

Conformación del cepario de hongos aislados de diferentes sustratos en varias regiones de Antioquia, Colombia

Yamillé Saldarriaga¹
 Ana I. Gutiérrez¹
 Nadya L. Cardona¹
 Inés E. Giraldo¹

RESUMEN. La colección micológica de la Universidad de Antioquia (CMUA) se estableció como centro de referencia a nivel nacional con fines educativos para realizar actividades de docencia, investigación y extensión. En este estudio se registran los géneros de hongos recolectados de suelos, insectos (dípteros, triatominos, lepidópteros y coleópteros) y de material orgánico en descomposición de regiones del oriente, occidente, norte y suroeste del departamento de Antioquia. La CMUA posee actualmente 134 aislamientos, correspondientes a 17 géneros y 47 especies, agrupados como entomopatógenos, fitopatógenos, celulósifagos y de importancia en la salud humana. Los hongos aislados del suelo son un total de 98, distribuidos así: *Penicillium* spp. (21,74%), *Aspergillus* spp. (20%), *Beauveria* spp. (11,96%), *Cladosporium* spp. (9,78%), *Scopulariopsis* spp. (7,61%), *Fusarium* spp. y *Mucor* spp. (6,52%), *Paecilomyces* spp. (4,35%), *Metarhizium* spp. (3,26%), *Trichoderma* spp. y *Verticillium* spp. (2,17%), *Curvularia* spp. y *Nannizia* spp. (1,09%). A insectos pertenecen 9 aislamientos: *Fusarium* spp. (55,55%), *Metarhizium* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. y *Scopulariopsis* spp. (11,11%), y de otras fuentes (ambiente, sustratos orgánicos, cepas de referencia) hay 27, distribuidos así: *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. (22,22%), *Trichoderma* spp. (18,52%), *Rhizopus* spp., *Fusarium* spp., *Mucor* spp. y *Scopulariopsis* spp. (7,40%), *Metarhizium* spp., *Colletotrichum* spp., *Keratinomyces ajelloi*, *Cladosporium* spp., *Curvularia* spp. y *Rhizomucor miehei* (3,70%).

Palabras clave: aislamiento, cepario, hongos, identificación, insectos, preservación.

ABSTRACT. Conformation of a fungi collection isolated from different substrates from Antioquia, Colombia. The mycological collection of the University of Antioquia (AUCM) was established as a national reference center with the aim of aiding in teaching, research and extension activities. This study registered fungi collected from soils, insects (flies, bugs, moths and beetles) and decomposing organic matter in Antioquia. The AUCM has 134 isolates, belonging to 17 genera and 47 species. The fungi isolates were grouped according to their origin. They are identified as entomopathogenic, phytopathogenic, cellulolytic and of importance to human health. Among the fungi isolated from soil, 98 were distributed as follows: *Penicillium* spp. (21,74%), *Aspergillus* spp. (20%), *Beauveria* spp. (11,96%), *Cladosporium* spp. (9,78%), *Scopulariopsis* spp. (7,61%), *Fusarium* spp. and *Mucor* spp. (6,52%), *Paecilomyces* spp. (4,35%), *Metarhizium* spp. (3,26%), *Trichoderma* spp. and *Verticillium* spp. (2,17%), *Curvularia* spp. and *Nannizia* spp. (1,09%). Nine isolates were obtained from insects: *Fusarium* spp. (55,55%), *Metarhizium* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. and *Scopulariopsis* spp. (11,11%); and 27 were isolated from other sources (environment, organic substrates, reference strains): *Aspergillus* spp. and *Penicillium* spp. (22,22%), *Trichoderma* spp. (18,52%), *Rhizopus* spp., *Fusarium* spp., *Mucor* spp. and *Scopulariopsis* spp. (7,40%), *Metarhizium* spp., *Colletotrichum* spp., *Keratinomyces ajelloi*, *Cladosporium* spp., *Curvularia* spp. and *Rhizomucor miehei* (3,70%).

Key words: collection, fungi, identification, insects, isolation, preservation.

¹ Instituto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Corporación de Patologías Tropicales. Universidad de Antioquia. A.A. 1226. Medellín, Colombia. ysaldar@matematicas.udea.edu.co, anaisaguti@hotmail.com, nadyaloren@hotmail.com, ncardavid@eafit.edu.co

Introducción

La Colección Micológica del Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia (CMUA) se inició en el 2003 con el objetivo de recolectar, mantener y proveer cultivos de hongos entomopatógenos, fitopatógenos y ambientales importantes para su utilización en docencia, investigación, industria, agricultura y medicina.

