álvarez y Salazar, 2014).

Para contrarrestar la incidencia de plagas y enfermedades se ha planteado la implementación de plaguicidas químicos; sin embargo, éstos resultan altamente tóxicos y dañinos para el medio ambiente, contaminando suelos, aire y los mantos acuíferos, además de crear resistencia genética en los fitopatógenos a los ingredientes activos (Andrade et al., 2019). Además, la aplicación de esas tecnologías químicas generalmente no está apoyada con investigaciones pertinentes acerca del impacto del uso frecuente de insecticidas sobre la estructura y funcionamiento de los agroecosistemas (Chirinos et al., 2020).

Teniendo en cuenta lo anterior, es necesaria la búsqueda de alternativas para el manejo de enfermedades en las plantas, cuyas acciones sean principalmente amigables con el medio ambiente y sean económicamente viables. Dentro de ese conjunto de alternativas, se han estudiado la supresión de plagas y fitopatógenos mediante el uso de agentes de control biológico, con énfasis en el uso de microorganismos nativos (Ríos et al., 2016) con capacidad biofungicida (Pérez et al., 2019), biofertilizante y/o bioplaguicida (Álvarez y Gómez, 2016; Ríos et al., 2016).

Dentro de las alternativas para el desarrollo de bioproductos, se han identificado aproximadamente 700 especies de hongos entomopatógenos en 90 géneros, entre los cuales se destacan *Beauveria* spp., *Metarhizium* spp., *Lecanicillium* spp., *Trichoderma* spp., e *Isaria* spp., que son los géneros más utilizados para producción en masa y utilización en control biológico (Fernández et al., 2019).



Los microorganismos antagonistas se encuentran presentes en el suelo de forma natural y ofrecen varios beneficios para los cultivos, como mayor absorción de nutrientes, mayor tolerancia al estrés biótico y abiótico y promueven sistemas de defensas en plantas. Por lo tanto, su uso contribuye al desarrollo sostenible de la agricultura y permite responder a la demanda de alimentos orgánicos (Companioni et al., 2019). Sin embargo, el grado de patogenicidad está en función de condiciones ambientales (Falconi et al., 2010).

En consecuencia, teniendo en cuenta el panorama y los retos que surgen de la necesidad de incrementar la producción de plantas de interés económico en el departamento del Cesar, se hace necesario crear estrategias que permitan establecer un buen manejo fitosanitario.



Objetivos

Evaluar la eficiencia de *Trichoderma harzianum* y *Beauveria bassiana* como controladores biológicos de enfermedades en plantaciones de limonaria (*Cymbopogon citratus*) en la zona de Atánquez, Cesar.



Metodología

Se desarrolló un estudio de tipo experimental de corte transversal. La fase *in vitro* se realizó en los laboratorios de la Universidad Popular del Cesar, ubicada en la ciudad de Valledupar, Colombia. La fase de campo se realizó en el corregimiento de Atánquez, jurisdicción de Valledupar, posicionado geográficamente en 10°42'N 73°21'O, altitud media de 1783 msnm y una temperatura promedio entre 19 °C a 29 °C.

Para la cuantificación de plagas y enfermedades presentes en el cultivo de *Cymbopogon citratus*, se utilizó la metodología descrita por Gómez, B & Jones, R. (2002), Zumbado, M & Azofoifa, D. (2018) y Barba et al., (2020). Sin embargo, durante las visitas no se observó presencia de plagas. Para el reconocimiento de posibles enfermedades, se identificaron plantas con presencia de hojas con necrosis circular sobre el haz. Se realizaron cortes transversales de cuatro centímetros de diámetro en las raíces y se cuantificaron las que presentaban manchas de color café. Plantas con presencia de uredias en el haz de la hoja, con longitud de 0,5 a 1 milímetros. Se cuantificaron especímenes con presencia de manchas foliares (tizones).

Para analizar la presencia de hongos fitopatógenos, principalmente asociados a roya roja, se adoptó la metodología propuesta por Esquen et al., (2020); se observaron las hojas que presentaban signos de enfermedad como manchas rojas, clorosis en puntos o toda la hoja; se procedió a colocar en cámaras húmedas en solución de hidróxido de sodio (NaOH) a concentración de 2 %, durante cinco días, y posteriormente se hizo la tinción con azul de lactofenol, o hidróxido de sodio según el color de la colonia del hongo fitopatógeno sembrado también en agar PDA. La verificación del fitopatógeno asociado a roya roja (*Puccinia sp*) se hizo teniendo en cuenta las características descritas por Álvarez y Suarez (2014), con observación de grandes uredosporas rojas que no toman la coloración de azul de lactofenol.

