

Micobiota filamentosa en muestra de suelo cultivado en cacao *Theobroma cacao* L.

Filamentous micobiota in a sample of soil cultivated with cocoa *Theobroma cacao* L.

Nathalia Castrillon Molina, †a Exlander Adrian Alvarez Pinzon b y Leonardo Correa-Rueda c

Recibido 28 de noviembre de 2022
 Aceptado 30 de mayo de 2023
www.unipaz.edu.co

Resumen: La micobiota filamentosa es un grupo de microorganismos que mantienen una importancia excepcional en el cultivo de cacao *Theobroma cacao* L., debido a que algunos de estos hongos son descomponedores de materia orgánica y otros que aunque se encuentran naturalmente en el suelo causan afectaciones al cultivo. Los objetivos de esta investigación consistieron en describir, identificar y clasificar la micobiota filamentosa presente en la muestra de suelo cultivado en cacao *Theobroma cacao* L., ajustándose los protocolos propuestos por (Alvarez, 2017) y (Arias & Piñeros, 2008), seleccionándose al azar un área de 256 m² para coleccionar la muestra de suelo. Para el aislamiento se adaptaron los protocolos planteados por (Alvarez, 2017) y (Torres, 2018) y para ello se pesó 1 g de suelo de la muestra y se realizaron diluciones seriadas hasta 10⁻⁵. Se tomó 1 mL de las últimas tres diluciones y se sembró por profundidad en medio de cultivo PDA realizando tres réplicas por cada dilución que se dejaron en crecimiento continuo durante 45 días a temperatura ambiente. La micobiota filamentosa se identificó hasta género y se hallaron hongos beneficiosos a: *Glilotadium* sp., *Paecilomyces* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Geotrichum* sp., *Penicillium* sp., *Candelabrella* sp., *Gyrhotrix* sp., y como fitopatogénicos a: *Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Verticillium* sp., *Cylindrocarpon* sp., *Cylindrocladium* sp., además como primer reporte en suelo cultivado en cacao *Theobroma cacao* L., para Colombia se encontraron los géneros *Candelabrella* sp., *Gyrhotrix* sp., *Geotrichum* sp., *Cylindrocarpon* sp. Los resultados sugieren que este tipo de estudios descriptivos son de gran importancia debido a que es posible identificar a los géneros de hongos que realizan afectaciones al cultivo y los benéficos que aportan al control de otros géneros lo que permite crear posteriormente estrategias de manejo.

Palabras clave: hongo, impronta, fitopatogénico, dilución seriada, PDA, aislamiento.

Abstract: The filamentous mycobiota is a group of microorganisms that maintain exceptional importance in *Theobroma cacao* L. cocoa cultivation, because some of these fungi are decomposers of organic matter and others that, although they are naturally found in the soil, cause damage to the crop. The objectives of this research consisted of describing, identifying and classifying the filamentous mycobiota present in the soil sample cultivated in cocoa *Theobroma cacao* L., adjusting the protocols proposed by (Alvarez, 2017) and (Arias & Piñeros, 2008), selecting at random an area of 256 m² to collect the soil sample. For the isolation, the protocols proposed by (Alvarez, 2017) and (Torres, 2018) were adapted, in which 1 g of soil from the sample was weighed and serial dilutions were made up to 10⁻⁵. 1 mL of the last three dilutions was taken and sown in deep in PDA culture medium, making three replicates for each dilution that were left in continuous growth for 45 days to ambient temperature. The filamentous mycobiota was identified up to the genus and beneficial fungi were found for: *Glilotadium* sp., *Paecilomyces* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Geotrichum* sp., *Penicillium* sp., *Candelabrella* sp., *Gyrhotrix* sp., and as phytopathogenic to: *Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Verticillium* sp., *Cylindrocarpon* sp., *Cylindrocladium* sp., also as the first report in soil cultivated in cocoa *Theobroma cacao* L., for Colombia the genera *Candelabrella* sp., *Gyrhotrix* were found. sp., *Geotrichum* sp., *Cylindrocarpon* sp. The results suggest that this type of descriptive studies are of great importance because it is possible to identify the genera of fungi that affect the crop and the beneficial ones that contribute to the control of other genera, which allows the creation of management strategies later.

Key words: fungus, imprint, phytopathogen, serial dilution, PDA, isolation.

a. Estudiante de pregrado de Ingeniería Agronómica, Instituto Universitario de la Paz.
 b. Estudiante de pregrado de Ingeniería Agronómica, Instituto Universitario de la Paz.
 c. Profesor de Ingeniería Agronómica, Instituto Universitario de la Paz.
 † Dirección de E-mail del autor correspondiente: nathaliacastrillon23@gmail.com
exlander.alvarez@gmail.com
leonardo.correa@unipaz.edu.co

INTRODUCCIÓN

En Colombia existen alrededor de 65.000 familias productoras de cacao *Theobroma cacao* L., siendo el área sembrada promedio en los últimos 10 años de 167.000 ha en el 2020, (FINAGRO, 2020). La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, UPRA, (2018), determinó que Colombia cuenta con un potencial para la siembra de cacao *Theobroma cacao* L., de 17 millones de ha ubicadas en los departamentos de Meta, Vichada, Antioquia, Caquetá y Córdoba. En el plan de desarrollo del municipio de San Vicente de Chucurí, (2020), se comprenden tierras ubicadas entre los 200 m.s.n.m hasta los casi 3.000 m.s.n.m, con una temperatura media entre 25 °C y 27 °C y precipitaciones medias anuales del orden de los 2.100 mm medias anuales y cuenta con un área de 119.514,41 ha, de las cuales 15.696 ha están cultivadas en cacao *Theobroma cacao* L., siendo esta su principal actividad económica. Para el año 2019 el municipio de San Vicente de Chucurí aportó 7.436 t equivalentes al 12.44% del total de la producción nacional, (Rojas y Sacristán (FEDECACAO, 2013).

Además, el cacao *Theobroma cacao* L., es uno de los cultivos tropicales con mayor importancia internacional y en el ámbito nacional de Colombia, considerado como un cultivo reforestador y amigable con el medio ambiente porque convive en equilibrio, entre otros, con una amplia diversidad de flora, fauna y micobiota, siendo una especie primordial en el sistema agroforestal campesino, razón por la cual es necesario conservar, (Jaimes & Aránzazu, 2010).

Es así como el cultivo de cacao *Theobroma cacao* L., contempla una diversidad de hongos filamentosos que son un grupo de seres vivos clasificados dentro del reino fungí y que poseen en su estructura vegetativa filamentos también llamadas hifas vegetativas la cual lo utilizan para tomar su alimento y poder expandirse, “se caracterizan por tener un aspecto algodonoso, aterciopelado o pulverulento y poseen diferentes colores. Su característica fundamental es que van a estar conformados por muchos filamentos microscópicos con

la capacidad de crecer de manera longitudinal y de ramificarse, los cuales se disponen para dar origen a las diferentes estructuras macroscópicas que logramos observar” (García, 2004), algunos géneros de hongos contribuyen a la descomposición de materia orgánica y otros aunque su hábitat natural es el suelo causan afectaciones al cultivo de cacao.

Por ende, para el cultivo de cacao *Theobroma cacao* L., el suelo es uno de los recursos más importantes ya que es el eje principal y base de toda explotación agrícola, sin embargo, ha sido afectado por las malas prácticas junto al desconocimiento de los agricultores que han sido factores fundamentales para acelerar el deterioro, perdiendo la vida biológica y la materia orgánica del suelo, disminuyendo su fertilidad. Ello se traduce a una pérdida de la capacidad productiva de los suelos, (Rivera, 2017).

Del mismo modo, la degradación de un suelo depende y varía de un gran número de propiedades que intervienen en el proceso de su formación. No obstante, las microbiológicas y bioquímicas son consideradas las más sensibles puesto que responden de manera rápida ante cualquier cambio; la micobiota ha sido considerada también como un indicador de cambio en la materia orgánica del suelo por lo que resulta muy útil e indispensable estudiarla, (Rivera, 2017).

Por lo anterior y teniendo en cuenta los efectos en el ambiente y los costos de los insumos químicos, se han incrementado el interés por conocer otras alternativas que permitan disminuir el empleo de agroquímicos, es por esto que cada día son más importantes los trabajos encaminados a conocer la función de los microorganismos en el suelo. El uso de fertilizantes agrícolas ha modificado las condiciones edáficas y ha provocado, entre otras, la disminución de la actividad microbiana comprometida en el proceso de nutrición, (Leiva *et al.*, 2013).