Los hongos son organismos que presentan formas filamentosas o levaduriformes, micro o macroscópicamente, formando una línea filogenética diferente de los animales y las plantas por sus características morfológicas y fisiológicas. Se reproducen sexual, parasexual o asexualmente. Producen metabolitos secundarios como enzimas, ácidos orgánicos, toxinas y antibióticos, entre otros. Se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza en diferentes nichos ecológicos (acuáticos y terrestres), sobre sustratos (vegetales, animales y minerales) a diferentes altitudes (0-4000 msnm), bosques (tropicales, subtropicales, templados y fríos) y temperaturas (4-60 °C). Hawksworth (1991) ha estimado que existen 1,5 millones de especies de hongos, de las cuales se conocen solamente 69000 (Castillo 1987, Alexopoulos et ál. 1996, Herrera y Ulloa 1998). Son reconocidos como un reino separado en la 7ª edición del *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* (1983), en cuya clasificación (9ª edición, 2001) se basó este trabajo (Kirk et ál. 2001).

No existen en el mundo organismos que no estén o hayan estado bajo la influencia de los hongos. Estos se presentan como saprofitos, parásitos (biótrofos o necrótrofos), causantes de enfermedades y simbioses (micorrizas). Así, podemos encontrarlos creciendo en materia orgánica en descomposición, parasitando invertebrados o vertebrados, sobre algas y plantas superiores, causando serios problemas (Castillo 1987, Ulloa y Herrera 1994, Alexopoulos et ál. 1996, Herrera y Ulloa 1998).

Los hongos pueden crecer en uno o en un amplio rango de hospederos, ser patógenos de animales, especialmente de insectos y artrópodos, y pueden ser cultivados por ellos como fuente para su alimentación. Algunos macrohongos (setas) son importantes en la dieta del ser humano y los animales. Otros atrapan nematodos o son micorrizantes (Herrera y Ulloa 1998).

Hawksworth (1991) estimó que solo el 5% de las especies de hongos han sido descritas y que se necesitarían muchos años para nombrar todas las taxas. Es importante enfatizar que el conocimiento de la biología, la nutrición, el sitio ecológico (hospedero,

sustrato), la distribución y la abundancia de especies de hongos en Colombia es muy reducida. Según la revisión de literatura, hay estudios realizados por Rodríguez (1984), Gualdrón-Arenas et ál. (1997), Posada y Vélez (1997), Cepero et ál. (2000), Chitiva y Cabrera (2001), Piepenbring (2002), Chitiva et ál. (2005) y Posada et ál. (2005).

Entre los objetivos de la conformación de un cepario están la conservación de la pureza del cultivo, la supervivencia y la estabilidad de las cepas obtenidas. Hasta hace unos años, los hongos eran preservados solamente mediante repiques periódicos constantes, lo cual muchas veces implicaba pérdidas en la viabilidad, patogenicidad y características morfológicas. A pesar de que esta técnica es aún utilizada en nuestro medio, se hizo necesaria la adopción de otros métodos complementarios que buscan disminuir el metabolismo fúngico, permitiendo su conservación durante períodos prolongados sin sufrir las alteraciones descritas anteriormente.

Entre estas técnicas se encuentran la preservación en aceite mineral (Fraser 1999, Kish 2001, CABI 2002), glicerol (Smith y Onions 1997, CABI 2002) y papel filtro (García y Uruburu 2002), las cuales han sido reportadas por otros centros de investigación alrededor del mundo y han permitido mantener viables las cepas por varios años. Entre los centros de referencia que han empleado estas técnicas se encuentran el IMI (International Mycological Institute, Reino Unido), ATCC (American Type Culture Collection, EUA), CBS (Centraalbureau voor Schimmelcultures, Holanda), IFO (Institute for Fermentation, Japón), JCM (Japan Collection of Microorganisms, Japón), MUCL (Mycothèque de L'Université Catholique de Louvain, Bélgica), CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia), CECT (Colección Española de Cultivos Tipo de la Universidad de Valencia, España) y CCM (Czech Collection of Microorganisms, República Checa).

