

Extracción e identificación de microorganismos asociados al cultivo del ají (*Capsicum annuum*) en La Mesa (Cundinamarca)

Extraction and identification of pepper (*Capsicum annuum*) farming associate microorganisms at La Mesa (Cundinamarca)

Óscar Fradique Escobar Pardo, instructor agrícola SENA Girardot,
Programa Jóvenes Rurales Emprendedores
ofescobar3@misena.edu.co

Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA
Centro de la Tecnología del Diseño y la Productividad Empresarial, Girardot
Regional Cundinamarca

FECHA DE RECEPCIÓN: 28 DE MARZO DE 2014
FECHA DE ACEPTACIÓN: 23 DE MAYO DE 2014

RESUMEN

Se realizó un experimento en condiciones de campo y laboratorio, con el objetivo de extraer e identificar microorganismos benéficos asociados al cultivo del ají (*Capsicum annuum*) en el municipio de La Mesa (Cundinamarca). Este proyecto constó de dos fases: extracción e identificación.

Durante el proceso de extracción de microorganismos se instalaron tres trampas de arroz previamente esterilizadas en tres plantas de ají sanas y en estado productivo (para un total de nueve trampas). Adicionalmente, se dejaron dos trampas de arroz (testigo absoluto) almacenadas a la sombra y sin usar, verificando periódicamente que ningún microorganismo creciera en ellas, para demostrar que el proceso de esterilización fue correcto. La colocación de las trampas fue al azar para cada planta. Se demostró que la metodología de extracción de microorganismos funciona adecuadamente y que adicionalmente es de fácil acceso para los agricultores.

Se encontraron cepas de los hongos *Trichoderma* sp. (microorganismo benéfico) y *Fusarium* sp. (patógeno facultativo). La cepa de *Trichoderma* sp. obtenida del municipio de La Mesa fue identificada por el Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia a través de un examen de ADN (ácido desoxirribonucleico). Esta investigación les permitirá a los agricultores del municipio de La Mesa la reproducción de un hongo benéfico para el sector agrícola, hongo adaptado a las condiciones de suelo (acidez, textura, humedad, entre otras) y clima (temperatura, precipitación, altitud, etc.) de este municipio.

Palabras clave: *Trichoderma*, *Fusarium*, agricultura orgánica, ají, *Capsicum annuum*, antagonismo, microbiología, hongos benéficos.

ABSTRACT

It was an experiment conducted in laboratory and field conditions, with the aim to extract and identify beneficial microorganisms associated with the cultivation

of pepper (*Capsicum annuum*) in the town of La Mesa (Cundinamarca). This project consisted of two phases: extraction and identification.

During the extraction process of microorganisms, three previously sterilized rice traps were installed in three pepper plants healthy and productive state (for a total of 9 traps). Additionally, two traps rice (absolute control) stored in the shade and were left unused; periodically checking that no microorganisms grow on them to show that the sterilization process was correct. The setting of traps was randomized for each plant. It was demonstrated that microorganisms extraction methodology works properly and which is additionally easily accessible for farmers.

Strains of *Trichoderma* sp. fungi were found (beneficial microorganisms) and *Fusarium* sp. (optional pathogen). The strain of *Trichoderma* sp. obtained from the municipality of La Mesa was identified by the Institute of Genetics at the National University of Colombia through an examination of DNA (deoxyribonucleic acid). This research will allow farmers in the municipality of La Mesa playing a beneficial fungus for the agricultural sector, which is adapted to the soil conditions (acidity, texture, humidity, among others) and climate (temperature, precipitation, altitude, etc.) of this county.

Keywords: *Trichoderma*, *Fusarium*, Organic Agriculture, Pepper, *Capsicum annuum*, Antagonism, Microbiology, Beneficial Fungi.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un ecosistema de enorme riqueza microbiana. Las bacterias, incluidos los actinomicetos, son los organismos más numerosos en el suelo, alcanzan poblaciones que varían entre 10^6 y 10^7 bacterias g^{-1} del suelo; mientras que los hongos, debido a su mayor tamaño aunque menor abundancia, tienen la biomasa más significativa en el suelo, representando un 10% a 20% de la microflora total (aproximadamente 10^5 a 10^6 organismos/g de suelo (Ogata *et al.* 2005).

