

## Aislamiento, identificación y caracterización de hongos nematófagos depredadores nativos de Costa Rica

Martha Orozco Aceves<sup>1</sup>, Ana Jiménez Rocha<sup>2</sup>, Oscar Acuña Navarro<sup>3</sup>  
& Víctor Álvarez Calderón<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Maestría en Agricultura Alternativa con mención en Agricultura Ecológica, Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Costa Rica. Apdo. 86-3000. Costa Rica. marthaorozcoaceves@gmail.com

<sup>2</sup> Laboratorio de Parasitología Veterinaria, Escuela de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional de Costa Rica. ana.jimenez.rocha@una.cr

<sup>3</sup> Laboratorio de Bioquímica de Procesos Orgánicos, Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. oscar.acuna@ucr.ac.cr

<sup>4</sup> Dirección General de Sanidad Animal, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa de la garrapata. viacal@racsa.co.cr

(Recibido: 14 de julio de 2015. Aceptado 01 de septiembre de 2015)

**ABSTRACT.** Tropical ecosystems provide biological resources with potential to be used in agriculture, for example, the predatory nematophagous fungi (PNF), which can be used as biological control agents of parasitic nematodes of plants and animals. A successful biological control should incorporate locally isolated organisms, for this reason the aim of this study was to investigate the presence of PNF in non-disturbed ecosystems and agroecosystems of Costa Rica. Samples of soil, litter, organic fertilizers, and animal feces were collected across five counties of Costa Rica, and screened for PNF through the soil sprinkling technique. Twenty-seven strains were isolated; 15 *Candelabrella musiformis*, 11 *Arthrobotrys oligospora*, and one *Dactylella* sp. The strains were morphologically characterized both macro and microscopically. Our results indicated that strains of PNF are locally available in Costa Rica, therefore their use as part of a biological control strategy to combat parasitic nematodes is viable.

**RESUMEN.** Los ecosistemas tropicales ofrecen recursos biológicos con potencial para ser utilizados en actividades agrícolas, por ejemplo los hongos nematófagos depredadores (HND), son candidatos para ser utilizados en el control biológico de nemátodos parásitos de plantas y animales. Un control biológico exitoso requiere biocontroladores aislados localmente, por lo tanto el objetivo de este estudio fue investigar la presencia de HND en ecosistemas no perturbados y agroecosistemas de Costa Rica. Muestras de suelo, hojarasca, fertilizantes orgánicos y estiércol fueron recolectadas en cinco provincias de Costa Rica y procesadas para aislar HND mediante la técnica de espolvoreado en placa. Veintisiete cepas fueron aisladas; 15 *Candelabrella musiformis*, 11 *Arthrobotrys oligospora*, y una *Dactylella* sp. Las cepas fueron caracterizadas morfológicamente; macro y microscópicamente. De acuerdo con los resultados obtenidos, los HND están presentes localmente en ecosistemas y agroecosistemas de Costa Rica y su uso como biocontroladores de nemátodos parásitos es viable.

**KEY WORDS.** *Arthrobotrys oligospora*, biological control, *Candelabrella musiformis*, *Dactylella* sp., parasitic nematodes.

**PALABRAS CLAVE.** *Arthrobotrys oligospora*, *Candelabrella musiformis*, control biológico, *Dactylella* sp., nematodos parásitos.

Los ecosistemas nos ofrecen una gran cantidad de recursos biológicos con potencial para ser utilizados con propósitos agrícolas. Dichos recursos biológicos son especialmente importantes en el control biológico de plagas y enfermedades agrícolas, ya que una de las grandes limitantes de esta estrategia de control es que un biocontrolador eficiente bajo las condiciones ambientales de un agroecosistema,

no necesariamente funcionará en agroecosistemas con condiciones ambientales diferentes (Cole & Kendrick 1981, Hanson & Hilje 1993). Por lo tanto, utilizar biocontroladores nativos de zonas específicas ayudaría a aumentar las probabilidades de realizar un control biológico exitoso, ya que tales biocontroladores se encontrarían mejor adaptados a las condiciones locales (Stirling 1991, Larsen *et al.* 1997).