La importancia de este estudio genera impacto en el ámbito nacional y de la región ya que actualmente en los

centros de investigación para el cacao *Theobroma cacao* L., no se encuentran referencias bibliográficas que se relacionen con respecto al planteamiento de este estudio ya que se enfocan en las afectaciones o beneficios de los microorganismos en los frutos, hojas, flores, raíces, y mejoramiento de plantas. Por lo anterior, esta investigación consistió en determinar la micobiota filamentosa presente en la muestra de suelo cultivado en cacao *Theobroma cacao* L., lo que permitiría crear, posteriormente, estrategias de manejo.

MÉTODOS

La investigación se realizó en la finca El Porvenir ubicada en la vereda Guadual Alto del municipio de San Vicente de Chucurí, departamento de Santander, cuyas coordenadas planas del predio son: norte(N) 6° 53' 34.21" y Oeste (W) 73° 28' 49,06" con una altitud de 940 m.s.n.m, una temperatura media de 24 °C y una precipitación media anual de 2000 - 4000 mm/año, la topografía de la finca es semi ondulada con pendientes leves y con suelos arcillosos.

La finca El Porvenir está comprendida por un área de 22 ha de las cuales 18 están cultivadas en cacao *Theobroma cacao* L., cuyas variedades son criollos, forasteros y trinitarios seleccionados por sus características como: número de mazorcas por árbol, número de granos, tamaño del grano y también sensoriales como: sabor, aroma, azúcares, acidez, amargor y astringencia, lo anteriormente mencionado se conoce por medio de la caracterización especial elaborado por la Compañía Nacional de Chocolates en el año 2007 en la cual buscaba darle valor agregado al precio final de venta del grano. La edad promedio de toda la plantación es de 30 años, con distancias de siembra de 3 m entre plantas y 3 m entre surcos con un trazado en tres bolillos. El cultivo siempre ha permanecido asociado con otras especies cultivables como, aguacate, banano, plátano, cítricos y maderables. Las 4 ha restantes se encuentran cultivadas en pasto *Brachiaria* sp.

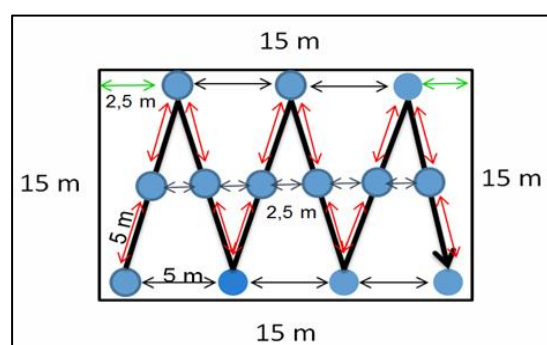
Tipo de investigación. Fue una investigación tipo aplicada ya que se caracterizó por tener finalidades prácticas definidas, la cual tuvo propósitos aplicativos y experimentales además de buscar la información de diferentes fuentes (Acosta *et al*, 2018). El nivel o alcance de la investigación correspondió a un estudio descriptivo

en el cual se especificaban las propiedades y características importantes de cualquier fenómeno (Hernández *et al*, 2014)¹⁰, por ello se identificó, describió y clasificó la micobiota filamentosa encontrada de la muestra de suelo cultivado en cacao *Theobroma cacao* L.

Recolección de muestra. Para la toma de la muestra de suelo, se utilizaron los protocolos para la identificación de hongos filamentosos que usó (Álvarez, 2017) y el protocolo de (Arias & Piñeros, 2008), los cuales para esta investigación fueron ajustados para la toma de la muestra de suelo cultivado en cacao *Theobroma cacao* L., a una finca y un único muestreo.

De acuerdo con los protocolos planteados se seleccionó un área de estudio dentro de la finca El Porvenir de 256 m². Se realizó en zig-zag el recorrido dentro del área para coleccionar las submuestras (figura 1).

Figura 1. Toma de las submuestras de suelo.



En total se coleccionaron 13 submuestras que fueron tomadas alrededor de las plantas de cacao *Theobroma cacao* L., utilizándose una barra agrícola que se ubicó desde la primera capa superficial hasta los 20 cm de profundidad, con la ayuda de un machete se realizó cortes en los extremos de las submuestras de suelo las cuales fueron limpiadas de materiales extraños y depositadas individualmente dentro de las bolsas de cierre hermético transparentes, previamente rotuladas (nombre de la muestra, fecha, hora, ubicación) se almacenaron y se transportaron en una cava de icopor a temperatura interna de 4 °C; luego fueron procesadas dentro de las 24 horas posteriores en el laboratorio de Ingeniería Agronómica del Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), en el Centro de Investigación Santa Lucía, Barrancabermeja.

Aislamiento y cultivo de la micobiota. Las submuestras fueron sacadas de la cava de icopor y se homogenizaron sobre una mesa metálica previamente preparada para el proceso, posteriormente el suelo homogenizado se pasó por un tamiz previamente esterilizado de 2 mm y con una balanza eléctrica se pesó el suelo para obtener una muestra compuesta de 500 g realizando este procedimiento con brevedad de tiempo para evitar la pérdida de humedad del suelo.

Para el aislamiento de la micobiota filamentosa de la muestra de suelo se tomó como referente los protocolos de (Álvarez, 2017)¹¹ y (Torres, 2018), los cuales para esta investigación se adaptaron estos protocolos utilizando el método de aislamiento para las diluciones seriadas para el estudio de la micobiota filamentosa presente en la muestra de suelo.

Para las diluciones se procedió a pesar 1 g de suelo de la muestra y se depositó dentro de un erlenmeyer agitándose vigorosamente en 10 mL de agua destilada estéril para obtener una mezcla homogénea como solución madre. En tubos de ensayo se agregó 9 mL de agua destilada estéril para preparar diluciones hasta cinco veces (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}), se tomó 1 mL de las tres últimas diluciones (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) y se sembraron mediante la técnica por profundidad en cajas de petri con PDA, luego para homogenizar el contenido se realizaron cinco movimientos giratorios hacia la derecha y cinco movimientos giratorios hacia la izquierda, se realizaron tres réplicas de las últimas tres diluciones. Las cajas de petri fueron rotuladas con el número de la dilución, número de réplica y fecha en la que se sembró, posteriormente fueron selladas y se incubaron a una temperatura ambiente media de 27,39 °C y una humedad relativa de 74,86 durante 45 días.

Identificación de la micobiota filamentosa. A partir de las 48 horas se realizaron las observaciones para detectar crecimientos de micelios dentro de las cajas de petri. Para las observaciones microscópicas de los hongos se hicieron bajo el microscopio óptico binocular, por medio de muestras superficiales utilizando la técnica de improntas propuesta por la Universidad Nacional de Colombia (Rivero, M. R, 2000, y León, J. *et al*, 2011), y técnica que utilizó (Pascasa *et al*, 2017), seleccionando un segmento de cinta transparente de 1 cm x 1 cm presionando firmemente con la parte adhesiva sobre la superficie de la colonia y luego se pasó a un portaobjetos con una gota de azul de metileno al 1 % como tincionante. Se realizaron improntas a los 8, 25 y

45 días. Se rotularon para mantener la trazabilidad de las improntas permitiéndose determinar las estructuras morfológicas vegetativas y reproductivas características especiales para cada tipo de género, los cuales fueron identificados con la ayuda de las claves micológicas de (Barnett & Hunter, 1998)¹⁶, (Watanabe, 1937)¹⁷, (Arias & Piñeros, 2008)¹².

Variables cualitativas nominales. Entre las variables que se tuvieron en cuenta para determinar la micobiota filamentosa fueron las características macroscópicas como el color, forma y textura de las colonias y para la parte microscópica la forma de los conidios, conidióforo, septos de las hifas de los géneros de hongos filamentosos a identificar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desarrollo de la micobiota filamentosa se visualizó a las 48 horas en las cajas de petri de la dilución 10^{-3} notándose crecimiento de algunas colonias y micelios filamentosos hialinos, (figura 2).

Figura 2. Dilución 10^{-3} con micelios filamentosos hialinos a las 48 horas.



Después de 8 días de la siembra se observó por el anverso y reverso de las cajas de petri sembradas con las diluciones 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} el desarrollo colonial de algunos hongos filamentosos con texturas algodonosas, micelios hialinos o blancos, colonias con coloraciones crema y café, (figura 3), transcurrido 25 días se evidenció formaciones de exudados, diferentes coloraciones y texturas algodonosas con formaciones irregulares, (figura 4), por último a los 45 días se observó que en la gran mayoría de las cajas de petri presentaban mayor número de colonias con diferentes coloraciones y texturas más desarrolladas, (figura 5); lo que concuerda con lo descrito por (Arias & Piñeros, 2008), donde el suelo contiene una gran diversidad de hongos filamentosos que se adaptan a las condiciones ambientales.