Un paso previo a la conservación es la identificación y caracterización del espécimen. Para tal fin, en este proyecto se tomaron en cuenta características macro y microscópicas (pigmentación, forma de conidióforos, presencia o no de septos en los micelios, macro y micro conidias, esclerocios y clamidosporas) además de las características de crecimiento observables en los diferentes medios de cultivo. Durante el desarrollo del proyecto, se trabajaron los estados anamórfico y teleomórfico in vitro. La conidiogénesis característica de los anamórficos permitió realizar

identificaciones con claves taxonómicas, las cuales podrán en un futuro ser complementadas con otras técnicas, como las bioquímicas o moleculares (Kirk et ál. 2001).

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el Laboratorio de Micología del Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia. Las muestras fueron recolectadas de suelos, hojarasca, insectos [dípteros, hemípteros (triatominos), lepidópteros y coleópteros] y de material orgánico en descomposición presentes en diferentes regiones del departamento de Antioquia.

Oriente antioqueño: (1) Santa Elena (Monte Vivo), ubicada al este de la cabecera municipal, a 06°12'48,1"N y 75°29'32,2"O, y 2570 msnm. Temperatura media de 18°C y una precipitación media anual de 2200 mm. (2) Guarne (Piedras Blancas), a 06°16'56"N y 75°26'49"O, y 2100 msnm. Temperatura media de 16,6 °C y una precipitación media anual de 1753 mm. Ambas áreas se encuentran en la zonas de vida de bosque premontano bajo (bm-p) (Espinal 1990, Borreros 1996).

Suroeste antioqueño: Pueblorrico, a 05°47'37"N y 75°50'41"O, y 1800 msnm. Temperatura media de 18,3 °C y precipitación media anual de 2993 mm. La zona de vida es bosque premontano bajo (bm-p) (Espinal 1990, Borreros 1996).

Región occidental: San Pedro ubicado al noroeste, con coordenadas latitudinales de 06°27'51"N y 75°73'38"O, con una altura de 2,400 msnm. Temperatura media de 14,8 °C y una precipitación media anual de 1236 mm. Estas áreas se encuentran en la zonas de vida Bosque Premontano bajo (bm-p) (Espinal 1990, Borreros 1996).

Norte del departamento: Gómez Plata (Finca Vegas de La Clara), ubicado al norte de Medellín, a 06°41'01"N y 75°13'19"O, y 1700 msnm. Temperatura media de 18,1 °C y precipitación media anual de 3173 mm. La zona de vida es bosque seco (bs-T) (Espinal 1990, Borreros 1996).

Los insectos fueron recolectados en recipientes plásticos de 16 x 12 cm de diámetro tapados con muselina, sellados con vinilpel y envueltos en bolsas oscuras, para brindarles condiciones apropiadas para el transporte al laboratorio. Los insectos se mantuvieron en recipientes plásticos dentro de una cámara climatizada (WTBbinder 78532 Tuttlingen, Alemania) con temperatura controlada de 26,5 °C y una humedad relativa de 80%.

Las muestras de suelos se obtuvieron de diferentes suelos provenientes de las regiones antes descritas. Estas se depositaron en bolsas plásticas negras para su transporte al laboratorio.

Los insectos muertos se colocaron en cámara húmeda y se incubaron a temperatura ambiente (22,0 °C) durante 10 a 26 días, para favorecer la conidiación del hongo. A todos los insectos muertos y colonizados por los hongos se les realizaron montajes en placas coloreadas con azul de lactofenol, KOH y microcultivos para observar las diferentes estructuras morfológicas del hongo (Goettel e Inglis 1997).

Para la preparación de las muestras de suelos, en un beaker de 250 ml se vertió un volumen de 200 ml de agua destilada estéril, se le adicionaron 20 g de suelo y 3 gotas de Tween® 80 (0,05%), y se agitaron para obtener una mezcla homogénea. Se realizaron diluciones seriadas de 1×10^{-1} a 1×10^{-6} . De las diluciones 1×10^{-3} y 1×10^{-6} se tomaron 0,1 ml de cada una y se inocularon por triplicado, con un asa de vidrio en la superficie de los medios de cultivo agar Sabouraud dextrosa, medio completo y agar papa dextrosa (Oxoid LTD, Basingstoke, Hampshire, Inglaterra) y se incubaron a temperatura ambiente (21-26 °C) durante 10-12 días.