La determinación de la capacidad de *T. harzianum* y *B. bassiana* para disminuir la incidencia de enfermedades en cultivos de *C. citratus*, estuvo basada en la metodología de Díaz et al., (2020). Se realizó análisis experimental completamente aleatorio, con un diseño por bloques de 4x3 con tres repeticiones. Cada unidad experimental contó con nueve (9) plantas de *Cymbopogon citratus*, para un total de 108 plantas. Se aplicaron inóculos de los hongos *T. harzianum* y *B. bassiana* a una concentración 1×10^8 conidios/gr, preparado 10 g en un 1 litro de agua, según recomendaciones del laboratorio formulador del bioinsumo de la Corporación para Investigaciones Biológicas (CIB). Las dosis de ambos biocontroladores fueron aplicadas de manera foliar y al suelo, en forma simultánea a través del método de bombeo. Se realizó frecuencia de aplicación de siete días, durante un mes del periodo de evaluación, para un total de 5 aplicaciones. Se tomaron tres mediciones con una frecuencia de 15 días a partir del inicio de la aplicación. Se contó con cuatro tratamientos con tres (3) repeticiones, tal como se describen en la tabla 1. En la figura 1 se muestra la distribución de cada unidad experimental, con una distancia aproximada de 2,5 m.



Tabla 1. Tratamientos a evaluar en la investigación.

T	Tratamiento realizado con <i>T. harzianum</i>
T + B	Tratamiento realizado en conjunto de <i>T. harzianum</i> y <i>B. bassiana</i>
B	Tratamiento realizado con <i>B. bassiana</i>
C	Tratamiento control (sin adición de control biológico)

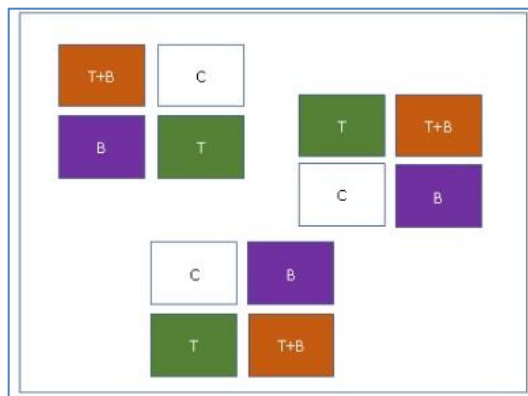


Figura 1. Descripción del proceso de evaluación en los tratamientos realizados.

Posteriormente, en cada tratamiento se tomaron muestras de los especímenes con síntomas de enfermedades comunes, como hoja blanca y número de espigas con manchas. Para estimar el porcentaje del tejido afectado por la roya se utilizó la escala de Cobb modificada por Peterson et al. (1948), la cual relaciona el porcentaje real ocupado por uredinios de la roya con el grado de severidad (Sauceda et al., 2015). La escala de Cobb (Figura 3) asigna un valor del 100 % al 37 % de porcentaje real de área infectada, que se considera como la máxima infección posible bajo condiciones de campo. La comparación es visual, se mide la hoja afectada a evaluar en relación a la escala por similitud de prevalencia de puntos, que indican las manchas asociadas al fitopatógeno.

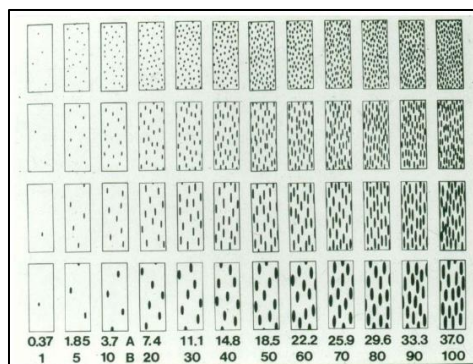


Figura 2. Escala de Cobb utilizada para medir la afectación por roya en plantas de limoncillo en porcentaje de 1 a 100% (modificado por Petterson y col, 1948) (Sauceda et al., 2015).



Se contabilizó el número de hojas completamente desarrolladas presentes en cada planta a la octava semana después de la inoculación y se determinó el valor promedio, sumando los centímetros de cada hoja y luego se dividió sobre la cantidad de hojas presentes. También se midió la altura en centímetros, tomando la distancia desde la base del tallo hasta la hoja superior plenamente extendida, expresados en centímetros.

Finalmente, para comparar el método de Cobb en la estimación del grado de afectación, se utilizó el software de uso libre IMAGEJ versión 1.52, para el cual se tomaron las fotos de la hoja, recortando los bordes y se modificaron contrastes al 0.2 (20 % de contraste), con umbral de color con método RGB en color negro, ajustando a las áreas de afectación con manchas típicas color marrón y bordes amarillos, para posterior análisis de partículas y selección del porcentaje de área afectada (figura 3). Los datos obtenidos se registraron en hojas de cálculo de Microsoft Excel y para el estudio de los datos se empleó el programa SPSS 2.0. Se aplicaron los métodos: análisis de varianza (ANOVA) de un factor con prueba de rangos múltiple de Duncan. Se utilizó un nivel de confianza del 95 %.