Figura 3. Desarrollo de las colonias en PDA a los 8 días. a) anverso y reverso de la caja 1 de la dilución 10^{-3} , b) anverso y reverso de la caja 2 de la dilución 10^{-3} , c) anverso y reverso de la caja 3 de la dilución 10^{-3} , d) anverso y reverso de la caja 1 de la dilución 10^{-4} , e) anverso y reverso de la caja 2 de la dilución 10^{-4} , f) anverso y reverso de la caja 3 de la dilución 10^{-4} g) anverso y reverso de la caja 1 de la dilución 10^{-5} , h) anverso y reverso de la caja 2 de la dilución 10^{-5} , i) anverso y reverso de la caja 3 de la dilución 10^{-5} .

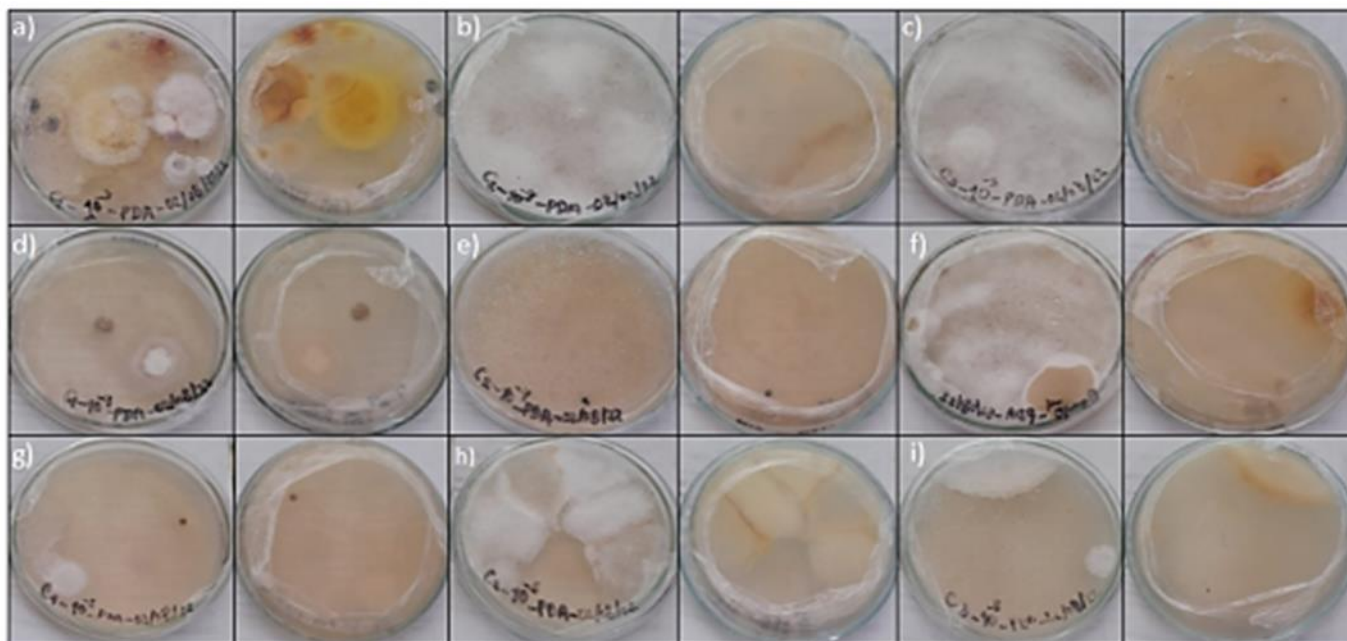


Figura 4. Desarrollo de las colonias en PDA a los 25 días. a) anverso y reverso de la caja 1 de la dilución 10^{-3} , b) anverso y reverso de la caja 2 de la dilución 10^{-3} , c) anverso y reverso de la caja 3 de la dilución 10^{-3} , d) anverso y reverso de la caja 1 de la dilución 10^{-4} , e) anverso y reverso de la caja 2 de la dilución 10^{-4} , f) anverso y reverso de la caja 3 de la dilución 10^{-4} g) anverso y reverso de la caja 1 de la dilución 10^{-5} , h) anverso y reverso de la caja 2 de la dilución 10^{-5} , i) anverso y reverso de la caja 3 de la dilución 10^{-5} .

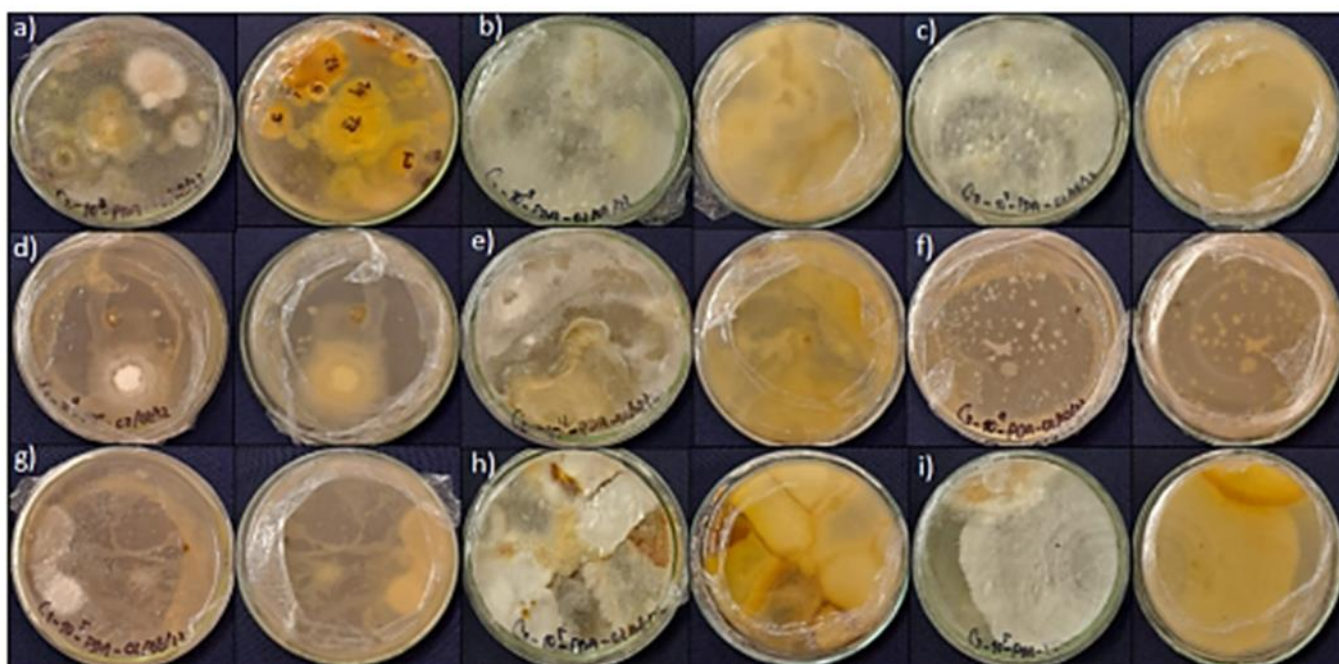
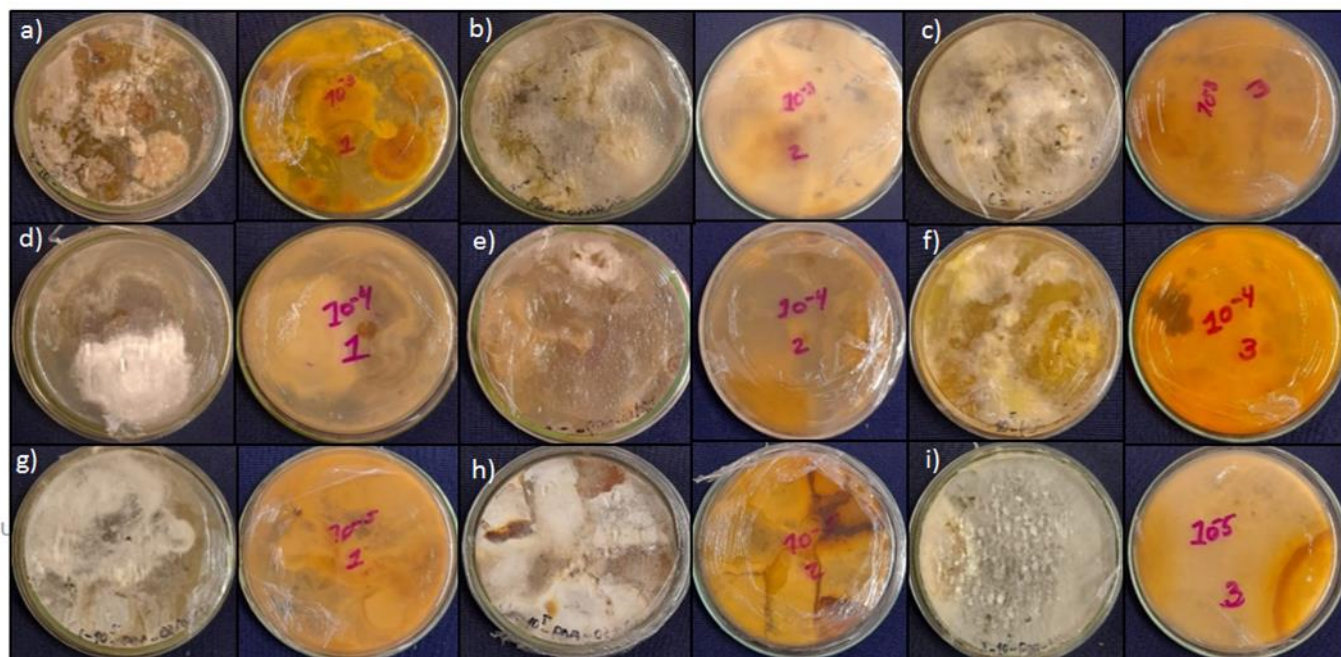