Las colonias esporuladas fueron purificadas mediante repiques sucesivos en los medios mencionados anteriormente, además de agar extracto de malta y agar Czapek Dox. Se llevaron a cabo microcultivos con el fin de realizar montajes con azul de lactofenol que permitieran medir las estructuras y describirlas.

Los hongos aislados de las diferentes muestras se purificaron realizando cultivos monoespóricos siguiendo la técnica descrita por Calle (2000). Se identificaron y caracterizaron según criterios morfológicos y de cultivo, siguiendo las claves de Nelson et ál. (1983), Samson et ál. (1984), Pardo (1990), Domsch y Gams (1993), Goettel e Inglis (1997), Humber (1997), Papierok y Hajek (1997), Barnett y Hunter (1998), Kirk et ál. (2001) y Klich (2002).

Los aislamientos obtenidos se cultivaron en tubos y cajas de Petri con medios agar extracto de malta, agar Sabouraud dextrosa, medio completo, y agar papa dextrosa a temperatura ambiente (21-26 °C) durante 10-12 días, y se almacenaron a 4 °C. Además, los hongos fueron preservados mediante las técnicas de papel de filtro, aceite mineral y nitrógeno líquido en tubos inclinados con agar Sabouraud dextrosa y se conservan en el Laboratorio de Micología del Instituto de Biología de la Universidad de Antioquia.

La frecuencia de los principales aislamientos fúngicos encontrados en el presente estudio fue calculada como número de aislamientos de hongos en el suelo, insectos y diferentes sustratos/número total de hongos x 100.

Se registraron los aislamientos fúngicos en una base de datos ya codificados según el sitio de muestreo, género y especie.

Resultados y discusión

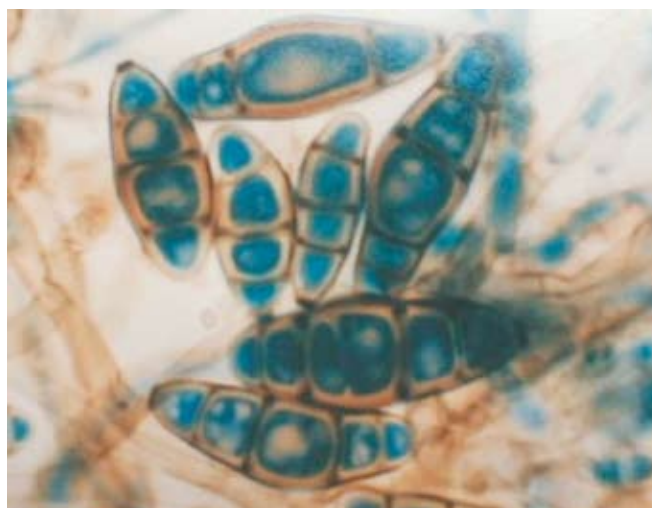
Se encontraron un total de 133 aislamientos, correspondientes a 19 géneros y 36 especies, recolectados de insectos, suelos y otros materiales biológicos. Los aislamientos fúngicos fueron agrupados de acuerdo con su origen. Se resaltan aquellos reconocidos como entomopatógenos, fitopatógenos, micoparásitos, celulosófagos y de importancia en la salud humana (Cuadros 1 y 2).

Los 98 aislamientos del suelo están distribuidos así: *Penicillium* spp. (21,74%), *Aspergillus* spp. (20,00%), *Beauveria* spp. (11,96%) *Cladosporium* spp. (9,78%), *Scopulariopsis* spp. (7,61%), *Fusarium* spp. y *Mucor* spp. (6,52%), *Paecilomyces* spp. (4,35%), *Metarhizium* spp. (3,26%), *Trichoderma* spp. y *Verticillium* spp. (2,17%), *Curvularia* spp. y *Nannizzia* spp. (1,09%).