Adicionalmente, los microorganismos del suelo juegan un papel importante para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Este asocio permite, por una parte, aumentar el crecimiento y desarrollo de las plantas y, por otra, protegerlas contra otros organismos del suelo que pueden causar enfermedades. Esta asociación se define como mutualismo, en donde existe un beneficio recíproco entre el hospedero (planta) y el simbiote (microorganismo) (Hernández *et al.* 2003).

El conjunto de interacciones entre suelo, raíces y microorganismos da lugar al desarrollo de un ambiente dinámico conocido como rizósfera, donde una gran variedad de formas microbianas pueden desarrollarse activamente y en equilibrio (Pedraza *et al.* 2010). En la medida en que se incrementa la distancia desde la raíz, la disminución de la ri-

queza microbiana disminuye. Esta relación fue demostrada por Sylvia (2005), al relacionar el número de microorganismos por unidad de peso en el suelo de la rizósfera en comparación con los que se encuentran distantes de las raíces.

Por otra parte, investigaciones realizadas por Walker *et al.* (2003) demostraron que las plantas cuando están en sus estados iniciales de crecimiento envían hasta un 45% de los fotoasimilados a la rizósfera de la planta, dentro de los que se encuentran aminoácidos, ácidos orgánicos, azúcares, fenoles, polisacáridos y proteínas. Estos resultados permiten concluir que las plantas desde sus fases iniciales de crecimiento envían señales químicas de comunicación a sus superficies radicales para establecer relaciones mutualistas o incluso patogénicas con microorganismos asociados a la rizósfera del suelo. No se puede establecer una distancia general para el efecto rizosférico del suelo, debido a que esta depende del estado metabólico de la planta y de la naturaleza del suelo. Sin embargo, la alta actividad biológica en la rizósfera se debe a la liberación de compuestos orgánicos como polisacáridos y aminoácidos por parte de las plantas. Por último, Grayston *et al.* (1998) demostraron que entre un 10% y un 45% del carbono asimilado por las plantas es liberado a la rizósfera; por lo tanto, las relaciones mutualistas entre plantas y

microorganismos se presentan en unas plantas más que en otras dependiendo del grado de evolución e interacción desarrollado a través del tiempo. El objetivo del presente estudio es extraer e identificar los microorganismos asociados a la rizósfera del suelo en plantas de ají, para determinar su interacción y asociaciones.

1. Marco conceptual

Se han reportado diversas enfermedades para el cultivo del ají, dentro de las cuales las más limitantes son la mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *Vesicatoria*), el añublo polvoriento del pimiento (*Oidium* sp.), el tizón del pimiento (*Phytophthora capsici*), mancha por *Cercosopora* sp., *Fusarium oxysporum* y antracnosis (*Colletotrichum* sp.), entre otras. El uso de microorganismos benéficos ha reportado diversos efectos antagónicos usando *Trichoderma harzianum* y *Pseudomonas fluorescens* contra enfermedades asociadas al cultivo del ají (Cubillos, 2009).

Debido a este hecho se ha despertado el interés desde hace más de una década en la extracción, identificación y multiplicación de microorganismos que no solo limiten poblaciones de patógenos en cultivos agrícolas, sino que incluso estimulen el desarrollo de las plantas para mejorar en últimas el rendimiento de los cultivos.

Chiuminatto (2000) demostró que el uso de *Trichoderma harzianum* en una concentración de 10^6 conidias/ml presentó una considerable sobrevivencia de plantas de ají que fueron inoculadas con *Phytophthora capsici* Leonian, enfermedad limitante para el desarrollo del cultivo del ají.

Peldoza (2005) evaluó tres cepas de *Trichoderma harzianum* que fueron aplicadas en el cultivo del pimentón (perteneciente al género del ají), y evaluó dos diferentes dosis de riego en donde se inocularon diferentes concentraciones de *Trichoderma* sp. para evaluar la efectividad de este microorganismo como biocontrolador de la mortandad de plantas en almácigo por la enfermedad denominada *dumping off* en almácigos, causada por *Phytophthora capsici*. Peldoza estimó que la frecuencia de aplicación en el riego de *Trichoderma* sp. en los almácigos es de cada días para disminuir la incidencia de esta enfermedad.