Figura 5. Desarrollo de las colonias en PDA a los 45 días. a) anverso y reverso de la caja 1 de la dilución 10^{-3} , b) anverso y reverso de la caja 2 de la dilución 10^{-3} , c) anverso y reverso de la caja 3 de la dilución 10^{-3} , d) anverso y reverso de la caja 1 de la dilución 10^{-4} , e) anverso y reverso de la caja 2 de la dilución 10^{-4} , f) anverso y reverso de la caja 3 de la dilución 10^{-4} g) anverso y reverso de la caja 1 de la dilución 10^{-5} , h) anverso y reverso de la caja 2 de la dilución 10^{-5} , i) anverso y reverso de la caja 3 de la dilución 10^{-5} .



En cuanto al desarrollo colonial de los hongos se observó colonias de *Aspergillus* sp., el cual presentaba coloraciones verdes - azulados, verdes - grisáceos, micelios blancos, al igual que pigmentaciones de colonias de color café oscuro con crecimientos rápidos en la caja de petri inicialmente de textura algodonosa y luego de textura pulverulenta que concuerda con las descripciones realizadas por (Salazar & León, 2012) y descrito por (Lourdes, 2000).

Igualmente se observaron colonias de *Colletotrichum* sp., con coloraciones gris claros, gris verdoso, cremas claros y oscuros y de textura algodonosa con crecimiento circular con bordes irregulares características que también describe (Valdés *et al*, 2017)²⁰, además se evidenció micelios de coloraciones blancas y colonias con bordes blancos que concuerda con lo dicho por (Barquero *et al*, 2013).

Por otro lado, se evidenció el crecimiento de *Cylindrocladium* sp., con textura frondosa y lanosa con coloraciones verdosas y amarillas de forma circular e irregular y bordes algodonosos con coloraciones blancos lo que concuerda con lo dicho por (Marín & Rincón, 2021).

También se observó el desarrollo colonial de *Cylindrocarpon* sp., con textura algodonosa de coloraciones café oscuro con forma circular e irregular lo que concuerda con lo dicho por (Marín & Rincón, 2021)²², además se evidenció micelios algodonosos de color blanco a crema por el anverso y color marrón en el reverso que concuerdan con las descripciones realizadas por (Ramírez & Morales, 2013).

Se observó colonias de *Fusarium* sp., el cual presentaba múltiples colores como rosados, cremas, lilas, curuba y blancos, con crecimientos uniformes en la caja de Petri y tonos más claros hacia el borde que concuerda con las descripciones realizadas por (Salazar *et al*, 2020) y que la pigmentación del género *Fusarium* sp., es influida directamente por la luminosidad, temperatura, medio nutritivo en la cual se desarrolla y es variable e incluso para sus especies, siendo coherente con lo descrito por (Leslie & Summerell, 2006).

Además se observaron colonias de *Geotrichum* sp., con textura algodonosa de forma radiada y aspecto colonial seco, color blanquecino características que concuerdan con lo dicho por (Robledo *et al*, 2016), con el tiempo forma coloraciones beige y cremas de aspecto filamentoso y húmedo lo que concuerda con las descripciones dichas por (Granados, 2021).

Se observaron colonias del género *Gliocladium* sp., el cual se le considera de gran interés como biocontrolador y por sus posibles aportes a la biotecnología. Durante el crecimiento colonial se evidenció por el anverso de las cajas, micelio de color blanco cremoso con crecimiento variado en estados iniciales, conforme pasaba el tiempo su coloración se tornó a tonos rosas, verdes claros y oscuros con texturas algodonosas. Por el reverso de la caja se observó en algunas colonias tonalidades amarillas muy claras, lo anterior con cuerda con la descripción hecha por (Castillo *et al*, 2016).

También se evidenciaron colonias planas de micelio aéreo escaso, coloración blanco claro, de desarrollo lento en estado inicial, con margen liso, características de *Gyrotrix* sp., las cuales concuerdan con lo descrito por (Crous *et al*, 2019)²⁹, con el transcurso del tiempo las colonias se tornaron a coloraciones verde claro, gris claro, verde oliva, con micelio aéreo moderado, con márgenes lobuladas, planas, por el reverso se observó coloraciones gris oscuro y castaño oscuro, características que concuerdan con lo descrito por (Romero, 1994).

Igualmente se evidenció el desarrollo colonial de *Paecilomyces* sp., con coloraciones blanco, rosado-grisáceo, aspecto pulverulento, bordes regulares, y en el reverso incoloro o con tono blancuzco estas características morfológicas coloniales concuerdan con las descritas por (Rodríguez & Del pozo, 2003).

Se observaron colonias del género *Penicillium* sp., inicialmente de textura algodonosa, micelio de color blanco, con formaciones ovaladas, bordes irregulares. Trascurrido el tiempo se tornó a colores verdes claros, cafés claros, grises, verdes oscuros, con texturas pulverulentas y algodonosas, algunos abultamientos en los centros de las colonias. Por el reverso se observaron coloraciones amarillas claros, crema verdosa, blanco amarillento, con bordes blancos en algunos casos, el cual concuerda en lo descrito por (Arias & Piñeros, 2008).

Se observaron colonias de *Rhizoctonia* sp., de textura algodonosa, micelio de color blanco, con una formación de disco alrededor de la colonia de color amarillo, con forma irregular, descripción que concuerda con lo descrito por (Chindoy, 2018), además se observó que otras colonias presentaron desarrollo de micelio rápidamente, de color crema claro, café claro y café

oscuro, textura algodonosa de porte bajo, descripción que concuerda con lo descrito por (Minda, 2019).

Entre la diversidad colonial analizada se destacó el desarrollo de *Trichoderma* sp., en las cajas de petri con las diluciones 10^{-3} , 10^{-4} y 10^{-5} en forma expansiva presentándose micelios de consistencia esponjosa color blanco y evidenciándose conidias con coloraciones verdes claros a verdes oscuros por el anverso, coincidiendo con las descripciones reportada por (García *et al*, 2017) y por el reverso crecimiento expansivo de forma circular, color amarillo ámbar con micelio sumergido, concordando con lo descrito en PDA por (Howell, 2003).

Se observaron colonias del género *Verticillium* sp., de micelio de color blanco, de textura algodonosa, de forma irregular que con el tiempo se tornaron a coloraciones verdes, café oscuro, amarillo claro, dichas características concuerdan con las descritas por (López *et al*, 2003) y (Pacheco, 2016).

Identificación y clasificación de la micobiota filamentosa *Aspergillus* sp.

Según (Barnett & Hunter, 1998), presenta conidióforos en posición vertical, simples, que terminan en una hinchazón globosa o de clavos, con fiálides en el ápice o irradiando desde el ápice o toda la superficie; conidios (fialosporas) de una célula, tipo globosa, a menudo de diversos colores en masa, en cadenas basipetales secas (figura 6).

Figura 6. Cuerpo reproductivo (conidióforo y conidios) de *Aspergillus* sp. (40X)



Este género es el estado anamorfo de 11 géneros teleomórfos *Chaetosartoria* sp., *Dichlaena* sp., *Eurotium* sp., *Emericella* sp., *Fennellia* sp., *Hemicarpenteles* sp., *Sclerocleista* sp., *Warcupiella* sp., *Neopetromyces* sp., *Neosartorya* sp., y *Petromyces* sp., (Piontelli, 2008).

Para (El Instituto de Cultivos Tropicales), clasifica al género *Aspergillus* sp., como benéfico siendo este endófito en tallos y hojas de cacao, de naturaleza saprofito, cosmopolita, antagonista.