El control biológico de nemátodos parásitos de plantas y animales incluye el uso de hongos nematófagos depredadores (HND) (Flores *et al.* 2003, Dong & Zhang 2006, Silva *et al.* 2010, Singh *et al.* 2012), que producen órganos especializados para atrapar nemátodos vivos, los cuales son posteriormente penetrados y consumidos por dichos hongos (Barrón 1977). Los HND presentan ventajas como biocontroladores sobre otros grupos de hongos nematófagos como los endoparásitos, ya que los primeros son fácilmente cultivados, sobreviven en el suelo en un estado saprofítico por largos periodos, no han mostrado efectos dañinos en humanos, animales domésticos u organismos no blanco y los órganos de captura permanecen estables durante años de cultivo (Cole & Kendrick 1981, Rubner 1996, Larsen 1999). Por lo tanto, los HND constituyen una excelente alternativa de control biológico para ser explorada y explotada localmente.

Costa Rica se caracteriza por poseer una alta biodiversidad (Myers *et al.* 2000), esto implica que la probabilidad de encontrar HND en los ecosistemas locales es alta. Una vez aislados, los HND deben ser estudiados para recopilar la mayor cantidad de información referente a los mismos. Un primer paso es su descripción morfológica, conocer detalles de su estructura, características y apariencia. Dicha información contribuirá al acervo de conocimiento sobre estos microorganismos, lo que indudablemente servirá para usarlos de manera más eficiente. El objetivo del presente trabajo es investigar la presencia de HND en ecosistemas no disturbados y agroecosistemas de Costa Rica, a partir de su aislamiento, identificación y caracterización morfológica en diferentes localidades del país.

## MATERIAL Y MÉTODOS

**Recolección de muestras y aislamiento de hongos nematófagos depredadores.** Setenta muestras de suelo, hojarasca, estiércol y abonos orgánicos elaborados con estiércol fueron recolectadas en ecosistemas no disturbados y agroecosistemas de las provincias de Alajuela, Cartago, Heredia, Limón y San José, Costa Rica (Cuadro 1). Las muestras de suelo y abonos orgánicos se recolectaron superficialmente y hasta los 10 cm de profundidad; la hojarasca consistió en material superficial y el estiércol se tomó directamente del recto de los animales previo a su excreción. Las muestras se almacenaron en bolsas plásticas a 4 °C hasta su procesamiento. Para el aislamiento de HND se

empleó la metodología de espolvoreado en placa con cebo descrita por Barrón (1977). Las placas fueron incubadas a 23 – 26 °C y oscuridad. A partir del quinto día de incubación y por dos semanas, las placas se observaron diariamente en búsqueda de nemátodos atrapados en las estructuras desarrolladas por los HND.

**Identificación taxonómica.** La identificación taxonómica de los HND se realizó por medio de la clave “A key to the Nematode-Destroying Fungi” de Cooke & Godfrey (1964). Para la observación y medición de las características señaladas en la clave, se utilizó la técnica de cultivo en lámina con nemátodos (Jeffries & Young 1994).

**Morfología macroscópica.** Tubos con agar sabouraud glucosado fueron inoculados con cada una de las cepas de HND aislados. Los tubos inoculados se incubaron a 23 – 26 °C y luz artificial. A los ocho días se determinaron las siguientes características coloniales (García & Salas 2000a): tamaño, color y aspecto, forma de frente y de lado, tipo de borde, aspecto de la superficie y reverso, presencia de pigmentos y presencia de micelio sumergido.

**Morfología microscópica.** Para determinar la morfología microscópica de los HND se establecieron cultivos en lámina (García & Salas 2000b) que se incubaron a 28 °C en oscuridad por cuatro a once días. Las laminillas fueron observadas en microscopio compuesto para determinar las siguientes características microscópicas: tipo de micelio, diámetro de la hifa, frecuencia de septación, ángulo de ramificación del micelio, ángulo de ramificación de los conidióforos con respecto a la hifa, tamaño y número de ramificaciones del conidióforo, tamaño del conidióforo, tipo de esporas producidas, tamaño, forma, color, aspecto y presencia de septos en las esporas. Todos los parámetros se determinaron 25 veces por cepa para calcular un promedio.