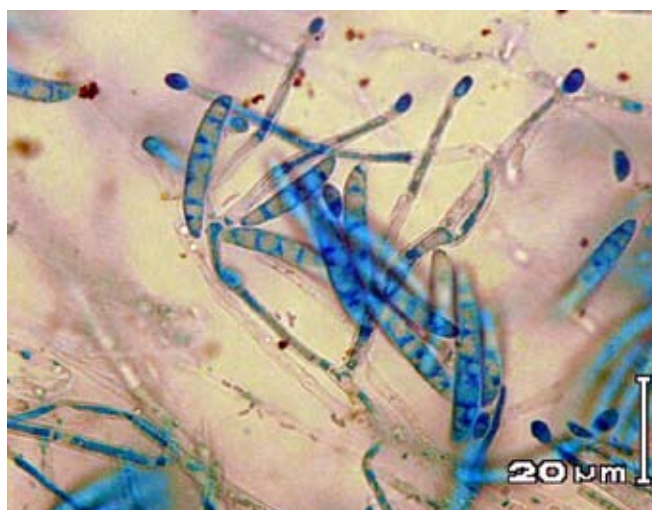
Entre los hongos aislados de insectos (9) se encuentran: *Fusarium* spp. (55,55%), *Metarhizium* spp., *Penicillium* spp., *Aspergillus* spp. y *Scopulariopsis* spp. (11,11%).

Entre los hongos aislados del medio ambiente y diferentes sustratos orgánicos están: *Aspergillus* spp. y *Penicillium* spp. (22,22%), *Trichoderma* spp. (18,52%), *Rhizopus* spp., *Fusarium* spp., *Mucor* spp. y *Scopulariopsis* spp. (7,40%), *Metarhizium* spp., *Colletotrichum* spp., *Keratinomyces ajelloi*, *Cladosporium* spp., *Curvularia* spp. y *Rhizomucor miehei* (3,70%). Los aislamientos de *K. ajelloi* y *R. miehei* fueron determinados siguiendo las claves antes mencionadas en la metodología citada; además, la segunda es una cepa de referencia donada por Centraal Bureau Voor Schimmelcultures.

Los géneros *Penicillium*, *Fusarium* y *Aspergillus* fueron los más representativos en los tres hábitats muestreados, pues son géneros de rápido crecimiento y proliferan en múltiples sustratos. *Rhizopus*, *Mucor* y *Trichoderma* se encontraron tanto en el medio ambiente como en el suelo; estos hongos son una parte importante de la biota del suelo (saprófitos), donde estimulan el balance nutricional y el crecimiento



Curvularia lunata (Wakk)



Fusarium moniliforme (Sheldon) [W&R,B,J]

de las plantas; sus funciones fisiológicas, como su forma de nutrición, producción de metabolitos y el reciclaje de nutrientes, afectan las características físicas como la humedad y la integridad de la capa externa del suelo; además, *Trichoderma* es importante en el biocontrol de patógenos de plantas, actuando por parasitismo, antibiosis y competición por nutrientes y espacio (Samson et al. 1984, Herrera y Ulloa 1990, Christensen 2002, Botero et ál. 2004).

Metarhizium, *Beauveria* y *Paecilomyces* son utilizados en el control de plagas de importancia agrícola, económica y médica (Ulloa y Herrera 1994, Herrera y Ulloa 1998). Se aislaron también del suelo y del medio ambiente, donde posiblemente cumplen funciones de regulación de las poblaciones naturales de insectos (Lacey et ál. 2001). Además, *Fusarium* y *Aspergillus* son considerados también como entomopatógenos

Cuadro 1. Géneros y especies representados en estudios de hongos del suelo, insectos y material orgánico en descomposición recolectados en algunas regiones de Colombia y depositados en el CMUA, Medellín, Colombia