***Candelabrella* sp.**

Según (Barnett & Hunter, 1998), presenta micelio hialino; conidióforos delgados, erectos, tensos, hialinos, altos, terminados por un pequeño sistema de ramificación similar a un candelabro que surge del crecimiento simpodial del ápice del conidióforo. Según (Watanabe, 1937), los conidios son simpodulosporos, hialinos, cilíndricos, bicelulares con extremo basal estrecho, (figura 7).

Figura 7. Cuerpo reproductivo (conidióforo y conidios) de *Candelabrella* sp. (40X)



El género *Candelabrella* sp., es benéfico por su buena capacidad depredadora y habilidad para formar clamidosporas en una humedad común lo que concuerda con lo descrito por (Soto *et al*, 2011), siendo este género un agente de control biológico en nematodos (nematofago) (González, 2013).

Además de acuerdo a la página (*index fungorum*), el género *Candelabrella* sp., solo tiene 10 registros donde actualmente lo relacionan o nombran como los siguientes: *Arthrotrys* sp., *Orbilina* sp., *Dactylellina* sp., de acuerdo a la especie.

***Colletotrichum* sp.**

Para (Agrios, 2005), es anamorfo del género *Glomerella* sp., y para (Barnett & Hunter, 1998), presenta acérvulos en forma de disco o en forma de cojín, ceroso, sub epidérmico, con setas de color oscuro, situados en el borde, conidióforos simples, alargados; conidio hialino, unicelular, ovoide o alargados, (figura 8).

Figura 8. Conidios de *Colletotrichum* sp. (40X)

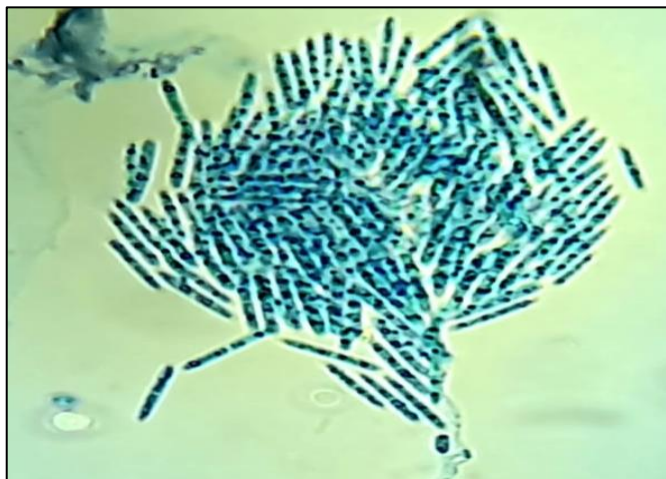


Según (Buriticá, 1999) y (Porras & Sánchez, 1991), definen a *Colletotrichum* sp., como un género fitopatogénico causante de antracnosis en las hojas de cacao y secamiento de pepinos en cacao lo que concuerda por lo dicho por (Maridueña, 2011) y (Martínez & Pérez, 2015).

***Cylindrocladium* sp.**

Para (Watanabe, 1937), tiene conidióforos hialinos, erectos, ramificados de 1 a 3 veces, principalmente peniciliados en las porciones fértiles, portando masas de esporas en fiálidas en las ramas respectivas, con estípites y vesículas terminales características de la mayoría de las especies de cilindrocladios; Vesículas globosas a subglobosas, a menudo constreñidas o surcadas; conidias fialosporosas, hialinas, cilíndricas, de 1 a 4 celdas (principalmente de 4 celdas); clamidosporas globosas, de color marrón rojizo, de paredes gruesas, catenuladas, (figura 9).

Figura 9. Conidios de *Cylindrocladium* sp. (40X).

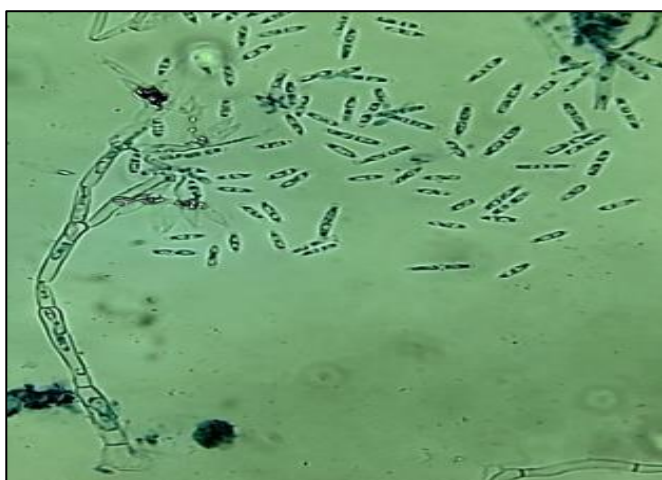


El género *Cylindrocladium* sp., es fitopatogénico debido a las afectaciones que causa en las mazorcas de cacao generando pudriciones lo que concuerda con lo dicho por (Carrera *et al*, 2016), (Carrera, 2016), asocia este género con mazorcas con síntomas de Moniliasis.

***Cylindrocarpon* sp.**

Posee conidióforos erectos, delgados, hialinos, ramificados irregularmente, que terminan en fiálidas delgadas (a menudo presentes conidióforos más cortos), fiálidas generalmente con collarite conspicuo, conidias (fialosporas) en su mayoría de 3 a 4 células, pero a menudo variables, hialinas, cilíndricas, producidas sucesivamente y agregadas en fascículos pequeños, saprofitos o parásitos. Estados imperfectos de *Nectria*, (Barnett & Hunter, 1998) (figura 10).

Figura 10. Conidióforo y conidios de *Cylindrocarpon* sp. (40X)



El género *Cylindrocarpon* sp., es fitopatogénico causante de necrosis en raíces lo que concuerda con lo dicho por (Viglicca, 2020), siendo este género infectando raíces y viveros, (Ferrer, 2015).

***Fusarium* sp.**

Es anamorfo del género *Gibberella* sp., (Agrios, 2005). En medio de cultivo produce micelio extenso y parecido a un cultivo de algodón de colores rosa púrpura a amarillo; conidióforos variables, delgados y simples, o robustos, cortos, ramificados irregularmente o que llevan una espiral de fiálide, solos o agrupados en esporoquio; conidios (fialosporas) hialinos, variables, principalmente de dos tipos, a menudo sostenidos en pequeñas cabezas húmedas; macro conidios de varias células, ligeramente curvados o doblados en los extremos puntiagudos, típicamente en forma de canoa; micro conidios unicelular, ovoides u oblongos, soportados solos o en cadenas; algunos conidios intermedios, con dos o tres células, oblongos o ligeramente curvados, (Barnett & Hunter, 1998) (figura 11).

Figura 11. Alantosporas de *Fusarium* sp. (40X).



Según (Lawrence, 1975) y (Mariadueña, 2011) clasificaron al género *Fusarium* sp., como fitopatogénico causante del secamiento y pudrición de los frutos, abultamientos de puntos verdes o bubas verdes en cacao lo que concuerda lo dicho por (Rao & Mani, 1991) y (Urdaneta & Delgado, 2007).

***Geotrichum* sp.**

Es asporógeno, anamorfo del grupo Saccharomycetales, hongos levaduriformes, dimórfico, Ascomiceto (Agrios, 2005). Para (Barnett & Hunter, 1998) y (Watanabe, 1937), *Geotrichum* sp., en PDA desarrolla micelio blanco, septado;

conidióforos ausentes; conidios artrosporos terminales o intercalar, hialinos, de una célula, cilíndricos cortos con extremos truncados, formados por segmentación de hifas; clamidosporas subglobosa, solitaria, nacida en los esterigmas de las hifas, (figura 12).

Figura 12. Artrosporas de *Geotrichum* sp. (40X).

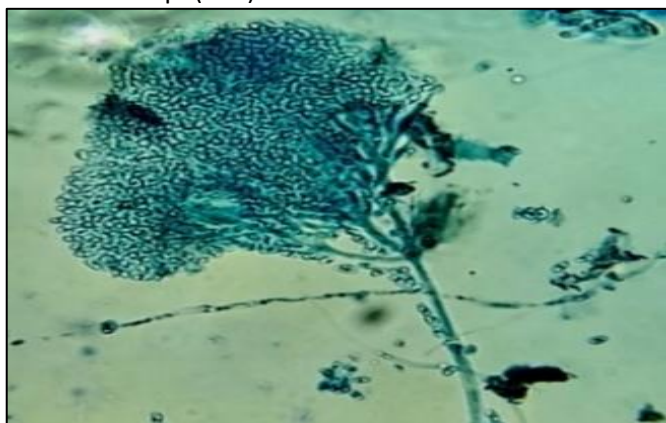


Para (El Instituto de Cultivos Tropicales) y (Rubini *et al*, 2005), describieron que *Geotrichum* sp., es un género benéfico ya que es endófito en tallos y hojas en cacao, saprófito y el suelo es su hábitat principal lo que concuerda con lo dicho por (Barnett & Hunter, 1998) y (Watanabe, 1937), además este género fue reportado por primera vez en Colombia en el cultivo de cacao por (Amado, 2017), siendo este hongo encontrado en el filoplano del cacao.