## RESULTADOS

Veintisiete cepas de HND fueron aisladas a partir de diversos sustratos recolectados en cinco provincias de Costa Rica (Cuadro 1). De las 27 cepas, 15 fueron identificadas como *Candellabrella musiformis* (Drechsler) Rifai et R.C. Cooke (1837), hongo formador de redes adhesivas bidimensionales, 11 como *Arthrobotrys oligospora* Fresenius (1850) y una como *Dactylella* sp. – ambos

formadores de redes adhesivas tridimensionales (Cuadro 2). A su vez, de las 27 cepas diez fueron aisladas de muestras recolectadas en la provincia de Limón, siete de Heredia, seis de San José, dos de Alajuela y dos de Cartago.

Las cepas identificadas como *C. musiformis* presentaron las siguientes características macroscópicas: colonias grandes, vellosas, hialinas, con forma irregular tanto de frente como de lado. Algunas produjeron pigmentos cafés o anaranjados. Las 11 cepas identificadas como *A. oligospora* presentaron las siguientes características macroscópicas: colonias grandes, hialinas, de aspecto algodonoso-musgoso, con forma irregular observadas de frente y plana observadas del lado. Algunas produjeron pigmentos cafés o anaranjados. La única cepa aislada identificada como *Dactylella* sp. fue descrita como sigue: colonia grande, hialina, de apariencia glabra, forma circular observada de frente y plana observada de lado, sin producción de pigmentos.

En cuanto a la caracterización microscópica, todas las mediciones y observaciones de las estructuras microscópicas de las 26 cepas de *C. musiformis* y *A. oligospora* coinciden con las descritas en la literatura (Watanabe 1937, Haard 1968, De Hoog 1985, Rubner 1996) para dichos géneros y especies (Cuadros 3 y 4). La única cepa de *Dactylella* sp. presentó las siguientes características microscópicas ( $\mu\text{m}$ ): frecuencia de septación = 3,6, diámetro de hifa = 46,0, tamaño de conidióforo = 207,8, largo y ancho de conidio = 39,7 y 18,6 respectivamente, tamaño de septo proximal y distal = 8,1 y 8,0 respectivamente.

## DISCUSIÓN

Los cantones en los cuales se recolectaron las muestras para el aislamiento de los HND se caracterizan por presentar climas tropicales (Cuadro 1), en teoría, la probabilidad de aislar diversos géneros y especies de HND en estos sitios es alta; sin embargo, contrario a esta predicción, únicamente se aislaron HND de tres géneros diferentes; *Arthrobotrys*, *Candelabrella* y *Dactylella*. Resultados similares han sido comunicados previamente en otros estudios, donde HND pertenecientes a los géneros; *Arthrobotrys*, *Candelabrella* y *Monacrosporium* han sido aislados de sistemas productivos vegetales y animales de Costa Rica (Peraza-Padilla *et al.* 2011, Soto-Barrientos *et al.* 2011).

Las redes adhesivas son el tipo más común de trampa encontrada en los HND (Stirling 1991,

Larsen 1999, Swe *et al.* 2009), de estos, *A. oligospora* es el HND más frecuentemente aislado y estudiado (Stirling 1991, Persmark *et al.* 1996, Jaffee & Strong 2005, Farrell *et al.* 2006). Los HND formadores de redes adhesivas crecen mejor a temperaturas cercanas a 30 °C, en contraste, las especies formadoras de perillas, ramas o anillos constrictores crecen mejor a temperaturas de 15 °C (Rubner 1996). Esto explicaría la predominancia de HND formadores de redes adhesivas en zonas tropicales como Costa Rica y la ausencia de hongos formadores de otras estructuras atrapadoras en dichas zonas. Lo anterior coincide con los hallazgos de investigaciones llevadas a cabo en otras zonas tropicales como El Salvador y Hong Kong, donde se ha comunicado una dominancia de especies formadoras de redes adhesivas como *Candelabrella*, *Arthrobotrys*, *Monacrosporium* y *Dactylella*, y la ausencia de hongos depredadores formadores de perillas, ramas o anillos (Búcaro 1982, Swe *et al.* 2009). Esto sugiere que, contrario a lo esperado, las condiciones ambientales del trópico probablemente no promueven una alta diversidad de HND.