Género y especies	Categoría Taxonómica	Suelo					Materia orgánica					Insectos				
		A	E	F	MP	SH	A	E	F	MP	SH	A	E	F	MP	SH
<i>Aspergillus</i> sp., Micheli ex Link	Anamórfico															
<i>Aspergillus candidus</i> , Link	"															
<i>Aspergillus flavus</i> , Link	"	X	X			X										
<i>Aspergillus fumigatus</i> , Fres	"							X				X				
<i>Aspergillus niger</i> , Van Tieghem	"	X	X			X		X	X			X				
<i>Aspergillus ochraceus</i> , Wilhelm	"							X				X				
<i>Aspergillus oryzae</i> , (Ahlburg) Cohn	"							X								
<i>Aspergillus parasiticus</i> , Speare	"	X	X	X		X		X	X	X		X				
<i>Beauveria bassiana</i> , (Bals.) Vuill	Clavicipitaceae	X	X													
<i>Beauveria brongniartii</i> , (Sacc.) Petch	Clavicipitaceae	X	X													
<i>Cladosporium herbarum</i> (Pers.) Link ex Gray	Anamórfico	X		X				X		X						
<i>Colletotrichum</i> sp., Corda	"							X		X						
<i>Curvularia</i> sp., Boedijn	"			X												
<i>Fusarium chlamyosporum</i> , Wollen et Reinking	"											X				X
<i>Fusarium dimerum</i> , Penzig	"	X	X					X		X						
<i>Fusarium moniliforme</i> , (Sheldon) [W&R,B,J]	"		X	X		X						X	X			X
<i>Fusarium oxysporum</i> , Schlecht. emend. Snyder & Hansen	"	X	X					X		X						
<i>Metarhizium anisopliae</i> , (Metschn.) Sorok	"	X	X									X	X			
<i>Paecilomyces lilacinus</i> , (Thom) Samson	"	X	X	X		X		X	X	X		X				
<i>Penicillium chrysogenum</i> , Thom	"	X				X		X				X				
<i>Penicillium citrinum</i> , Thom	"	X				X										
<i>Penicillium digitatum</i> , Sacc.	"	X				X										
<i>Penicillium frequentans</i> , Westing	"	X				X		X				X				
<i>Penicillium griseofulvum</i> , Dierckx	"	X						X								
<i>Penicillium paraherquei</i> , Abe ex G. Smith	"	X						X								
<i>Penicillium rugulosum</i> , Thom	"							X								
<i>Penicillium viridicatum</i> , Westling	"							X				X				
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i> , (Sacc.) Bainier	"	X	X	X		X		X	X	X		X	X	X		X
<i>Trichoderma album</i> , *Preuss	"							X			X					
<i>Trichoderma harzianum</i> ,* Rifai	"							X			X					
<i>Trichoderma viride</i> ,* Pers. Ex Gray	"	X				X										
<i>Tricophyton</i> sp., Malmsten	"											X				
<i>Verticillium effusum</i> , Otth	"	X														

Características: A = ambiental, E = entomopatógeno, F = fitopatógeno, MP = micoparasítico, SH = salud humana
 * Celulosófago. Clasificación: *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* (Kirk et ál. 2001)

(Tanada y Kaya 1993), pero debido a su producción de toxinas nocivas para la salud humana no se utilizan en control biológico (Tanada y Kaya 1993, Herrera y Ulloa 1998).

Los hongos aislados de insectos constituyen la muestra menos representativa del cepario, debido a que para su aislamiento requieren medios suplementados con quitina (Alean 2003) y éstos no fueron utilizados en el procedimiento. Además, los hongos entomopatógenos son de crecimiento lento en compa-

ración con los ambientales. La utilización de medios no selectivos ha permitido la recuperación de hongos controladores biológicos inferiores al 1%, pero su empleo en estudios sobre dinámica de poblaciones y supervivencia en el suelo presenta dificultades por la presencia abundante de organismos contaminantes (Giraldo-Fadul y Leguizamón-Caicedo 1997).

La biodiversidad micológica existente en las regiones antioqueñas es muy abundante debido a la diversidad de climas, nichos ecológicos, factores

Cuadro 2. Géneros y especies representados en estudios de hongos del suelo, insectos y material orgánico en descomposición recolectados en algunas regiones de Colombia y depositados en el CMUA, Medellín, Colombia

Géneros y especies	Familia	Suelo					Materia orgánica					Insectos				
		A	E	F	MP	SH	A	E	F	MP	SH	A	E	F	MP	SH
Zygomycota																
<i>Helicocephalum</i> sp., ** Thaxt.	Helicocephalidaceae						X									
<i>Mucor circinelloides</i> , vanTieghem	Mucoraceae	X		X		X										
<i>Mucor hiemalis</i> , Wehmer	"	X		X												
<i>Mucor plumbeus</i> , Bonord	"	X					X									
<i>Mucor racemosus</i> , Fresenius	"						X	X	X							
<i>Rhizomucor miehei</i> , Cooney & Emerson (Schipper)	"						X					X				
<i>Rhizopus oligosporus</i> , Saito	"						X									
<i>Rhizopus</i> sp., Ehrenberg	"						X		X							
Ascomycota																
<i>Nannizia gypsea</i> (Nann.) Stockd	Arthrodermataceae	X														X

Características: A = ambiental, E = entomopatógeno, F = fitopatógeno, MP = micoparasítico, SH = salud humana

** Nematicida. Clasificación: *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* (Kirk et ál. 2001)

bióticos y abióticos que influyen en su distribución y crecimiento en la naturaleza, y se vio reflejada en la variedad de aislamientos encontrados en este trabajo.

