



## Caracterización de hongos micorrícicos arbusculares autóctonos asociados con el cultivo del coco en Baracoa

### Characterization of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi associated with coconut cultivation in Baracoa

 Blanca M. de la Noval-Pons<sup>1\*</sup>,  Karen Alvarado-Ruffo<sup>2</sup>,  Albaro Blanco-Imbert<sup>3</sup>,  
 Eduardo Furrázola<sup>4</sup>,  Ramón Capdesuñer-Rojas<sup>5</sup>,  Keyler Matos-Thompson<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. CP 32 700

<sup>2</sup>Centro de Desarrollo de la Montaña, Departamento Ejecutivo de la Filial Provincial ACTAF. Luz Caballero esquina 2 Sur, Guantánamo, Cuba

<sup>3</sup>Instituto de Suelos Guantánamo. Carretera 8 este. Ciudad Deportiva, Guantánamo, Cuba

<sup>4</sup>Instituto de Ecología y Sistemática, Carretera de Varona No. 11835 entre Oriente y Lindero, Calabazar, Boyero, La Habana, Cuba. CP 11900

<sup>5</sup>Coco. Empresa Agropecuaria y Coco Baracoa, La Playa, Baracoa, Guantánamo, Cuba

<sup>6</sup>Centro de Desarrollo de la Montaña. Departamento de Tecnología Integral para la Producción Agrícola. Limonar de Monte, El Salvador, Guantánamo, Cuba

**RESUMEN:** El 85 % de la producción nacional de coco se realiza en Baracoa, la cual es afectada por la baja disponibilidad de fertilizantes minerales, lo que limita la obtención de posturas de calidad y el desarrollo de las plantaciones. Esta área geográfica se encuentra en una Reserva de la Biosfera, Cuchillas del Toa, caracterizada por un alto endemismo, por lo que es una prioridad estimular el uso de tecnologías agrícolas que permitan su protección, al mismo tiempo que permitan incrementar la productividad del cultivo del cocotero. Con el objetivo de contar con cepas autóctonas, con potencial para su empleo en el manejo nutricional del cocotero, se realizó el aislamiento y la caracterización de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) en cuatro sitios. Se encontró una elevada abundancia de esporas de HMA en Cabacú y Cane, mientras que la menor fue en Playa Duana, con el mayor porcentaje de especies y morfotipos observados. Se observó una especificidad relativa de los Orden a los cuales pertenecen las especies y los morfotipos caracterizados, en relación con los sitios estudiados. Los resultados indican que, tanto la abundancia como las especies o morfotipos encontrados, dependen de factores propios de cada ecosistema, los que condicionan la comunidad autóctona de HMA que se establece. Se demuestra que, a pesar de desarrollarse el cultivo del coco en estos sitios, constituyen ecosistemas muy bien conservados debido, principalmente, a las pocas labores y aplicaciones de fertilizantes que se realizan al mismo, lo cual conserva su equilibrio ecológico.

**Palabras clave:** Cocos nucifera, mycorrhizae, biodiversidad.

**ABSTRACT:** The 85 % of the national coconut production takes place in Baracoa, which is affected by the low availability of mineral fertilizers, which limits the obtaining of quality seedlings and the development of plantations. This geographical area is located in a Biosphere Reserve, Cuchillas del Toa, characterized by a high endemism, so it is a potential priority agricultural technology that allow its protection while increasing the productivity of the coconut tree. In order to have autochthonous strains with potential for use in the nutritional management of the coconut tree, the isolation and characterization of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) was carried out in four sites. A high abundance of AMF spores was found in Cabacú and Cane, while the lowest was in Playa Duana, with the highest percentage of species and morphotypes observed. A relative specificity of the Orders to which the characterized species and morphotypes belong in relation to the studied sites was observed. The results indicate that both the abundance and the species or morphotypes found depend on factors specific to each ecosystem, which determine the autochthonous community of AMF that is established. It is shown that despite the development of coconut cultivation in these sites, they constitute very well conserved ecosystems, mainly due to the few tasks and applications of fertilizers that are carried out, which preserves their ecological balance.

**Key words:** Cocos nucifera, mycorrhizae, biodiversity.

\*Autor para correspondencia: [bdelanov@inca.edu.cu](mailto:bdelanov@inca.edu.cu)

Recibido: 11/05/2021

Aceptado: 28/01/2022



## INTRODUCCION

El cocotero (*Cocos nucifera* L.), es considerado uno de los cultivos con mayor importancia y utilidad entre las palmas tropicales. Provee el sustento de millones de personas en el mundo y se cultiva en más de 80 países en el trópico (1). En Cuba, esta especie se ha dispersado por todo el país, aunque las mayores áreas del cultivo se localizan, fundamentalmente, en Baracoa (Guantánamo), Niquero y Pilón (Granma), así como en varios municipios de Holguín, Pinar del Río y Sancti Spíritus. Este cultivo posee una gran importancia económica por el elevado valor nutricional de sus productos (2), además, los subproductos son muy empleados en la producción de cosméticos (3-7). Recientemente, se ha demostrado la importancia del consumo de aceite de coco para la salud humana (8-11), así como de otros subproductos en usos diversos (12-14).