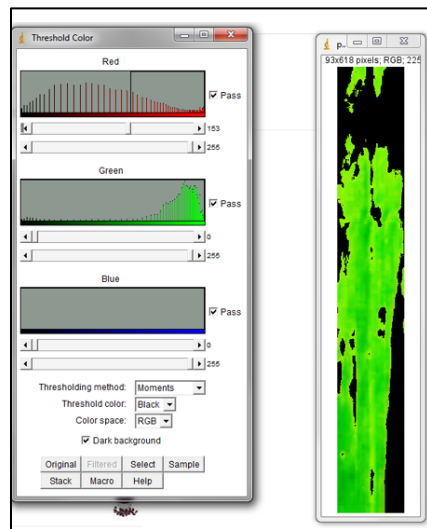


Figura 3. Utilización de IMAGEJ para procesamiento de hojas con afectaciones, donde el color verde es el área sin afectación de la hoja y en negro se marca el área que contiene manchas rojas o cloróticas por roya roja.



Resultados

De las plantas evaluadas en el cultivo de *C. citratus* no se evidenció la presencia de insectos plagas que sugieran alguna repercusión en el desarrollo de enfermedades. De 108 plantas analizadas, se identificaron 95 (87,9 %) que presentaban en sus hojas signos de enfermedad tales como manchas necróticas de color marrón (figura 4-a), pequeños bultos (figura 4-b), lesiones diminutas y elongadas que forman un halo amarilloso (figura 4-c). En el laboratorio se identificaron estructuras fúngicas con afectación en las plantas, estructuras con formas ovoides (uredosporas) de color marrón-rojizo, globosas.



Figura 4. Plantas de *Cymbopogon citratus* afectadas por fitopatógeno en el corregimiento de Atánquez. Fuente Autores

Además, previa aplicación de tratamientos, las plantas afectadas con sintomatología típica de roya roja, presentaron variabilidad en la severidad de la infección, desde un 17 % a un 45 % como se presenta en la tabla 2, sin embargo, solo se tomó el grupo control con diferencia estadística significativa ($p=0.00$), considerando la disponibilidad del cultivo ya establecido por productores Kamkuamos de Atánquez. En todo caso la comparación de efectividad se realizó teniendo en cuenta cada grupo inicial y final.

Tabla 2. Severidad inicial de la infección en las plantas de *C. citratus*

Tratamiento	Afectación inicial (%)*
<i>Trichoderma harzianum</i>	17 ^a
<i>Beauveria bassiana</i>	19,9 ^a
<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Beauveria bassiana</i>	20 ^a
Control	45 ^b
Promedio	26

*valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente según Duncan 0.05

Mediante el método Cobb se evaluó la afectación antes y después de la aplicación de tratamientos, en la tabla 3 se muestran los resultados. Se observó un control de la enfermedad en un 95 % con el tratamiento con el antagonista *Trichoderma harzianum* en cultivos establecidos de *C. citratus* (de 17 % inicial a 1 % de afectación final), mientras que, en el control, (sin ningún

tipo de aplicación) la severidad de la enfermedad aumentó hasta un 40% (Tabla 3), pasando de un 45 al 63 % de afectación (Figura 5).

Tabla 3. Nivel de efectividad de tratamientos en cultivo de limonaria

Tratamiento	Recuperación (%)
<i>Trichoderma harzianum</i>	95c
<i>Beauveria bassiana</i>	82,9c
<i>Trichoderma harzianum</i> + <i>Beauveria bassiana</i>	23b
Control	-40a

*valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente según Duncan 0.05

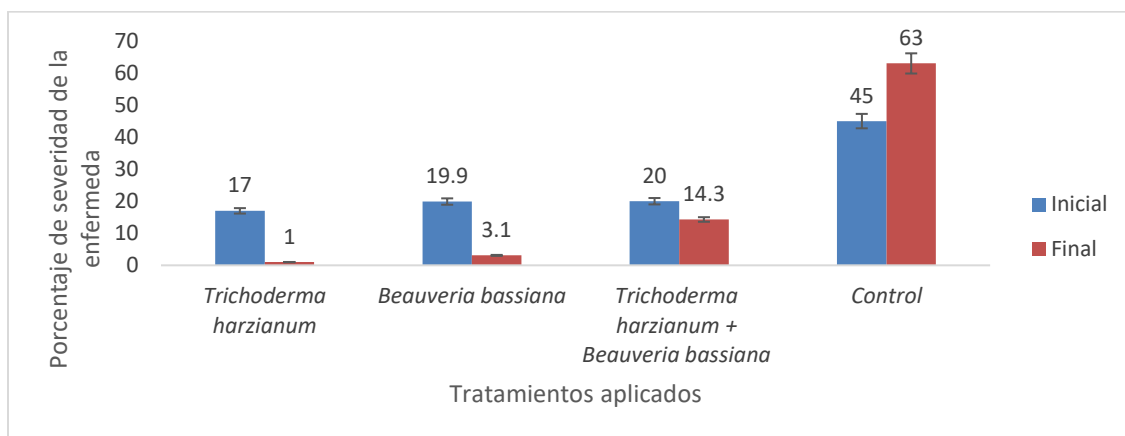


Figura 5. Gráfico de nivel de afectación inicial y post aplicación de tratamientos en plantas de limonaria con sintomatología de roya roja a los 30 días.