Los hongos son una fuente alimenticia importante para muchos animales, incluyendo insectos, mamíferos y reptiles. La razón primordial para su conservación se basa en el papel que desempeñan en la cadena alimenticia y como recicladores naturales (Christensen 2002).

Aunque pueden causar enfermedades en las plantas, los animales y el ser humano (alergias, producción de toxinas en los alimentos), daños a textiles, papel y pinturas, entre otros, los hongos tienen aplicaciones comerciales en la industria alimenticia, farmacéutica, agrícola y como biodegradadores de compuestos orgánicos.

Las colecciones de hongos son importantes como referencia para su utilización en estudios taxonómicos, para la producción y comercialización de compuestos biológicamente activos, como fuente de genes y agentes biocontroladores.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Corporación para el Estudio de Enfermedades Tropicales, a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, al Instituto de Biología y al Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia por el apoyo financiero y logístico para realizar esta investigación. A los profesores Abel Díaz Cadavid, Beatriz Cardona y Fabio Pineda G. por el soporte técnico y trabajo de campo.

Literatura citada

- Alean, I. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homoptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Bogotá, CO, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, Microbiología Agrícola y Veterinaria. 116 p.
- Alexopoulos, CJ; Mims, CW; Blackwell, M. 1996. *Introductory Mycology*. 4 ed. New York, US, John Wiley & Sons. 869 p.
- Barnett, HL; Hunter BB. 1998. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4 ed. Minnesota, US, The American Pathology Society. 218 p.
- Borreros, S. 1996. *Diccionario Geográfico de Colombia*. Bogotá, CO, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1858 p.
- Botero, MJ; Castellanos, PA; Vélez, PE. 2004. Reconocimiento de microorganismos, hongos y actinomicetes aislados de la rizosfera del suelo, en un sistema agroforestal con mora. Tecnología para la transformación de frutas. *In* Seminario Nacional e Internacional de Frutales (5). Memorias. Manizales, Caldas, CO. p. 81-90.
- CABI. 2002. *Wood-rooting fungi on the move*. Surrey, UK, CABI. *s.p.*
- Calle, J. 2000. *Vers un contrôle microbiologique des populations colombiennes de Triatominae, insectes vecteurs de la maladie de Chagas*. Tesis Ph.D. París, FR, Université Paris V.-René Descartes. 141 p.
- Castillo, J. 1987. *Micología general*. México, Limusa. 518 p.
- Cepero, C; Madriñan, S; Pardo, S. 2000. Estudio preliminar de biodiversidad de microhongos de la población de *Espeletia grandiflora* en el Páramo de Cruz Verde. Colombia, Centro de Investigaciones Microbiológicas de la Universidad de los Andes (CIMIC). *s.p.*
- Chitiva, A; Cabrera, C. 2001. Contribución al estudio de los hongos filamentosos en las zona de frailejones del Páramo de Guasca. Tesis de Microbiología. Bogotá, CO, Departamento de Química. Pontificia Universidad Javeriana. *s.p.*