La naturaleza de las muestras a partir de las cuales los HND se aislaron fue muy diversa (Cuadro 2). A su vez, las muestras provinieron de ecosistemas y agroecosistemas diversos, por ejemplo ecosistemas no disturbados, agroecosistemas ecológicos, orgánicos o en transición a producción orgánica (Cuadro 2). En los agroecosistemas anteriores la probabilidad de encontrar HND es teóricamente alta debido a que su manejo propicia una alta diversidad microbológica del suelo. Sin embargo, los HND también fueron aislados de muestras provenientes de sistemas productivos con manejo convencional, los cuales presentan suelos degradados. Investigaciones previas han demostrado que la diversidad de HND es ligera pero significativamente mayor en agroecosistemas orgánicos con respecto a agroecosistemas convencionales; sin embargo, la densidad poblacional de dichos hongos en ambos tipos de sistemas productivos ha sido similar (Persmark *et al.* 1996, Jaffee *et al.* 1998). Esto sugiere que los HND presentan cierto grado de resistencia y tolerancia a condiciones edáficas adversas, lo cual es una ventaja para su uso como agentes de control biológico, especialmente en sistemas con manejo convencional.

Las características morfológicas macro y microscópicas de las 27 cepas de HND concordaron con las descritas en la literatura para dichos géneros y especies (Watanabe 1937, Haard 1968, De Hoog 1985, Rubner 1996).

Los resultados de este estudio indican que los HND se encuentran presentes en los ecosistemas y agroecosistemas tropicales de Costa Rica. Dichos hongos fueron aislados a partir de muestras recolectadas en sistemas productivos sujetos a diversas intensidades de manejo, en un gran número de localidades del territorio costarricense y a partir de muestras de diversa naturaleza. Estos hallazgos sugieren que la incorporación de HND en una estrategia de manejo integrado de nemátodos parásitos a nivel local es viable, ya que existen cepas nativas adaptadas a diversas condiciones ambientales y regímenes de manejo agrícola. El siguiente paso para poder incorporar HND en una estrategia integral de manejo de nemátodos parásitos consiste en seleccionar cepas eficientes y realizar las pruebas pertinentes en sistemas productivos en campo.