En cuanto al método de medición de afectación en limonaria por roya roja utilizando el software IMAGEJ, en la figura 6 se observan las diferencias en la medición inicial y la efectividad de tratamientos respecto al método Cobb; pero con diferencias significativas en la afectación final de plantas con aplicación de *Trichoderma* respecto al mismo grupo de observación inicial y de estas con el grupo control. Mientras que en el tratamiento con *Beauveria* no se observa reducción y entre grupos controles iniciales y finales tampoco se da una diferencia significativa.

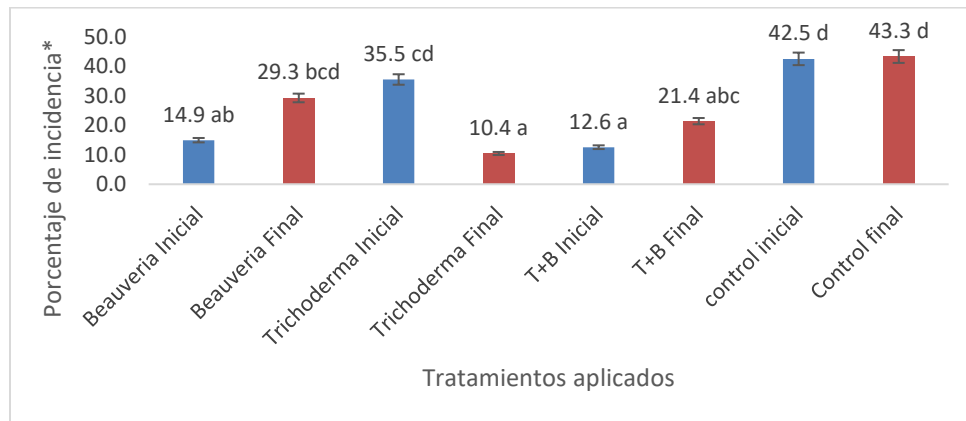


Figura 6. Gráfico de evaluación de efectividad por medición de áreas mediante método IMAGEJ
 **valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente según Duncan 0.05

Esta diferencia entre métodos Cobb e IMAGEJ, se debe principalmente a que en el primero se miden manchas necróticas; mientras en el método con el software se tuvo en cuenta el área próxima a manchas con clorosis (área amarilla). En consecuencia, se pudo observar que *Trichoderma* controla la presencia de manchas necróticas como la clorosis, mientras que *Beauveria bassiana* y la combinación solo controla manchas, no la clorosis.

En la figura 7 se muestran los resultados de las cantidades de hojas presentes en las plantas durante la aplicación de los diferentes tratamientos. Se puede observar que los tratamientos con solo aplicación de *Trichoderma harzianum* presentaron un mayor rendimiento foliar, alcanzando promedios de 13,2 hojas por planta, logrando un aumento significativo de 125 % con respecto a los tratamientos control. Seguidamente los tratamientos con aplicación de *Beauveria bassiana*, presentaron promedio de 7,9 hojas por plantas, reflejando un menor crecimiento con respecto a los tratamientos con aplicación de *T. harzianum*. Sin embargo, los tratamientos con aplicación conjunto de *T. harzianum* y *B. bassiana* presentaron valores similares a los observados en los tratamientos control o testigos, que no contaban con adición de organismos entomopatógenos, presentando promedios entre 3,9 a 4,5 hojas por plantas, respectivamente.