Sin embargo, no todos los efectos de la aplicación de microorganismos benéficos asociados a cultivos agrícolas están relacionados con el control de patógenos. Cubillos (2008) comparó dos cepas de *Trichoderma*, una comercial y otra extraída de un cultivo de maracuyá, y encontró que aunque ambas son promotoras del crecimiento vegetativo en plantas de maracuyá, las plántulas que fueron tratadas

con cepas nativas lograron un mayor crecimiento no solo vegetativo, sino de raíces.

Por último, existen múltiples microorganismos (bacterias y hongos) benéficos asociados a cultivos agrícolas, como *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*. Sin embargo, el género de los hongos de *Trichoderma* ha demostrado no solo un estímulo en el crecimiento vegetal, sino un efectivo control de patógenos del suelo.

Debido a que el ají reporta múltiples limitantes para el crecimiento y desarrollo en suelos arcillosos y ácidos, como los del municipio de La Mesa, debido en parte a las condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades del suelo, la extracción e identificación de microorganismos nativos benéficos del municipio de La Mesa representa una excelente oportunidad para contrarrestar los efectos negativos de enfermedades asociadas al cultivo del ají en este municipio.

2. Materiales y métodos

Con el objetivo de responder a la pregunta de investigación sobre cuáles son los microorganismos benéficos asociados al cultivo de ají (*Capsicum annuum*) en el municipio de La mesa, se trazaron dos objetivos específicos para desarrollar la investigación:

1. Extraer microorganismos benéficos asociados al cultivo del ají.
2. Identificar los microorganismos benéficos asociados al cultivo del ají.

Metodología objetivo 1. Extraer microorganismos benéficos asociados al cultivo del ají

Área de estudio. El experimento se desarrolló en el municipio de La Mesa (Cundinamarca), vereda Payacal, finca El Mirador, con coordenadas geográficas 4°40'12" de latitud norte y 74°24'27" de longitud oeste, donde se cuenta con un cultivo de ají picante variedad chivato.

Esterilización de trampas extractoras de microorganismos. Las trampas fueron frascos de vidrio grueso con 15 g de arroz en su interior. El arroz sirve como fuente de carbohidratos donde los hongos son capturados. La esterilización de las trampas se obtiene al introducir los frascos con arroz en una olla exprés. Se pone a calentar al baño de María hasta que pite por primera vez; a partir de ese momento se deja en bajo durante media hora. Esta técnica es descrita por Cuervo (2003), quien extrajo microorganismos durante ocho años con comunidades indígenas de la región del Valle utilizando mecanismos sencillos y logrando efectividad en sus resultados, basado en principios científicos que en este caso para

la esterilización usa altas temperaturas y altas presiones simulando autoclaves en laboratorios de investigación (ver Anexo 1. Trampa de arroz instalada).

Establecimiento del experimento.

Para el establecimiento del experimento se seleccionaron de manera aleatoria tres plantas de ají en un estado óptimo de producción, a las que se les colocaron tres trampas extractoras de microorganismos por planta previamente esterilizadas. Adicionalmente, se esterilizaron dos trampas más, que no fueron llevadas a campo, se mantuvieron tapadas, sirvieron como trampas testigo o

control para evidenciar que el proceso de esterilización fue adecuado y que los microorganismos extraídos evidentemente provinieran de la rizósfera de las plantas de ají. Las trampas extraídas fueron colocadas de manera aleatoria basados en la aplicación gratuita Random Number®. En total, se colocaron nueve trampas con dos trampas testigo. Estas trampas se colocaron a 25 cm del tallo principal de las plantas de ají y a 2 cm de profundidad durante tres semanas, tiempo durante el cual se capturaron los microorganismos y posteriormente fueron llevados a laboratorio para su respectiva identificación.

Figura 1. Esquema del diseño del experimento en tres plantas de ají con tres trampas por planta



Metodología objetivo 2. Identificar los microorganismos benéficos asociados al cultivo del ají

Preparación de medios de cultivo.