El municipio Baracoa es el responsable de la producción nacional de coco, a la que se dedica el 25.10 % de la superficie agrícola del municipio; sin embargo, la falta de insumos y la poca sensibilización por los servicios científico técnicos, ha favorecido el envejecimiento de las plantaciones y la reducción de los rendimientos y la calidad de los frutos (15), por lo cual se hace un mayor énfasis en el empleo de los bioproductos y abonos orgánicos.

En las raíces del cocotero se desarrolla una microflora beneficiosa muy diversa, entre los que se encuentran los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) (16,17). Estos forman asociaciones mutualistas con la mayoría de las plantas terrestres (18,19), lo que proporciona nutrientes a la planta huésped (19, 20), además, induce importantes cambios fisiológicos y bioquímicos, que le permiten a la planta superar los estreses biótico y abiótico (21-24). A pesar de presentar la más amplia distribución geográfica de todos los microorganismos biofertilizantes, algunas especies no se adaptan a condiciones diferentes a las del suelo de donde fueron aisladas (25), lo cual indica la necesidad de poder contar con cepas autóctonas que permitan el manejo de la nutrición, principalmente, en cultivos como el coco, los cuales cuentan con muy poca disponibilidad de fuentes nutricionales. Los ecotipos autóctonos de HMA ya están adaptados a los suelos de donde fueron aislados, por lo que se espera que la identificación de cepas de HMA autóctonas altamente eficientes, mejore su explotación en programas agrícolas y proporcione soluciones para la obtención de producciones compatibles con el hombre y el medio ambiente (23).

Profundizar en la diversidad funcional de los ecotipos autóctonos de HMA por su impacto en la nutrición de los cultivos, así como la tolerancia a los diferentes estreses permite un mayor uso de estos microorganismos benéficos del suelo en programas de agricultura sostenible en un escenario influenciado por el cambio climático (24,26).

El objetivo del presente estudio fue realizar el aislamiento y la caracterización de cepas autóctonas de HMA asociadas al cultivo del cocotero.

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se desarrolló en el período comprendido entre enero de 2009 a septiembre de 2016. Los muestreos

se realizaron en los ecosistemas pertenecientes a Playa Duaba (Vivero Playa Duaba), Cabacú (Vivero Cabacú), Cane (UBPC "Mártires de Angola") y Quibiján (La Perrera, CCSF "Manuel Tames") (Figura 1, Tabla 1), vinculados a plantaciones de coco. Todos los sitios de estudio pertenecen al municipio Baracoa, provincia Guantánamo, Cuba y se encuentran dentro de la Reserva de la Biosfera "Cuchillas del Toa", a los cuales se les realizó la caracterización química (27) (Tabla 2).

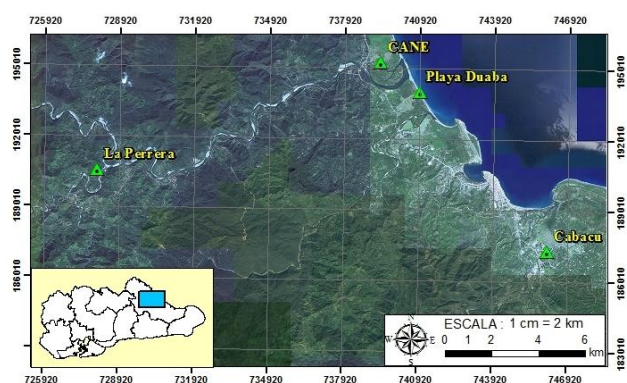
Los sitios se seleccionaron teniendo en cuenta su alta incidencia en la producción de coco. En Playa Duaba y Cabacú se encuentran los viveros donde se produce la mayor cantidad de las posturas con las cuales se realiza la repoblación de las áreas de producción. Por su parte, la UBPC "Mártires de Angola", ubicada en la localidad de Cane y la CCSF "Manuel Tames" de la Perrera (Toa), son las empresas de mayor producción de este cultivo.

### Toma de muestras

Se muestreó el suelo rizosférico (profundidad de 0-20 cm) en el área ocupada por las raíces de 10 plantas de coco de cada sitio, en la cual se encuentra la mayor concentración de propágulos de HMA. El suelo fue secado al aire para su posterior procesamiento.