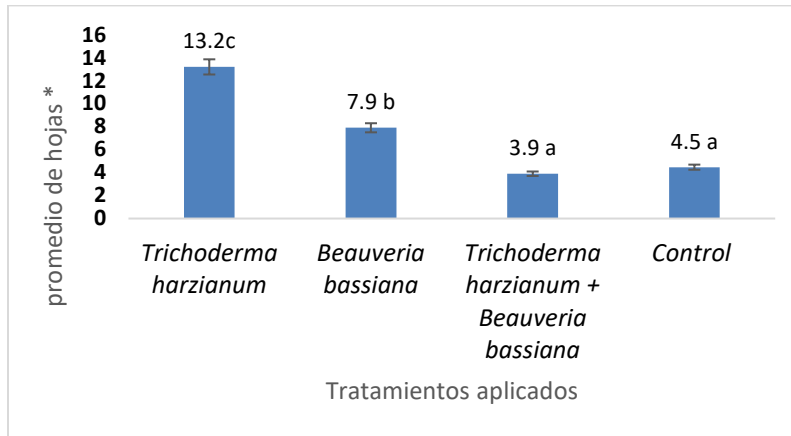


Figura 7. Grafico del promedios de hojas presentes en los tratamientos evaluados.
 **valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente según Duncan 0.05

En la Figura 8 se observa el comportamiento del crecimiento de las plantas en los tratamientos evaluados, en donde no se presentaron diferencias significativas en relación al control, ni entre sí ($p=0.27$).

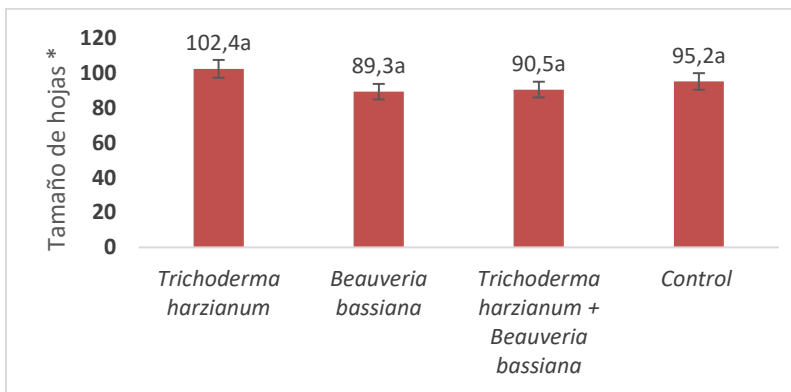


Figura 8. Gráfica de Valores promedio de altura en las plantas analizadas.
 *Valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente según Duncan 0.05



Discusión

Los resultados de esta investigación sugieren una similitud con los hallados por Romero (2016), donde señala que los cultivos de *C. citratus* no son afectados por plagas y enfermedades, debido a la inexistencia de insectos que infieran la afectación directa de estos sobre el estado de salud de la planta. Sin embargo, difieren con los resultados expresados en investigaciones realizadas con plantas de la misma familia taxonómica, en las cuales se determinó la presencia de hongos y bacterias que estimulan el desarrollo de enfermedades de tipo foliar, por ejemplo; plantas de maíz (*Zea mays*) (Hernández et al., 2018) y caña de azúcar (Rasche et al., 2016).

En cuanto a la identificación de síntomas de roya roja en limoncillo, los resultados son similares a lo descrito por Infante et al., (2009), Velásquez (2019) y Rincón et al., (2020), quienes lograron describir que los signos iniciales ocasionados por especies del género *Puccinia*, se manifiestan como lesiones diminutas y elongadas que forman un halo amarillento-verdoso, las lesiones se presentan como manchas alargadas y de coloración pardo-rojizo oscuro, en ambas caras de la hoja, con una longitud hasta de 0.5 cm y masas de esporas.

Las observaciones realizadas sobre las características microscópicas principales de *Puccinia* se asemejan a las descritas por Esquivel (2011), como un hongo que presenta uredosporos de color marron-rojizo, globosos a elipsoidales, ligeramente equinulados.

En cuanto a la efectividad del antagonista, también Pérez et al (2018), indica que el nivel de control de enfermedad foliar en arroz, por la aplicación de *Trichoderma harzianum* fue del 90 %. De igual manera, Castro et al., (2020) indicaron una disminución de la incidencia y severidad de enfermedades por ustilagos en maíz hasta de un 70 %, lo cual es importante teniendo en cuenta que esta planta pertenece a la misma familia de la limonaria.

Los resultados sugieren una acción benéfica directa con la aplicación por separado de los hongos entomopatógenos. La acción de *Trichoderma* se explica porque las cepas de este microorganismo se encuentran, comúnmente, asociadas con raíces y sus ecosistemas, con una alta capacidad de colonizar el sistema radicular de las plantas y producir compuestos tales como citoquininas, zeatinas y giberilinas, que estimulan el desarrollo de las plantas y promueven sus mecanismos de defensa (Eraso et al., 2014).

En cuanto a la disminución del rendimiento en la aplicación conjunta de los entomopatógenos, una posible explicación se basa en la alta capacidad de competencia por nutrientes y espacio que posee *T. harzianum* cuando se encuentra en presencia de otros hongos, como es el caso de *B. bassiana*. En la investigación realizada por Suárez et al., (2008), señalan que *T. harzianum* actúa por medio de una combinación de competencia por nutrientes, producción de metabolitos



antifúngicos, enzimas hidrolíticas y micoparasitismo. De igual forma, Sabando et al., (2017), determinaron la acción benéfica de *T. harzianum*, en tres dosis diferentes, sobre pre-plantaciones de piña (*Ananas comosus*), en el cual de los cuatro tratamientos (incluyendo el testigo), los tres tratamientos con aplicación del entomopatógeno presentaron una afectación positiva principalmente en el aumento de altura de la planta, número de hojas y peso fresco de la planta.