#### LITERATURA CITADA

- Barrón, G.L. 1977. The nematode destroying fungi. Lancaster Press, USA. 140 p.
- Bolaños, M.R.A. & C.V. Watson. 1993. Mapa ecológico de San José según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge. Escala 1:200,000. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.
- Búcaro, R.D. 1982. Hongos nematófagos de El Salvador. Revista de Biología Tropical 31(1):25-28.
- Chinchilla, V.E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica v. 1. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. San José, Costa Rica.
- Cole, G.T. & B. Kendrick. 1981. Biology of conidial fungi vol. 2. Academic Press, USA. 649 p.
- Cooke, R.C. & B.E.S. Godfrey. 1964. A key to the nematode-destroying fungi. Transactions in British Mycology Society 47(1): 61-74.
- De Hoog, G.S. 1985. Taxonomy of the *Dactylaria* complex IV-V. Centraalbureau Voor Schimmelcultures Baarn. Studies in Mycology no. 26.
- Dong, L.Q. & K.Q. Zhang. 2006. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. Plant and Soil 288:31-45.
- Farrell, F.C., B.A. Jaffee & D.R. Strong. 2006. The nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora* in soil of the Bodega marine reserve: distribution and dependence on nematode-parasitized moth larvae. Soil Biology & Biochemistry 38:1422-1429.
- Flores, C.J., R.D. Herrera, P. Mendoza de Gíves, H.E. Liéban, P.V.M. Vázquez & A.M.E. López. 2003. The predatory capability of three nematophagous fungi in the control of *Haemonchus contortus* infective larvae in ovine faeces. Journal of Helminthology 77:1-8.
- García, F.J. & C.I. Salas. 2000a. Guía de laboratorio de Micología General. Facultad de Microbiología. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- García, F.J. & C.I. Salas. 2000b. Medios y reactivos utilizados en los laboratorios de Micología Médica. Facultad de Microbiología. Universidad de Costa Rica. Costa Rica.
- Haard, K. 1968. Taxonomic studies on the genus *Arthrobotrys* Corda. Mycologia 60: 1140-1159.
- Hanson, P. & L. Hilje. 1993. Control Biológico de insectos p. 2. Serie Técnica. Informe Técnico no. 208. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 40 p.
- Jaffee, B.A., H. Ferris & K.M. Scow. 1998. Nematode-trapping fungi in organic and conventional cropping systems. Phytopathology 88:344-350.
- Jaffee, B.A. & D.R. Strong. 2005. Strong bottom-up and weak top-down effects in soil: nematode-parasitized insects and nematode-trapping fungi. Soil Biology & Biochemistry 37: 1011-1021.
- Jeffries, P. & T.W.K. Young. 1994. Interfungal Parasitic Relationships. Cambridge, CAB International, UK. 296 p.
- Larsen, M., P. Nansen, C. Grondahl, S.M. Thamsborg, J. Grønvold & J. Wolstrup. 1997. Biological control of gastro-intestinal nematodes - facts, future, or fiction. Veterinary Parasitology 72:479-492.
- Larsen, M. 1999. Biological control of helminths. International Journal of Parasitology 29:139-146.
- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A.B. da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 403:853- 858.
- Peraza-Padilla, W., M. Orozco-Aceves, A. Esquivel-Hernández, G. Rivera-Coto, & F. Chaverri-Fonseca. 2011. Aislamiento e identificación de hongos nematófagos nativos de zonas arroceras de Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 22(2):233-243.
- Persmark, L., A. Banck & H.B. Jansson. 1996. Population dynamics of nematophagous fungi and nematodes in an arable soil: vertical and seasonal fluctuations. Soil Biology & Biochemistry 28(8):1005-1014.

- Rubner, A. 1996. Revision of predacious hyphomycetes in the *Dactylella-Monacrosporium* complex. Centraalbureau Voor Schimmelcultures Baarn and Delft. Stud Mycol no. 39. 134 p.
- Silva, A.R., J.V. Araújo, F.R. Braga, C.D.F. Alves & L.N. Frassy. 2010. *In vitro* ovicidal activity of the nematophagous fungi *Duddingtonia flagrans*, *Monacrosporium thaumasium* and *Pochonia chlamydosporia* on *Trichuris vulpis* eggs. *Veterinary Parasitology* 172(1):76-79.
- Singh, U.B., A. Sahu, N. Sahu, R.K. Singh, S. Renu & D.P. Singh. 2012. *Arthrobotrys oligospora*-mediated biological control of diseases of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) caused by *Meloidogyne incognita* and *Rhizoctonia solani*. *Journal of Applied Microbiology* 114:196-208.
- Solano, Q.J. & F.R. Villalobos. 2001. Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climático de Costa Rica. *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos* 8(1):26-39.
- Soto-Barrientos, N., J. de Oliveira, R. Vega-Obando, D. Montero-Caballero, B. Vargas & J. Hernández-Gamboa. 2011. *In-vitro* predatory activity of nematophagous fungi from Costa Rica with potential use for controlling sheep and goat parasitic nematodes. *Revista de Biología Tropical* 59(1):37-52.
- Stirling, R.G. 1991. Biological control of plant parasitic nematodes: progress, problems and prospects. CAB International, UK. 282 p.
- Swe, A., R. Jeewon, S.B. Pointing & K.D. Hyde. 2009. Diversity and abundance of nematode-trapping fungi from decaying litter in terrestrial, freshwater and mangrove habitats. *Biodiversity and Conservation* 18:1695-1714.
- Telesig. 2005. Instituto Internacional en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Watanabe, T. 1937. Pictorial Atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species 2<sup>nd</sup> edition. CRC Press, USA. 506 p.