Las trampas de arroz fueron llevadas al laboratorio de biotecnología del SENA Tecnoparque de Soacha, nodo Cazucá, en donde se prepararon

medios de cultivo con PDA (*potato dextrose agar*), que es un medio de cultivo que estimula el crecimiento de hongos según Cañedo (2004), en 18 cajas de petri. Estas cajas se esterilizaron en la autoclave del laboratorio para garantizar inocuidad en los medios (ver Anexo 2. Preparación de medios).

Aislamiento de hongos. De cada trampa extraída se inocularon dos medios de cultivo de PDA para un total de 18, donde se analizaron los crecimientos miceliales basados en el color, forma, antagonismos, estructuras morfológicas, septos, etc. Posteriormente de cada micelio representativo se colocó en un medio de PDA un segmento o parte de micelio para estimular su crecimiento micelial de manera pura y poder identificarlo por medio de microscopia. Como medios de PDA testigo también se inocularon cuatro cajas de petri con *Trichoderma* comercial, para que en caso de que se extrajera *Trichoderma* nativo se pudiesen comparar las estructuras morfológicas de los hongos por medio de microscopia. Estas cajas se mantuvieron guardadas a temperatura ambiente durante 15 días.

Identificación de microorganismos. Posteriormente, a los 15 días, se identificaron las características de los micelios purificados por medio de un microscopio compuesto utilizando técnicas de tinción y contraste de fases.

3. Resultados y discusión

Para abordar los resultados y discusión se separan de igual manera que en materiales y métodos los resultados en los dos objetivos de investigación propuestos.

3.1 Resultados y discusión

Objetivo 1. Extraer microorganismos benéficos asociados al cultivo del ají

Esterilización y extracción de trampas de arroz. Quince días después de colocadas, las trampas de arroz ubicadas en las plantas de ají empezaron a mostrar crecimientos de micelio en su interior, en donde se pudieron observar hongos y bacterias. Adicionalmente, las dos trampas de arroz esterilizadas que sirvieron como testigo del proceso y que no se colocaron en campo duraron cinco semanas sin ningún tipo de crecimiento de microorganismos. Finalmente, de las dos trampas de arroz, una se secó sin crecimiento visual de microorganismos y en la otra hubo crecimiento de bacterias después de la quinta semana. Esto permite concluir que la metodología sugerida por Cuervo (2003) es efectiva, permite extraer microorganismos, siempre y cuando se realice el proceso de esterilización adecuado. Adicionalmente, es una metodología accesible para el agricultor, debido a que en la mayoría de las fincas se cuenta con olla exprés, frascos de vidrio y arroz. Por lo tanto, se sugiere hacer énfasis en capacitaciones técnicas que permitan, de una manera sencilla, brindarle una herramienta de diagnóstico al agricultor en cuanto a los microorganismos del suelo de su sistema productivo.

Las trampas de arroz evidenciaron crecimiento de micelios de todo tipo, con coloraciones pardas, amarillentas, rojizas y verdes principalmente (Anexo 3. Trampas de arroz con microorganismos).

Por otra parte, en suelos en donde la carencia de materia orgánica es alta, la extracción de microorganismos por medio de las trampas de arroz es muy baja. En este experimento se pudo constatar que a los 15 días las trampas de arroz habían ocupado la totalidad de la superficie expuesta del arroz y estaban colonizando su interior, lo que permitiría evidenciar un alto contenido de materia orgánica y altas poblaciones microbianas ligadas a la descomposición de esta. El factor del tiempo en captura de microorganismos con trampa de arroz es un indicativo del contenido de la materia orgánica y por lo tanto de sus poblaciones de microorganismos.

3.2 Resultados y discusión

Objetivo 2. Identificar los microorganismos benéficos asociados al cultivo del ají

Aislamiento de microorganismos. Se realizó como primera medida una identificación tentativa del género de los hongos presentes en las trampas de arroz con base en el color de los micelios. Este pro-

ceso se llevó a cabo con base en el primer y segundo hongo más representativo de cada trampa en cuanto a colonización de área. De esta manera se lograron contabilizar visualmente cuatro posibles micelios de *Fusarium* sp., cinco posibles micelios de *Trichoderma* sp. y nueve de hongos mucorales. De igual forma, se encontró un crecimiento bacterial en seis de las 18 trampas de arroz.