En cuanto al favorecimiento de las plantas inoculadas con *Trichoderma harzianum*, Cubillos et al., (2009), señalan que esta especie posee una variedad de características principalmente en suelos cálidos tropicales, dentro de las cuales se destacan la capacidad para producir ácido indolacético, sustancia capaz de favorecer el desarrollo de las raíces permitiendo con esto una mejor disposición de nutrientes para la planta, también presenta la capacidad de transformar nutrientes del suelo y solubilizar fosfatos orgánicos e inorgánicos, contribuyendo al mejoramiento vegetal y el control biológico de fitopatógenos.

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación, se presenta una posible explicación a la acción principal de *T. harzianum* sobre la mejoría en el rendimiento de las plantas, por su adaptabilidad al tipo de clima presente en la zona y la transformación de posibles nutrientes presentes en el suelo. Ruiz et al., (2018), los cuales lograron establecer que la cepa *Trichoderma longibrachiatum*, mostró los valores altos en la promoción de crecimiento vegetal del Jitomate, con un incremento significativo en la altura de la planta de hasta 156 cm, superando por 20 cm a la planta testigo. Estos efectos positivos, reafirman la capacidad de *Trichoderma* como promotor del crecimiento vegetal y biomasa radicular, lo cual puede deberse a su capacidad para solubilizar fosfatos, micronutrientes y cationes minerales útiles para el metabolismo de las plantas.

En todo caso, fue muy favorable la aplicación del bioinsumo a base de *T. harzianum*, en cultivos del resguardo Kamkuamo de Atánquez Cesar, porque son agricultores con tradición orgánica estricta, y prácticas totalmente amigables con el medio ambiente. De esta forma podrán seguir cultivando plantas aromáticas como limoncillo, e incluir en el manejo el controlador biológico, ya que es efectivo para el control de enfermedades, promueve el desarrollo de las plantas y no tiene impacto desfavorable para el ambiente.



Conclusiones

Los biopreparados a base de *T. harzianum* elaborados a partir de cepas nativas del Caribe seco colombiano, presentan una efectividad favorable para el control de roya roja en cultivos de limoncillo en el municipio de Atánquez y pueden ser utilizados para su estudio en otras áreas geográficas similares para el control de enfermedades fitosanitarias. Se logró determinar que las afectaciones en las plantas de *C. citratus* eran ocasionadas principalmente por hongos de tipo saprofitos, que tienen la capacidad de infestar la planta y producir lesiones en distintas partes de la estructura morfológica, pero principalmente en el desarrollo de las hojas. Las características microscópicas del hongo evaluado con presencia de uredosporas rojas están asociados al agente causal de la roya roja *Puccinia* sp.

En cuanto a los porcentajes de eficiencia para el control de las enfermedades, se logró determinar que la aplicación conjunta de los biocontroladores *T. harzianum* y *B. bassiana* en cultivos establecidos de limoncillo no presenta un control de enfermedades, ni de mejoramiento en variables agronómicas como número de hojas de *C. citratus* en el corregimiento de Atanquez Valledupar.

Se recomienda la evaluación de la efectividad de los bioformulados en cultivos de limoncillo y plantas de la familia poaceae en diferentes condiciones edafoclimáticas y microsistemas del Caribe seco y hacer estudios de compatibilidad de bioformulados con productos orgánicos y químicos de baja toxicidad para su inclusión en programas de manejo integrado de cultivos de limoncillo, esto debido la sensibilidad de los bioformulados a productos químicos de alta toxicidad, pero que pueden tener una integración en el control de enfermedades asociadas al cultivo de limoncillo, potenciando así su uso en niveles altos de afectación de la enfermedad, donde se requieren medidas con efectividad más rápida.

Se debe hacer una estandarización de la integración de métodos de determinación de severidad de enfermedades como roya roja mediante método Cobb y método con software IMAGEJ para aumentar la precisión de la valoración en beneficio del diagnóstico y manejo de las enfermedades en cultivo de limoncillo.

Al establecer estrategias de control biológico en la región de Atánquez, se podrá obtener beneficios tanto en la economía y calidad de vida de los consumidores, como también en la protección del ambiente. Los productores agrícolas han optado por el uso de controladores biológicos, que les permite combatir plagas, dentro de las cuales se destacan especies entomófagas o entomopatógenos, debido a su menor costo y las implicaciones generadas por el empleo de plaguicidas químicos. Por ello, en la actualidad se asume que dicha alternativa se constituye en una estrategia óptima para el manejo de las poblaciones de organismos patógenos en los ámbitos agrícola, pecuario y forestal.