**Cuadro 1.** Características ambientales de los lugares de procedencia de las muestras recolectadas para el aislamiento de hongos nematófagos depredadores. bmh-MB: bosque muy húmedo montano bajo, bmh-P: bosque muy húmedo pluvial, bmh-T: bosque muy húmedo tropical, bp-MB: bosque pluvial montano bajo, bp-M: bosque pluvial montano, bp-P: bosque pluvial premontano, bh-P: bosque húmedo premontano, bh-T: bosque húmedo tropical.

Cantón	Zona de vida según clasificación de Holdridge*	Altitud (msnm)	Precipitación promedio anual (mm)	Temperatura promedio anual (°C)
Poás	bmh-MB	812 -1440	3587	11,5
Turrialba	bmh-P, bmh-MB, bmh-T, bp-P, bh-T	390 - 1475	2266 - 4784	20,2
Barva	bmh-P, bmh-MB, bp-M, bh-P	1110 - 1530	2266 -2916	20,2
Santa Bárbara	bmh-P, bmh-MB, bmh-T, bp-M, bh-P	1045 - 1396	2422 -3696	20,3
Sarapiquí	bmh-P, bmh-T, bp-MB, bp-P	37 - 187	3069 -4540	24,75
Heredia centro	bmh-P, bmh-T, bp-P, bh-P	1003 - 1804	1879 -3325	20,2
Pococí	bmh-P, bmh-T, bp-M, bp-P	5 - 262	3559 - 6426	26

Cuadro 1, continúa.

Cantón	Zona de vida según clasificación de Holdridge*	Altitud (msnm)	Precipitación promedio anual (mm)	Temperatura promedio anual (°C)
Siquirres	bh-T	30 - 160	3047 -7605	25,35
Talamanca	bmh-P, bp-M, bp-P, bh-T	4 - 32	2570-2786	25,9
Matina	bmh-P, bmh-T, bp-M, bp-MB, bh-T	11-15	3194-3596	24,9
Guácimo	bmh-P, bmh-T, bp-M	10-114	3125-3338	24,4
Vázquez de Coronado	bmh-T, bmh-P, bmh-MB, bp-M, bp-P, bp-MB	1335-1510	2326-2891	16,7
Moravia	bmh-P, bmh-MB, bh-P	1231-1396	2509-4042	17,4

Fuente: Chinchilla (1987), Bolaños & Watson (1993), Solano & Villalobos (2001), Telesig (2005).

**Cuadro 2.** Hongos nematófagos depredadores aislados, tipo y origen de los sustratos a partir de los cuales fueron aislados.

Código	Identificación	Tipo de muestra	Lugar de origen de la muestra
BBP1	<i>C. musiformis</i>	Bocashi elaborado a partir de estiércol de bovino	Poasito, Alajuela
BBP2	<i>A. oligospora</i>	Bocashi elaborado a partir de estiércol de bovino	Poasito, Alajuela
BP a 1	<i>A. oligospora</i>	Suelo de plantación de palma aceitera, producción convencional	Batán, Limón
C4	<i>A. oligospora</i>	Estiércol de cabra	Coronado, San José
CO1	<i>C. musiformis</i>	Suelo de plantación de café orgánico	Santa Lucía, Heredia
DAP	<i>A. oligospora</i>	Suelo de potrero, ganado vacuno, finca lechera orgánica	Moravia, San José
DABS2	<i>C. musiformis</i>	Suelo de bosque secundario	Moravia, San José
DA-HAL1	<i>A. oligospora</i>	Suelo de hortalizas abonadas con lombricompost elaborado a partir de estiércol vacuno	Moravia, San José
DEPG	<i>C. musiformis</i>	Suelo de potrero rotativo de gallinas, producción orgánica	África, Limón
FDH1	<i>C. musiformis</i>	Suelo sistema agroforestal de producción de cacao	Talamanca, Limón
FDJ1	<i>Dactylella</i> sp.	Suelo de finca ecológica	Cahuita, Limón
G1	<i>A. oligospora</i>	Estiércol de bovino, finca ganadera	Guápiles, Limón
G3	<i>C. musiformis</i>	Estiércol de bovino, finca ganadera	Guápiles, Limón

Cuadro 2, continúa.