Purificación de las cepas. De los 18 micelios seleccionados, nueve se aislaron y purificaron debido a que presentaban un interés ya sea por ser posibles microorganismos benéficos o patogénicos. Los otros nueve hongos se descartaron debido a que pertenecían al orden de los mucorales, donde se pueden encontrar hongos del género *Rhizopus* sp., *Absidia* sp., *Gongronella* sp. y 18 géneros más (Torres *et al.* 2007). Dentro de este orden de hongos encontramos los principales descomponedores de la materia orgánica, debido a que sus esporas se encuentran casi siempre en la atmósfera. Normalmente se encuentran en climas cálidos y húmedos como el del municipio de La Mesa (Cundinamarca). Su micelio se caracteriza por ser una masa blanda, blanquecina y algodonosa. Por esta razón, se puede deducir que el suelo de donde se extrajeron los microorganismos asociados al cultivo del ají cuenta en su mayoría con hongos descomponedores de la materia orgánica, lo que aunque

no genera un beneficio directo hacia las plantas, sí presenta un beneficio indirecto al descomponer materia orgánica desdoblándola en moléculas más simples que las plantas tomarán posteriormente como elementos nutritivos para su crecimiento y desarrollo. Por otra parte, no se encuentra ninguna evidencia de que el orden Mucorales genere síntomas de enfermedades en el cultivo del ají. Por lo tanto, debido a que este orden de hongos no es ni benéfico ni patogénico, se descarta para aislamiento y purificación.

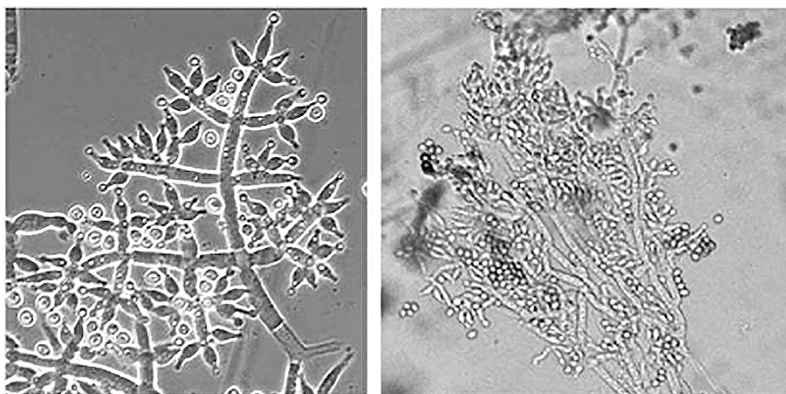
En relación con los nueve micelios restantes, se aislaron en cajas de petri con PDA para su purificación e identificación por medio de microscopia electrónica (ver Anexo 4. Cepas de hongos purificados).

Identificación de microorganismos. Para la identificación de microorganismos purificados se realizaron montajes en láminas de vidrio que fueron observadas por medio de microscopio electrónico con cámara que fue facilitado por el Tecnoparque de Soacha, nodo Cazucá. Adicionalmente, se describió morfológicamente el hongo y se compararon sus estructuras

con las de hongos de otros centros de investigación.

a. Microorganismos benéficos. El primer microorganismo identificado como benéfico para el cultivo del ají fue del género *Trichoderma*. Según Arias *et al.* (2000), el color de las colonias de *Trichoderma* sp. varía entre verde blanquecino y verde o verde amarillento; al contrario de la colonia, no presenta ninguna coloración. Este género se caracteriza por crecer de manera rápida: alcanza hasta 9 cm de diámetro en tan solo cinco días a 20 °C (ver Anexo 5. Micelio de *Trichoderma* aislado de planta de ají). A nivel de microscopia, Arias (2000) reporta que el *Trichoderma* sp. presenta hifas septadas, ramificadas y sus paredes son lisas, dentro de las que se pueden encontrar algunas clamidosporas. Sus fialides terminan en un ápice atenuado y un cuello cónico. En la Figura 2 se pueden observar dichas estructuras y se compara la cepa de *Trichoderma* obtenida por la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador con la obtenida por el SENA en el Tecnoparque de Soacha, nodo Cazucá.