***Gliocladium* sp.**

Presenta conidióforos hialinos, con porción superior con ramas penicilares, formando un cepillo compacto como en *Penicillium* sp., conidios (fialosporas) hialinos o de colores brillantes en masa, unicelulares, producidos sucesivamente apicalmente y recogidos en gotitas mucilaginosas, (Barnett & Hunter, 1998)¹⁶, (figura 13).

Figura 13. Conidios ovoides unicelulares agrupados en masa, sobre las filíde compactas del conidióforo de *Gliocladium* sp. (40X).



Según (Barnett & Hunter, 1998) y (Agrios, 2005), clasificaron a *Gliocladium* sp., como un género benéfico debido que es saprofítico y su hábitat es el suelo, micoparásito, en *in vitro* controlador de *Moniliophthora roreri* y de *Moniliophthora perniciosa* lo que concuerda con lo descrito por (Rubini *et al*, 2005) y (Suarez & Rangel, 2013).

***Gyothrix* sp.**

Presenta micelio subhialino a marrón, setas erectas, repetidamente ramificadas, rectas o flexuosas, de color pálido a marrón, más anchas y más oscuras en la base, células esporógenas que surgen del micelio, oclavadas, hialinas, conidias fialosporas hialinas, unicelulares, estrechamente elipsadas, rectos o curvos, a menudo agregados (Barnett & Hunter, 1998), (figura 14).

Figura 14. Células conidiogenas de *Gyothrix* sp. (40X).

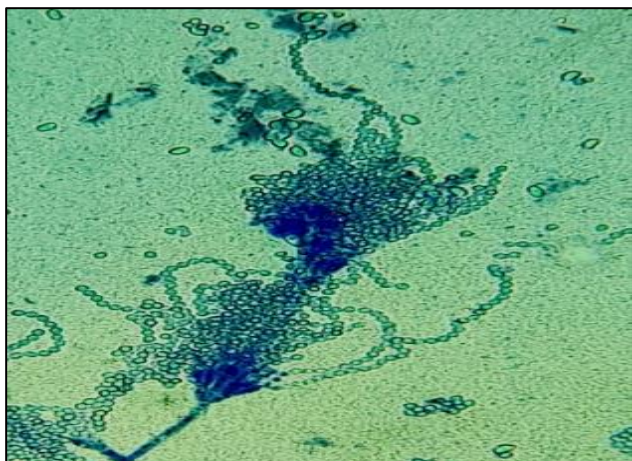


Según (Bhardwaj *et al*, 2019), el género *Gyothrix* sp., es un hongo benéfico que descompone materia orgánica del suelo como hojas lo que concuerda con las descripciones dichas por (Romero, 1994), en el que describe a este género como descomponedor de hojarasca y es posible encontrarlo en tallos en descomposición.

***Paecilomyces* sp.**

Es anamorfo del género *Bysochlamys* sp., (Agrios, 2005) y para (Barnett & Hunter, 1998), presenta conidióforos y ramas más divergentes que en *Penicillium* sp., conidio (fialosporas) en cadenas basipetalas secas, unicelular, ovoide a fusiforme, hialino, (figura 15).

Figura 15. Fiálides en forma de botella puntiagudos de *Paecilomyces* sp. (40X).



Según (Barnett & Hunter, 1998) y (Agris, 2005), clasificaron a *Paecilomyces* sp., como un género benéfico ya que es endófito en tallo y hojas del cacao, es saprofito y el suelo es su hábitat, controlador biológico en *Meloidogyne* sp., en *in vitro* en el cual *Paecilomyces* sp., hace control exitoso sobre *Moniliophthora roreri*, lo que concuerda con lo descrito por (Watanabe, 1937) y (Suárez & Rangel, 2013).

***Penicillium* sp.**

Es anamorfo del género *Talaromyces* sp., (Agris, 2005), y (Barnett & Hunter, 1998), presenta conidióforos procedentes del micelio, solos o menos frecuentemente en sinnemata, ramificado cerca del ápice, peniciliado, que termina en un grupo de fiálides; conidios (fialosporas) hialinos o de colores brillantes en masa, 1-celulares, en su mayoría globosos u ovoides, en cadenas basipetales secas, (figura 16).

Figura 16. *Penicillium* sp. (40X).



Según (Barnett & Hunter, 1998) y (Urdaneta & Delgado, 2007), definieron a *Penicillium* sp. como un género benéfico debido a que es saprofito, antagonista, controlador biológico, lo que concuerda con lo dicho por (Maridueña, 2011).

***Rhizoctonia* sp.**

Es anamorfo del género *Thanatephorus* sp., (Agris, 2005).

Produce micelio hialino en algunas especies a oscurito en otras (como *R. solani*), la especie más común; las células del micelio generalmente son largas, septos de ramas suelen crecer de las hifas principales; cuerpo reproductivo es asexual y conidios ausentes, (Barnett & Hunter, 1998)(figura 17).

Figura 17. *Rhizoctonia* sp. (40x).



Para (Salas, 1962) y (Barnett & Hunter, 1998), clasificaron a *Rhizoctonia* sp., como un género fitopatogénico ya que su hábitat es el suelo y es causante de enfermedades radiculares y en Colombia lo han denominado moho de hilacha o arañera en raíz de cacao, y causante de manchas necróticas en hojas de cacao, lo que concuerda con lo descrito por (Agris, 2005) y (Buriticá, 1999).

***Trichoderma* sp.**

Es anamorfo del género *Hypocrea* sp., (Agris, 2005) se caracteriza por poseer conidióforos hialinos, muy ramificados, no verticilados; fiálides solos o en grupos; conidios (fialosporas) hialinos, unicelulares, ovoides,

portados en pequeños racimos terminales, generalmente fácilmente reconocida por su rápido crecimiento y parches verdes o cojines de conidios, (Barnett & Hunter, 1998) (figura 18).

Figura 18. Conidióforo ramificado y conidios unicelulares, ovoides de *Trichoderma* sp. (40X).



Según (Agrios, 2005) y (El Instituto de Cultivos Tropicales), definieron que *Trichoderma* sp., es un género benéfico ya que es endófito en tallo y hojas del cacao, algunas especies divulgadas como micoparásito, en *Moniliophthora perniciosa*, en campo de *Trichoderma ovalisporum*, *Trichoderma koningiopsis* y *Trichoderma Paucisporum* en control de *Moniliophthora roreri*, lo que concuerda con lo dicho por (Rubini *et al*, 2005), (Sanago *et al*, 2002) y (Harmen, 2007).

***Verticillium* sp.**

Presenta conidióforos delgados, ramificados, al menos algunas de las ramas verticiladas (en verticilos), conidias (fialosporas) ovoides a elipsoides, hialinas, unicelulares, nacidas individualmente o en pequeños grupos húmedos apicalmente, parásitos vasculares que causan marchitez de plantas superiores, parásitos en otros hongos, (Barnett & Hunter, 1998), (figura 19).

Figura 19. *Verticillium* sp. (40X)



Según (León *et al*, 2019)⁶², reporta al género *Verticillium* sp., como fitopatogénico causante de la muerte repentina en plantas de cacao afectando el sistema vascular de la planta, cabe recalcar que (Pacheco, 2016)³⁷, describe que este género es capaz de sobrevivir en el suelo por largos periodos de tiempo debido a la formación de estructuras de resistencia que posee.

En cuanto a la clasificación de los hongos filamentosos benéficos y fitopatogénicos la información se consolida en el siguiente cuadro. (Cuadro 1)

Cuadro 1. Géneros de hongos filamentosos identificados y clasificados como benéficos y fitopatogénicos en la muestra de suelo cultivado en cacao *Theobroma cacao* L.

BENÉFICOS	FITOPATOGENICOS
1 <i>Aspergillus</i> sp.	1 <i>Colletotrichum</i> sp.
2 <i>Candelabrella</i> sp.	2 <i>Cylindrocladium</i> sp.
3 <i>Geotrichum</i> sp.	3 <i>Cylindrocarpon</i> sp.
4 <i>Gliocladium</i> sp.	4 <i>Fusarium</i> sp.
5 <i>Gyrhotrix</i> sp.	5 <i>Rhizoctonia</i> sp.
6 <i>Paecilomyces</i> sp.	6 <i>Verticillium</i> sp.
7 <i>Penicillium</i> sp.	
8 <i>Trichoderma</i> sp.	