- _____; Torrenegra-Guerrero, R; Cabrera-Parada, C; Díaz-Puente, N; Pineda-Parra, V. 2005. Contribución al estudio de hongos filamentosos en los ecosistemas Páramo de Guasca y el Tablazo. Bogotá, CO, Grupo de Investigación en Fitoquímica y Biotransformación, Departamento de Química, Pontificia Universidad Javeriana. p. 1-10.
- Christensen, M. 2002. Soil microfungial Collection (en línea). Disponible en <http://uwadmnweb.uwyo.edu/Botany/Soil%20Microfungial%20collection/Soil%20Microfungial%20Collection%20%20%20M.htm>
- Domsch, KH; Gams, W. 1993. Compendium of soil fungi. Traute-Heidi Anderson. IHW Verlag. v. 1, 860 p.
- Espinal, LS. 1990. Geografía ecológica de Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 121 p.
- García, MD; Uruburu, F. 2002. La conservación de las cepas microbianas (en línea). Disponible en www.uv.es/cect.
- Giraldo-Fadul, M; Leguizamón-Caycedo, J. 1997. Nota técnica. Aislamiento y evaluación *in vitro* de hongos a partir de estados de *Meloidogyne* spp. Infectados naturalmente. *Cenicafé* 48(3):195-203.
- Goettel, M; Inglis, GD. 1997. Fungi Hyphomycetes. In Lacey, L. ed. Manual of techniques in insect pathology. Reino Unido, Academic Press. p. 213-249.
- Gualdrón-Arenas, C; Suárez-Navarro, AL; Valencia-Zapata, H. 1997. Hongos del suelo aislados de zonas de vegetación natural del páramo de Chisacá, Colombia. *Caldasia* 19(1-2):235-245.
- Hawksworth, DL. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance, and conservation. *Mycological research* 95:641-655.
- Herrera, T; Ulloa, M. 1998. El Reino de los hongos. Micología básica y aplicada. México, Fondo de Cultura Económica. 552 p.
- _____. 1990. El Reino de los hongos. Micología básica y aplicada. México, Fondo de Cultura Económica. 552 p.
- Fraser, S. 1999. Archives and manuscript collections (en línea). Bronx, New York, US, The Luesther T. Mertz Library. The New York Botanical Garden. Disponible en <http://www.nybg.org/bsci/libr/Hervey.htm>
- Humber, RA. 1997. Fungi Identification. In Lacey, L. ed. Manual of techniques in insect pathology. Reino Unido, Academic Press. p. 153-185.
- Kirk PM; Cannon, PF; David, JC; Stalpers, JA. 2001. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi. 9 ed. CABI Publishing. 655 p.
- Kish, JC. 2001. Resurrecting a Better Method for Long-Term Storage of Mushroom Cultures (en línea). Disponible en <http://www.nansnook.com/~archives3036/3036.html>
- Klich, MA. 2002. Identification of Common *Aspergillus* Species. Utrecht, NE, Centraalbureau voor Schimmelcultures. 116 p.
- Lacey, LA; Frutos, R; Kaya, HK. 2001. Insect Pathogens as Biological Control Agents? Do they have a future? *Biological Control* 21:230-248.
- Nelson, PE; Toussoun, TA; Marasas, WFO. 1983. *Fusarium* species. An illustrated manual for identification. Pennsylvania, US, The Pennsylvania State University Press. p. 70-145.
- Papierok, B; Hajek, AE. 1997. Fungi Entomophthorales. In Lacey, L. ed. Manual of techniques in insect pathology. Reino Unido, Academic Press. p. 187-212.
- Pardo, VM. 1990. Manual práctico de micología agrícola. Medellín, CO, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 97 p.
- Pelczar, MJ; Reid, RD; Chan, ECS. 1982. Microbiología. 4 ed. México, McGraw-Hill, México. p. 88-145.
- Piepenbring, M. 2002. Annotated checklist and key for smut fungi in Colombia. *Caldasia* 24(1):103-119.
- Posada F, FJ; Vélez A, PE. 1997. Registro de hospedantes y aislamientos de *Beauveria bassiana* en la colección de hongos entomopatógenos de Cenicafé, Colombia. *Manejo Integrado de Plagas* 46:50-64.
- _____; Saldarriaga, GM; Ortiz, JC; Marín, P; Gil, SN; Vélez, E; Bustillo, AE. 2005. Colección de hongos entomopatógenos: conocimiento de la biodiversidad y recurso biológico para manejo de plagas Cenicafé. Caldas, CO, Centro Nacional de Investigaciones de Café. *s.p.*
- Rodríguez S, DA. 1984. Hongos entomopatógenos registrados en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 10(1-2):57-64.
- Samson, RA; Hoekstra, ES; Oorschot, AN. 1984. Introduction to food-borne fungi. 2 ed. Holanda, Central Bureau voor Schimmelcultures, Institute of the Royal Netherlands, Academy of Arts and Sciences. 247 p.
- Smith, D; Onions, AHS. 1997. The preservation and maintenance of living fungi. 2 ed. International Mycological Institute. Wallingford, UK, CAB International. 122 p.
- Tanada, Y; Kaya, HK. 1993. Insect Pathology. Estados Unidos, Academic Press. 666 p.
- Ulloa, M; Herrera, T. 1994. Etimología e Iconografía de Géneros de Hongos. Cuadernos 21. México, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 300 p.