Figura 2. Comparación entre la cepa de *Trichoderma* (izquierda) obtenida por la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador y la obtenida por el SENA en el Tecnoparque de Soacha, nodo Cazucá (derecha)



Aunque el microscopio empleado no cuenta con una resolución tan nítida como la imagen comparativa, se pueden evidenciar claramente las mismas estructuras morfológicas del género *Trichoderma* escritas por Arias (2000). Las fialides terminan en un ápice atenuado y poseen un cuello cónico, sus hifas son septadas y ramificadas y existe presencia de múltiples conidióforos. Adicionalmente, el color del micelio y comportamiento corresponden a la descripción del género *Trichoderma*.

Basados en el color, forma, estructuras reproductivas, hifas y conidias del micelio extraído que se comparó con otras especies de *Trichoderma* sp. tanto del testigo comercial como del de otras universidades, se puede concluir que se extrajo un hongo del género *Trichoderma*. Esta cepa extraída del municipio de La Mesa, aunque cuenta con la morfología típica del

género *Trichoderma*, se diferencia en la longitud de los septos entre las hifas y ramificaciones más alargadas, lo que podría generar una especificidad propia del municipio de La Mesa para este género susceptible de patente para su comercialización.

b. Microorganismos patogénicos.

Dentro de los microorganismos identificados se encontró un patógeno asociado al cultivo del ají (*Capsicum annum*) causal del marchitamiento del ají denominado *Fusarium* sp. Este hallazgo concuerda con las investigaciones obtenidas por Yousaf (2007), quien demostró el efecto patogénico que causa el microorganismo *Fusarium oxysporum* en plantas de ají (*Capsicum annum* L.).

Aunque el *Fusarium* sp. es un hongo causal del marchitamiento

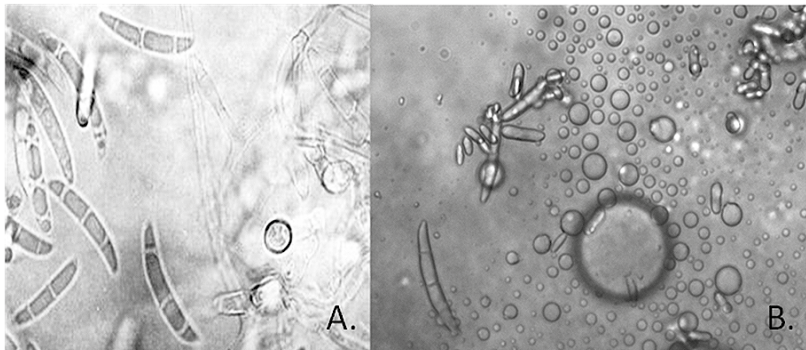
del ají, también se reporta por Garcés (2001) como un hongo facultativo, es decir, puede ser saprofita (se alimenta de la materia orgánica sin causar daño a las plantas) o en caso de no haber materia orgánica puede infectar las plantas causando su muerte.

Para el caso del *Fusarium* sp. aislado del municipio de La Mesa se determinó que, al igual que los resultados obtenidos por Garcés (2001), aunque se encuentra en las trampas de arroz, las plantas de ají no demuestran ninguna sintomatología evidente que permita demostrar que se está desarrollando como patógeno.

Sempere *et al.* (2004) caracterizaron morfológicamente al *Fu-*

sarium culmorum identificando a este género como un hongo que presenta un micelio blanco y rojizo y en el envés colores púrpuras y ocre. Las macroconidias características del *Fusarium* tienen forma de banana con septos que lo pueden dividir de tres a siete septos. El aislamiento obtenido presentó un crecimiento rojizo del micelio, y las ascosporas identificadas por microscopia identifican al *Fusarium* sp. dentro de las trampas de arroz (ver Figura 3. Ascosporas características del *Fusarium* sp.); sin embargo, lo que se destaca en este crecimiento es que existe un hongo adicional que limita el crecimiento del *Fusarium*, es decir, que posiblemente existe un hongo controlador o antagonista del *Fusarium* sp.

Figura 3. Ascosporas características de *Fusarium* sp. A. Ascosporas de *Fusarium solani* f. up. *arracaciae*. CDP. B. Ascosporas de *Fusarium* sp. encontradas en ají, municipio de La Mesa. Vista a 40 X.