Referencias Bibliográficas

- Apellido, Nombre del autor de existir (Fecha de publicación). "Título del artículo". Nombre de la revista on-line. Recuperado de <http://www.dirección URL del artículo>.
- Álvarez, B., y Gómez, G. (2016). Control de *Stenoma cecropia* (Lepidóptera Stenomidae) en el sur del Cesar, en palmas jóvenes, usando tierras de diatomeas (SiO₂). Tesis de pregrado. Universidad Abierta y a Distancia. Bucaramanga. Colombia.
- Álvarez, L., y Salazar, M. (2014). Caracterización morfológica de las royas (*pucciniales*) que afectan el limoncillo (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf) en Colombia. Revista Bioagro, Vol 26 (3). pp 171-176.
- Barba, Anovel., Aguilera, V., y Herrera, José Ángel. (2020). Presencia de *Pseudacysta perseae* (Heidemann, 1908) (Insecta: Hemiptera: Tingidae) en Panamá. *Idesia (Arica)*, 38(3), 123-127.
- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta, S., Solis, L., y Geraud, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 21(1), e1276
- Cubillos-Hinojosa, J., Valero, N., y Doria, L. (2009). *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). Agronomía Colombiana. Vol 27. 81-86.
- Cuervo, R., López, I., Trujillo, J., Fernández, F., y Vélez, S. (2018). Riesgos en salud laboral asociados al uso de un bioinsecticida con esporas de *Beauveria bassiana* y *Trichoderma lignorum*. Entramado, Vol 14 (2). Pp 244 – 255
- Díaz, G., Rodríguez, G., Montana, L., Miranda, T., Basso, C., y Arcia, M. (2020). Efecto de la aplicación de bioestimulantes y *Trichoderma* sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en vivero. Bioagro. Vol 32 (3): pp 195-204.
- Eraso, C., Acosta, J., Salazar, C., y Betancourth, C. (2014). Evaluación de cepas de *Trichoderma* spp. para el manejo del amarillamiento de arveja causado por *Fusarium oxysporum*. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu. Vol 15 (2): pp 237-249.
- Esquen, D., Iglesias, S., y Calderón, C. (2020). Identificación de insectos plaga, predadores y hongos fitopatógenos de *Cucurbita moschata* Loche. 10.1590/SciELOPreprints.673.
- Esquivel, E. (2011). La Roya de la Hierba-Limón, *Cymbopogon citratus* Stapf causada por *Puccinia nakanishikii* Dietel. Agrocencias Panamensis. Panamá.
- Falconi, F., Flores, A, y Castellanos, P. (2010). Letalidad de hongos entomopatógenos sobre *Dysdercus peruvianus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae). Revista Peruana de Biología, Vol 17 (2). pp 225-229. Recuperado en 02 de noviembre de 2020.
- Fernández, F., López, I., Trujillo, J., Pascoly, M., y Cuervo, R. (2019) Bioformulado de *Beauveria bassiana* (ATCC MYA-4886) y *Trichoderma lignorum* (ATCC-8751) como biocontrolador de *Atta cephalotes*. En: Entramado. Vol. 15 (1). Pp 288-296
- González, E., Lievano, K., Cubillo, D. (2020). Evaluación de la efectividad de antagonismo de *Trichoderma* sp. sobre diferentes hongos fitopatógenos presentes en el cultivo de maíz