= Nuevo reporte en el suelo cultivado en cacao

CONCLUSIONES

Se identificaron los géneros de hongos filamentosos como benéficos a: *Gliocladium* sp., *Paecilomyces* sp., *Trichoderma* sp., *Aspergillus* sp., *Geotrichum* sp., *Penicillium* sp., *Candelabrella* sp., *Gyrhotrix* sp., y como géneros fitopatogénicos a: *Colletotrichum* sp., *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Verticillium* sp., *Cylindrocarpon* sp., *Cylindrocladium* sp., como nuevo reporte en suelo cultivado en cacao *Theobroma cacao* L., para Colombia se encontró a: *Cylindrocarpon* sp., *Candelabrella* sp., *Geotrichum* sp., y *Gyrhotrix* sp.

Durante el desarrollo colonial se evidenció que no era homogéneo debido a que algunas colonias se desarrollaron rápidamente y otras solo lo lograron a través del tiempo, en las cajas sembradas con las diluciones 10^{-3} y 10^{-4} se observó mayor número de colonias diferentes formas y coloraciones dentro de la caja de petri en poco tiempo, algunos géneros de hongos generaban exudados.

En la clasificación de la microbiota filamentosa de la muestra de suelo cultivado en cacao *Theobroma cacao* L., se recalca su importancia debido a que es posible identificar a los géneros de hongos que causan afectaciones al cultivo y los benéficos que aportan al control de otros géneros lo que permite crear posteriormente estrategias de manejo en el cultivo.

Teniendo en cuenta los resultados de la investigación se recomienda seguir el enfoque y la ampliación de esta investigación ya que es la base de futuras líneas de investigación en el cultivo y la región, además darles a conocer a los agricultores la importancia de los hongos filamentosos su función en el suelo y el cultivo de cacao *Theobroma cacao* L.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto Universitario de la Paz (UNIPAZ), por las instalaciones brindadas para la realización de esta investigación. A los encargados del laboratorio general del Instituto Universitario de la Paz por su aporte significativo en este trabajo. A la Escuela de Ingeniería Agronómica del Instituto Universitario de la Paz, por su apoyo constante e interés por la investigación. A los integrantes del grupo de investigación INYUBA por el interés y aporte en este trabajo.

REFERENCIAS

Unidad de Gestión de Riesgos Agropecuarios (UGRA). (2020). Ficha de inteligencia: cacao. FINAGRO. 13 P. Disponible en: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/ficha_de_inteligencia_-_cacao.pdf

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (UPRA). (2018). Ficha de inteligencia: cacao. FINAGRO. 13 P. Disponible en: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/ficha_de_inteligencia_-_cacao.pdf

Alcaldía San Vicente de Chucurí. (2020). Plan de desarrollo municipal: San Vicente avanza con equidad 2020– 2023.

Rojas, F., & Sacristan, E. J. (2013). Guía ambiental para el cultivo del cacao. 2 ed. FEDECACAO. Bogotá D.C

Jaimes, Y. S., y Aránzazu, F. H. (2010). Manejo de las enfermedades de cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en Monilia (*Monniliophthora roreri*). Corpoica (Agrosavia) estación experimental la suiza

García, C. V. (2004). *Introducción a la Microbiología*. 2° edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED). Costa Rica.

Rivera B. J. J. (2017). Diversidad microbiológica del suelo en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) de origen trinitario y nacional en la zona de Buena Fé, provincia de Los Ríos. (Tesis de ingeniería agropecuaria, Facultad de ciencias pecuarias. Universidad técnica estatal de Quevedo. UTEQ.).

Leiva, E., Osorio, M., & Ramírez, R. (2013). Microorganismos asociados a la rizosfera del cacao (*Theobroma cacao* L) en condiciones de bosque húmedo premontano (bh-pm). Suelos Ecuatoriales. Vol 43. Nº (1). 36 P.

Acosta, G., Mejía, G., Zanabria, K. (2018). *Determinación de microorganismos en el aire de los laboratorios de microbiología de la Universidad Continental-2018*. (Grado académico de Bachiller en Tecnología Médica, Escuela Académico Profesional de Tecnología Médica. Universidad Continental)

- Hernández, S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6 ed. México: McGraw-Hill.
- Alvarez, V. L. (2017). *Obtención y utilización de pigmentos textiles a partir de hongos filamentosos aislados de suelos del altiplano peruano*. (Licenciatura en biología, facultad de ciencias biológicas. Universidad Nacional del Altiplano)
- Arias, C. E. L., & Piñeros, E. P. A. (2008). *Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de los páramos de gasca y cruz verde*. (Microbiología Industrial. Pontificia universidad Javeriana).
- Torrez, O. Y. Y. (2018). *Aislamiento y caracterización del hongo Trichoderma sp en suelos agrícolas de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en el departamento de Chinandega 2016*. (Pregrado de ingeniería en agroecología tropical. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León).
- Rivero, M. R. (2000). *Reconocimiento y diagnóstico de enfermedades de plantas*. (Facultad de agronomía. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA). Citado por LEÓN, Jesús. et al. (2011). *Guías de laboratorio de fitopatología general*. (Facultad de Agronomía. Universidad Nacional De Colombia).
- Pacasa, Q. F., Loza, M. M. G., Bonifacio, F. A., Vino, N. L., & Serrano, C. T. (2017). Comunidad de hongos filamentosos en suelos del Agroecosistema de K-iphak-iphani, Comunidad Choquenaira-Viacha. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 8(1), 2-25.
- Barnett, H. L., y Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4 ed. New York: Macmillan.
- Watanabe, T. (1937). *Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species*. 2. ed. Boca Raton, Florida: Crc Press.
- Salazar, C. L., & León, R. A. (2012). Características morfológicas microscópicas de especies de Aspergillus asociadas a infecciones en humanos. *Hechos Microbiol*, 3(2); 93-96.
- Lourdes, A. M. (2000). Taxonomía e identificación de especies implicadas en la aspergilosis nosocomial. *Revista Iberoamericana de Micología*. 17: S79-S84
- Valdes, L. A., Calero, C. D., Carballo, M. E., Copete, M., Gonzalez, I., Alvarez, J. M., & Rohde, W. (2017). Caracterización morfológica, cultural y patogénica de aislados de *colletotrichum* sp. produciendo antracnosis en mango (*Mangifera indica* L.). LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, vol. 26, núm. 2, pp. 38-51. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4760/476052525004/html/>
- Barquero, Q. M., Peres, N. A., & Arauz, L. F. (2013). Presencia de *colletotrichum acutatum* y *colletotrichum gloeosporioides* en helecho hoja de cuero, limón criollo, papaya, carambola y mango en costa rica y florida (Estados Unidos). *Agronomía Costarricense*, 37 (1), 23-38. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43628796002>
- Marin, B. N., & Rincon, L. J. D. (2021). *Caracterización microbiológica y molecular de hongos fitopatógenos por pcr (ITS1 e ITS4), asociados a la marchitez del aguacate (Persea americana) en el departamento de Risaralda*. (Programa de biología; Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal, Risaralda, Colombia).
- Ramírez, G. G., & Morales, O. J. G. (2013). Primer informe de *Cylindrocarpon destructans* (Zinss) Scholten afectando plántulas de aguacate (*Persea americana* Mill) en Colombia. *Protección Vegetal*. 28(1), 27-35.
- Salazar, C., Lagos, L. E., Díaz, V., Mora, S., Betancourth, C. (2020). Caracterización de *Fusarium* spp. asociado con la pudrición basal de la cebolla de rama. *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 23(1). 11. Disponible en <http://doi.org/10.31910/rudca.v23.n1.2020.1471>
- Leslie, J. F., & Summerell, B. A. (2006). *The Fusarium laboratory manual*. 6 ed. USA: Blackwell Publishing.
- Robledo, L. E., Elizondo, Z. M., Treviño, R. R., González, G. M., Hernández, L. C., & Huerta, G. N. (2016). Aislamiento de levaduras killer a partir de hormigas del género *Atta* y su efecto sobre el hongo patógeno del tomate rojo *Geotrichum candidum*. *Revista mexicana de fitopatología*, 34(3), 258-269.
- Granados, C. A. O. (2021). *Potencial probiótico de cepas de Geotrichum candidum aisladas de quesos*. (Master interuniversitario en Nutrición y Metabolismo - 16ª edición; Universitat Rovira i Virgili (URV)).