Para el caso de las plantas de ají de donde se extrajeron los microorganismos asociados a esta

planta, se encontró una abundante cantidad de materia orgánica, razón por la cual se puede

inferir que el *Fusarium* sp. no se expresa en estas plantas, primero, porque existe un microorganismo que controla su crecimiento y, segundo, porque el *Fusarium* sp. al habitar en un ambiente con alto contenido de materia orgánica no ve la necesidad de convertirse en patógeno por carencia de alimento.

Certificado de obtentor de cepas.

Aunque visual y morfológicamente se comprobó que el microorganismo benéfico extraído de plantas de ají fue una cepa del hongo del género *Trichoderma* sp. que está adaptada a los suelos pesados y a precipitaciones continuas características del municipio de La Mesa, se solicitó un examen de ADN por medio de secuenciación de nucleótidos en el Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia. Con este resultado se puede solicitar ante el ICA el registro ICA como comercializador de este bioinsumo para la producción agrícola. Por lo tanto, además de corroborar visual y morfológicamente que el microorganismo benéfico está asociado al cultivo del ají, se confirmó por medio de examen de ADN con miras a lograr el registro ICA para comercializar esta cepa y conformar una unidad productiva de comercialización de bioinsumos nativos del municipio de La Mesa (Cundinamarca) que la cepa extraída pertenece al género de *Trichoderma*.

4. Conclusiones

La metodología de extracción de microorganismos del suelo propuesta en este trabajo, además de ser una metodología confiable, le permite al agricultor acceder a una herramienta de bajo costo que le facilita evidenciar de manera rápida y sencilla la riqueza microbiana de su suelo.

La extracción de cepas benéficas nativas les permite a los agricultores contar con microorganismos que pueden desarrollar todo su potencial, debido a que ya están adaptados a las condiciones agroclimatológicas de la región donde son extraídos.

El aislamiento de *Trichoderma* sp. extraído del municipio de La Mesa es el hallazgo de un microorganismo benéfico que además de estar asociado al cultivo del ají está adaptado a las características del suelo y clima en el municipio de La Mesa vereda Payacal.

La presencia de materia orgánica es un factor que disminuye la posible incidencia y severidad del *Fusarium* sp. en el cultivo del ají, debido a su carácter facultativo; el *Fusarium* sp. prefiere consumir materia orgánica que desarrollar la enfermedad en las plantas.

La presencia de un alto contenido de materia orgánica permite el

desarrollo de múltiples microorganismos que pueden ejercer un control efectivo contra enfermedades, como marchitamiento vascular, causado por el *Fusarium* sp.

El trabajo en conjunto con el Tecnoparque de Cazucá y el SENA de Girardot permite a los aprendices del SENA, además de solucionar problemas limitantes en la producción agrícola, tener acceso a bioinsumos que al contar con registros ICA de comercialización hace factible la conformación de unidades productivas que además de usar los bioinsumos en su propia producción permitan comercializar bioinsumos adaptados a las condiciones de su propia región.

5. Agradecimientos

Un especial agradecimiento al personal técnico del Tecnoparque de Soacha, nodo Cazucá, en especial a las doctoras Nelly Lozano y Sonia Barbosa por su continuo acompañamiento en el desarrollo de este proyecto de investigación. Gracias por abrir las puertas a la investigación agrícola. A los agricultores de la vereda Payacal del municipio de La Mesa, un agradecimiento especial por hacerme parte de su familia durante el desarrollo de esta investigación.