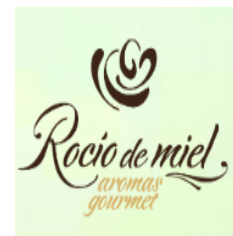


- (*Zea mays*). Revista ciencias agropecuarias. Vol 6 (1).
- Hernández, A., Osorio, E., López, J., Ríos, C., Varela, S., y Rodríguez, R. (2018). Insectos benéficos asociados al control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). agroproductividad. Vol 11 (1). Pp 9 – 14.
- Hernández, D., F, R., & Alarcón, A. (2019). *Trichoderma*: importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. *Chilean journal of agricultural y animal sciences*, vol 35 (1), pp 98-112. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>
- Infante, D., Martínez, B., González, E y González, N. (2009). *Puccinia kuehnii* (KRÜGER) BUTLER Y *Puccinia melanocephala* H. Sydow y p. Sydow. En el cultivo de la caña de azúcar. Rev. Protección Veg. Vol. 24 (1) pp 22-28
- Mena, E., Ortega, M., Merini, L., Melo, A. E., y Tofiño, A. (2018). Efecto de agroinsumos y aceites esenciales en el suelo de hortalizas en el Caribe colombiano. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(1), 103-124.
- Morinigo, I. A., Vega, G. D., Lesmo, N. D., Velázquez, J. A., Gennaro, K. H., y Alvarenga, J. D. (2019). Efecto del formulado comercial de *Trichoderma harzianum* en semillas de trigo. *Intropica*, 14(2), 104-111. <https://doi.org/10.21676/23897864.3095>
- Pérez, R., Pérez, L., Guzmán, R., Sanzón, D., y Belmonte, J. R. (2019). Sensibilidad in vitro de hongos fitopatógenos causantes de enfermedades en fresa a controladores biológicos y fungicidas, en el estado de Guanajuato, México. *Acta Universitaria* 29, e2339. doi. <http://doi.org/10.15174.au.2019.2339>.
- Rasche, J., Cabral, C., Augusto, E., Laerson, Gerson., y Souza da Silva, L. (2016). Fertilización fosfatada y encalado y su efecto sobre el desarrollo, productividad y ataque del barrenador en caña de azúcar. *Centro Agrícola*, vol 43(1), 36-43.
- Rincón, E., Gutiérrez, A., Guerra, B., & Espinosa, S. (2020). Alteraciones histopatológicas causadas por la roya *Puccinia nakanishikii* (Pucciniales: Pucciniaceae) en plantas de *Cymbopogon citratus* (Poaceae). *Revista de Biología Tropical*, 68(2), 361-382.
- Ríos, C., Caro, JN, Berlanga, DI., Ruíz, M., Ornelas, J., Salas, M., Villalobos, E., y Guerrero, VM. (2016). Identification and antagonistic activity *in vitro* af *Bacillus* spp. and *Trichoderma* spp. isolates againts common phytopathogenic fungi. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34: 84-99.
- Rodríguez, M., Milanés, P., Pérez, E., y Sierra, Y. (2016). Compatibilidad de *Trichoderma harzianum* Rifai con fungicidas del arroz y su efecto sobre tres fitopatógenos fúngicos. *Agrisost*. Vol.22 (2). Pp 54-67.
- Romero, L. (2016). “Elaboración de una bebida envasada de zacate de limón (*Cymbopogon citratus*), endulzada con panela como una alternativa agroindustrial”. Tesis de pregrado. Universidad Dr. José Matías Delgado. El Salvador.
- Ruiz, J.F. y Melo, J.Y. (2021). Informe de Predicción Climática a corto, mediano y largo plazo en Colombia. Grupo de Modelamiento de Tiempo y Clima, Subdirección de Meteorología – IDEAM
- Ruiz, María., Ornelas, J., Olivas, G., Acosta, C., Sepúlveda, D., Pérez, D., Rios, C., Salas, M.,



- Fernández y, S. (2018). Efecto de *Trichoderma* spp. y hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Revista mexicana de fitopatología*, 36(3), 444-456. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1804-5>.
- Sabando, F., Molina, L., y Garcés, F. (2017). *Trichoderma harzianum* en pre-transplante aumenta el potencial agronómico del cultivo de piña. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 12 (4), 410-414. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119054185003>
- Sauceda, C., Lugo, G., Villaseñor, H., Partida, L y Reyes, A. (2015). Un método preciso para medir severidad de roya de la hoja (*Puccinia triticina Eriksson*) en trigo. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 38 (4) pp 427 – 434
- Silva, R., Vargas, J., Sánchez, J., Oliva, R., Alarcón, T., y Panduro, P. (2020). *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como controladores compatibles y eficientes de insectos plaga en cultivos acuapónicos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 419-426.
- Suárez, C., Fernández, R., Valero, N., Gámez, R., y Páez, A. (2008). Antagonismo in vitro de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., asociado a la marchitez en maracuyá. *Revista Colombiana de Biotecnología*, vol 10 (2), 35-43. Retrieved April 16, 2021, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752008000200005&lng=en&tlng=es.
- Tofiño, A., Ortega, M., Galvis, D., Jiménez, H., Merini, L.J., MC Martínez, MC. (2016). Effect of *Lippia alba* and *Cymbopogon citratus* essential oils on biofilms of *Streptococcus mutans* and cytotoxicity in CHO cells. *Journal of Ethnopharmacology*. Vol 194. Pp 749-754
- Vázquez, M., y Guerrero, J. (2017). Efecto del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* sobre propiedades fisicoquímicas en películas de quitosano. *Scientia Agropecuaria*, vol 8 (4), 401-409.
- Velásquez, P. (2019). Enfermedades Del Sorgo En El Centro Oeste De Entre Ríos. Boletín de la asociación Argentina de Fitopatólogos. Vol 4. ISSN: 2618-1932
- Zumbado, M & Azofeifa, D. (2018). Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp.

Instituciones participantes



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org
Correo electrónico: fontagro@fontagro.org