Código	Identificación	Tipo de muestra	Lugar de origen de la muestra
HFC2	<i>C. musiformis</i>	Suelo de hortaliza abonada con abonos orgánicos a base de estiércol, finca diversificada en transición	Coronado, San José
LS	<i>C. musiformis</i>	Suelo y hojarasca bosque primario	Sarapiquí, Heredia
MEG	<i>C. musiformis</i>	Estiércol de bovino, manejo ecológico	Pococí, Limón
MM	<i>A. oligospora</i>	Suelo de plantación de morera orgánica, manejo bajos insumos	Pococí, Limón
MO1	<i>A. oligospora</i>	Suelo de plantación de morera orgánica, abonada con lombricompost de cabra	Santa Lucía, Heredia
MO2	<i>C. musiformis</i>	Suelo de plantación de morera orgánica, abonada con lombricompost de cabra	Santa Lucía, Heredia
NS	<i>C. musiformis</i>	Suelo de plantación de noni convencional	Siquirres, Limón
PB2	<i>A. oligospora</i>	Suelo de plantación de plátano convencional	Batán, Limón
PFC	<i>C. musiformis</i>	Suelo de potrero, finca diversificada en transición	Coronado, San José
PFSL1	<i>C. musiformis</i>	Suelo de potrero proyecto lechero, ganado bovino	Santa Lucía, Heredia
SBSB1	<i>C. musiformis</i>	Suelo huerto casero de traspatio	Santa Bárbara, Heredia
UCR1a	<i>A. oligospora</i>	Estiércol ganado bovino lechero	Turrialba, Cartago
UCR1b	<i>C. musiformis</i>	Estiércol ganado bovino lechero	Turrialba, Cartago
UNA	<i>A. oligospora</i>	Suelo jardín de la UNA, sin manejo	Heredia centro

**Cuadro 3.** Características microscópicas promedio (en  $\mu\text{m}$ ) de 15 cepas de *Candelabrella musiformis* nativas de Costa Rica.

	Frec. de septación	Diámetro de hifa	Tamaño de conidióforo	Largo conidio	Ancho conidio	Tamaño de septo	No. ramificaciones	Tamaño ramificaciones
Promedio	42,2	3,4	240,0	31,1	8,0	6,8	5,0	5,4
Desv. Est.	4,8	0,7	23,6	2,6	0,9	0,7	1,3	2,2
Máx.	53,1	5,1	287,0	35,0	9,7	8,0	7,5	12,9
Mín.	35,3	2,4	203,5	26,5	6,4	5,4	2,6	3,7
Coef. Var. (%)	11,4	20,6	9,8	8,4	11,4	10,8	26,8	41,5

**Cuadro 4.** Características microscópicas promedio (en  $\mu\text{m}$ ) de 11 cepas de *Arthrobotrys oligospora* nativas de Costa Rica.

	<b>Frecuencia de septación</b>	<b>Diámetro de hifa</b>	<b>Tamaño de conidióforo</b>	<b>Largo conidio</b>	<b>Ancho conidio</b>	<b>Tamaño de septo</b>
Promedio	42,0	3,7	393,3	20,7	9,9	7,4
Desv. Est.	11,6	0,6	73,3	1,2	0,7	0,8
Máx.	50,9	4,4	482,5	22,6	10,9	8,4
Mín	37,0	2,7	255,6	18,0	8,2	5,5
Coef. Var. (%)	27,7	17,4	18,6	5,6	7,3	11,3