Anexo 1. Trampa de arroz instalada



Anexo 2. Preparación de medios de cultivo



Anexo 3. Trampas de arroz con microorganismos



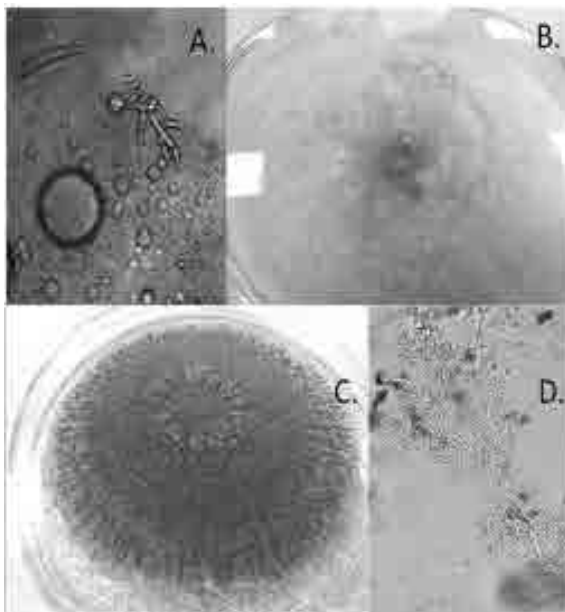
Anexo 4. Cepas purificadas de hongos



Anexo 5. Micelio de *trichoderma* aislado de planta de ají



ANEXO 6. Microorganismos aislados e identificados



A) Ascosporas de *Fusarium* sp. B) Crecimiento micelial de *Fusarium* sp. controlado por un hongo antagónico. C) Crecimiento micelial de *Trichoderma* sp. D) Morfología de *Trichoderma*.

REFERENCIAS

Arias H. Jazmín, Barbosa C. Sonia, Quicazan R. Elsa (2000). *Estudio histológico de raíz y tallo de Phaseolus vulgaris después de la inoculación de dos hongos patógenos y dos antagonistas*. Universidad Nacional de Colombia. Departamento de Biología.

Cañedo Verónica, Ames Teresa (s. f.). *Manual de laboratorio para el manejo de hongos entomopatogenos*. Lima, Perú: Centro Internacional de la Papa.

Carmona, Iris (2013). Situación global de especias y condimentos: Una oportunidad para el ají procesado picante. *Agrimundo* (Inteligencia competitiva para el sector agroalimentario).

Chiuminatto Alcántara, Rodrigo (2003). *Efectividad del uso de Trichoderma harzianum en el control de Phytophthora capsici Leonian, en ají (Capsicum annuum L. var Lognum (DC) Dendt) en la Region del Maule*. Chile: Universidad de Talca, Escuela de Agronomía.

Cubillos Hinojosa, Juan (2008). *Trichoderma harzianum como promotor de crecimiento vegetal de maracuyá (Passiflora edulis var. flavicarpa degener)*. Valledupar. Colombia: Universidad Popular del Cesar.

Cuervo, Jairo (2014). *Memorias del curso de maestría en fertilizantes biológicos*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Facultad de Agronomía.

Grayston, S. J., Shenquiang, W., Campbell, C. D., Edwards, A. C. (1998). Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere. *Soil Biology & Biochemistry*.

Hernández Montiel, Luis G., Escalona Aguilar, Miguel A. (2003). Microorganismos que benefician a las plantas: las bacterias PGPR. Universidad de Veracruz. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica* vol. XVI (1).

Ogata Kati, Zúñiga Doris (2005). *Estudio de la microflora de la rizosfera de Caesalpinia spinosa en la provincia de Huanuco*. Universidad Nacional Agraria. Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología. Departamento de Biología.

Peldoza Bravo, María José. *Evaluación de tres cepas nativas de Trichoderma spp. En el control de la caída de plántulas en almacigos de pimentón (Capsicum annuum) cv. Fyuco*.

Salazar Sosa, Enrique (2003). *Agricultura orgánica*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED.

Sempere F., García F., Santamarina M. P. (2004). *Caracterización morfológica y cultural de Fusarium culmorum* (W. G. Smith) Sacc. Universidad Politécnica de Valencia.

Sylvia, D. M., Fuhrmann, J. J., Hartel, P. G. & Zuberer, D. A. (2005). *Principles and Applications of Soil Microbiology*. New Jersey: Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.

Torres-Narbona M., Guinea J., Muñoz P. Bouza E. (2007). *Zigomicetos y zigomicosis en la era de las nuevas terapias antifúngicas*. Madrid, España: Universidad Complutense.

Yousaf Sahi, Irfan. Khalid A. N. (2007). *In vitro biological of Fusarium oxysporum causing wilt in Capsicum annum*. Pakistan: Department of Botany, university of the Punjab.