- Castillo, H., Rojas, R., & Villalta, M. (2016). Gliocladium sp., agente biocontrolador con aplicaciones prometedoras. *Revista Tecnología en Marcha*, 29(Suppl. 3), 65-73
- Crous, P. W., Groenewald J. Z., & Wingfield, M. J. (2019). Gyrothrix eucalypti. *Persoonia (Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi)*. V43. 223–425. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7085856/>
- Romero, A. I. (1994). *Estudio florístico y ecológico de micromicetas xilófilos sobre tocones de Eucalyptus viminalis en el NE de la Pcia. de Buenos Aires*. (Doctorado en ciencias biológicas. Universidad de buenos aires).
- Rodríguez, D. A., & Del Pozo, N. E. (2003). Aislamiento de hongos entomopatógenos en Uruguay y su virulencia sobre Trialeurodes vaporariorum West. *Agrociencia*, 7 (2), 71 – 78
- Chindoy, A. A. (2018). *Caracterización de la actividad fúngica y bacteriana sobre los suelos de diferentes sistemas productivos del pie de monte llanero en la universidad de llanos Villavicencio – Colombia*. (Pregrado ingeniero agrónomo. Universidad de los llanos)
- Minda, A. A. (2019). *Diagnosis micológica de agentes causales de la pudrición radicular del fréjol (Phaseolus vulgaris L.), en cuatro parroquias del cantón Quito*. (Pregrado ingeniero agrónomo. Universidad central del Ecuador).
- García, H. G., Martínez, Á. R., Hermosa, M. R., Monte, E., Aguilar, C. J., & González, C. E. (2017). Caracterización morfológica y molecular de cepas nativas de Trichoderma y su potencial de biocontrol sobre Phytophthora infestans. *Revista mexicana de fitopatología*, 35(1), 58-79. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1605-4>
- Howell, C. R. (2003). Mechanisms employed by trichoderma species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Disease*. vol. 87, No. (1). 7 p. Disponible en PDF en: <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2003.87.1.4>
- López, E. F. J., Núñez, S. D., Blanco, L. M. A. (2003). Aislamiento de Verticillium dahliae de suelo y caracterización morfológica de sus microesclerocios. *Bol. San. Veg. Plagas*, 29: 613-62. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_plagas%2FBSVP-29-04-613-626.pdf
- Pacheco, J. A. A. (2016). *Alteraciones en el perfil de terpenoides en olivo (olea europaea l.) como respuesta a la inoculación con verticillium dahlia*. (Maestría en ciencias. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.).
- Piontelli, L. E. (2008). Aportes morfotaxonomicos en el género Aspergillus link: claves para las especies ambientales y clínicas más comunes. *Boletín Micológico*. Vol (23). 66. Disponible en PDF en: <http://portals3.uv.cl/index.php/Bolmicol/article/viewFile/122/107>
- Instituto de Cultivos Tropicales - ICT. Investigaciones e innovaciones a partir de hongos endófitos: colección, conservación y valoración de la diversidad de genotipos de cacao silvestre y micota endófito en la amazonia peruana.
- Soto, B. N., De, O. J., Vega, O. R., Montero, C. D., Vargas, B., Hernández, G. J., & Orozco, S. C. (2011). Actividad depredadora in vitro de hongos nematófagos de Costa Rica con uso potencial para el control de nematodos parásitos de ovinos y caprinos. *Revista de Biología Tropical*, 59 (1), 37-52. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000100004&lng=en&tlng=
- Gonzalez, O. E. V. (2013). *Evaluacion in vitro de hongos nematofagos sobre larvas L3 de nematodos gastrointestinales de bovinos*. Maestria en ciencias biológicas. Pontificia universidad javeriana.
- Sociedad Index fungorum. Página web. Disponible en: <http://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>
- Agrios, G. N. *Plant pathology*. 5 ed. San Diego: Elsevier Academic Pres, 2005. 922 p. ISBN 0-12-044565-4.
- Buriticá, P. (1999). *Directorio de patógenos y enfermedades de las plantas de importancia económica en Colombia*. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.
- Porrás, V. H. & Sánchez, L. J. A. *Enfermedades del cacao*. Lima, Cortes: IICA Procacao. FHIA., febrero 1991. 32 p. (Fascículo no 5. Serie: Tecnología, comunicación y desarrollo)

- Maridueña, Z. M. G. (2011). *Estudio de la micobiota patogénica de cacao criollo Theobroma cacao L. en cinco provincias de la costa ecuatoriana y evaluación de la efectividad in vitro de los bioles locales para su control*. (Master en Biotecnología Agrícola con mención en Agricultura Orgánica. Escuela Superior Politécnica Del Litoral – ESPOL, Guayaquil, Ecuador).
- Martínez, E., & Pérez, V. L. (2015). Incidencia de enfermedades fúngicas en plantaciones de cacao de las provincias orientales de Cuba. *Rev. Protección Veg.* vol. 30. no. 2. pp. 87-96.
- Carrera, S. K., Herrera, I. L., Díaz, C. M., & Leiva, M. M. (2016). Micobiota asociada a frutos de cacao con síntomas de moniliasis en la amazonía ecuatoriana Associated mycobiota to cocoa fruits with symptoms of moniliasis in the equatorial Amazon. *Centro Agrícola.* 43 (1): 48-54. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v43n1/cag07116.pdf>
- Carrera, S. K. M. E. (2016). *Caracterización de Moniliophthora roreri Evans et al. y evaluación de alternativas de control biológico en cacao, para la Amazonía ecuatoriana*. (Doctorado en ciencias agrícolas, Universidad Estatal Amazónica)
- Vigliacca, F. M. (2020). *Caracterización de aislados de Cylindrocarpon spp. (Dactylonectria spp.) asociados a la necrosis de raíz y corona de frutilla*. (Tesis de pregrado ingeniero agrónomo, Universidad de la República Uruguay).
- Ferrer, C. M. V. (2015). *Identificación de anamorfos de tipo Cylindrocarpon procedentes de viveros forestales en España*. (Trabajo máster en producción vegetal y ecosistemas agroforestales, Universidad Politecnica de Valencia).
- Lawrence, J. S. (1975). *Enfermedades del cacao en Costa Rica y su control*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba (Costa Rica).
- Rao, V. G., & Mani, V. I. (1991). On two fungal rots of cacao. *World Journal of Microbiology and Biotechnology.* vol. 7, pp. 428–430.
- Urdaneta G, L. M., & Delgado, A. A. E. (2007). Identificación de la micobiota del filoplano del cacaotero (*Theobroma cacao* L.), en el municipio Carraciolo Parra Olmedo, estado Mérida, Venezuela. *Rev. Fac. Agron.* vol. 24, n. 1, pp. 47-68.
- Rubini, M. R., Silva, R. T. R., Pomella, A. W., Maki, C. S., Araújo, L. W., Dos Santos R. D., & Azevedo L. J. (2005). Diversity of endophytic fungal community of cacao (*Theobroma cacao* L.) and biological control of *Crinipellis pernicioso*, causal agent of Witches' Broom Disease. *Int J Biol Sci.* 1(1):24-33.
- Amado, V. J. A. (2017). *Determinación de la micobiota del filoplano de cacao Theobroma cacao L., en la Finca El Diamante, vereda Filo de Oro de el Carmen de Chucurí, Santander*. (Pregrado ingeniería agronómica, Instituto Universitario de la Paz).
- Suárez, C. L. Y. & Rangel, R. A. L. (2013). Aislamiento de microorganismos para control biológico de *Moniliophthora roreri*. *Acta Agronómica, Universidad Nacional de Colombia.* vol. 62, no. 4. 7 p.
- Bhardwaj, S., Thakur, R., & Rai, A. N. (2019). Gyrothrix kigeliae: A Novel Setose Fungus from Central India. *Kavaka.* 53 (82). 82-84
- Salas, A. (1962). Manchas necróticas en hojas de plantas adultas de cacao (*Theobroma cacao* L.) causadas por *Rhizoctonia* sp. *Turrialba, Costa Rica: IICA.* vol. 12 p. 93-95.
- Sanogo, S., Pomella, A., Hebbbar, P. K., Bailey, B., Costa, J. C., Samuels, G. J., & Lumsden, R. D. (2002). Production and germination of conidia of *Trichoderma stromaticum*, a mycoparasite of *Crinipellis pernicioso* on Cacao. *Phytopathology.* vol. 92. pp. 1032 - 1037.
- Harmen G. E. (2007). Myths and dogmas of biocontrol. *Plant Dis.* 84:377- 393. 2000. Citado por HEBBAR P, Prakash K. Cacao diseases: A global perspective from an industry point view. *Phytopathology.* vol. 97. pp. 1658-1663.
- León, T. B., Arévalo, G. E., & Bouchon, A. S. (2019). Muerte repentina de *Theobroma cacao* L. causada por *Verticillium dahliae* Kleb. en el Perú y su biocontrol in vitro. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria,* 20 (1), 117-148.