### Caracterización de los HMA

La cuantificación de las esporas y la caracterización de morfotipos se realizaron en el Instituto de Ecología y Sistemática. Se emplearon muestras de 100 g de suelo y el método de extracción descrito por Gerdeman y Nicholson (1963) y modificado posteriormente (28), el cual se basa en el tamizado y decantado en húmedo de los propágulos del hongo. El mismo emplea la desagregación del suelo con el uso de peróxido de hidrógeno y licuadora doméstica, para la recuperación del mayor número de propágulos micorrícicos. Las esporas se colectaron sobre dos mallas, una de 140 y otra de 40  $\mu$ m de apertura, posteriormente, se centrifugaron con sacarosa y Tween 80, para ser observadas en un estereomicroscopio óptico (20-40x), modelo Stemi 2000-C (28).



(Google Earth, 2021) Cabacú: vivero Cabacú; Playa Duaba: Vivero Playa Duaba; Cane: UBPC "Mártires de Angola"; Quibiján (La Perrera): CCSF "Manuel Tames"

**Figura 1.** Ubicación de los sitios de estudio

Para la identificación de los morfotipos de HMA autóctonos se seleccionaron esporas intactas y con contenido lipídico abundante, en cada caso, fueron colectadas y montadas en PVLG y PVLG/Reactivo de Melzer (1:1, v/v) para su identificación morfológica. Esta se basó en su color, tamaño, ornamentaciones de la superficie y estructura de la pared siguiendo diversos criterios taxonómicos (29,30,31) y de la Colección Internacional de Hongos Micorrizógenos Vesículo-Arbusculares (INVAM) (32). Las esporas se fotografiaron bajo el microscopio compuesto Carl Zeiss, modelo Axioskop 2 con cámara acoplada Axiocam y procesadas mediante el programa AxioVision 3.1 a 1300 x 1030 dpi plus. Se calculó la abundancia relativa de los géneros encontrados según la fórmula (33):

$$\text{Abundancia relativa} = (\text{número de especies o aislados observados por cada género} \div \text{total de aislados}) \times 100\%$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la caracterización de las poblaciones de HMA autóctonos asociados con el cultivo del coco en Baracoa, primeramente, se determinó la abundancia de las esporas de estos hongos. Se realizó la diferenciación por tamaño, para ello se evaluó el contenido en dos fracciones, mayores

de 140  $\mu\text{m}$  y entre 140 y 40  $\mu\text{m}$  (Tabla 3). En todos los sitios se encontró mayor abundancia en la fracción de 140 y 40  $\mu\text{m}$ , lo cual indica la prevalencia de morfotipos caracterizados por producir esporas de menor talla, pero de un alto grado de abundancia de estas estructuras, en las cuales se ubican del 97 al 99 por ciento del total encontrada en cada sitio. Los mayores contenidos en ambas fracciones y, por consiguiente, en los totales, se observaron en Cabacú, sitio donde se ubica uno de los viveros con mayores niveles de aporte de posturas para la repoblación de las áreas de producción. El sitio con menor abundancia en ambas fracciones fue Playa Duaba. En Cane se observó una elevada prevalencia de esporas con tallas pertenecientes a la fracción de 140 y 40  $\mu\text{m}$ , 99,1 % en relación con el total obtenido en este sitio.

De forma general, se observó que la abundancia de esporas de HMA en los sitios estudiados fue elevada, de forma similar a como ha sido reportada en ambientes naturales no disturbados. Se plantea que la biodiversidad de los HMA en ambientes naturales es típicamente más alta que la encontrada en los sistemas agrícolas, debido a la mayor diversidad de plantas y la mayor complejidad de los hábitat, los que pueden soportar una amplia variedad de microorganismos (34).

Haciendo un estudio en ecosistemas naturales de diferentes áreas de Cuba, se ha encontrado una alta

**Tabla 1.** Ubicación cartográfica de los sitios experimentales, altura sobre el nivel del mar y relieve

Localidad	Vivero/ forma productiva	Coordenadas cartográficas	Altura (m s.n.m.)	Relieve
Playa Duaba	Playa Duaba	X=740808 Y=193882 (hoja cartográfica 5276-I-b, escala 1:25 000, municipio Baracoa)	6	Llano
Cabacú	Cabacú	X=745830 Y=187732 (hoja cartográfica 5376-IV-a, escala 1:25 000, municipio Baracoa)	6	Llano
Cane	UBPC "Mártires de Angola"	X=739450 Y=195450 (hoja cartográfica 77-II-b, escala 1:25 000, municipio Baracoa)	6	Llano
Quibijan (La Perrera)	CCSF "Manuel Tames"	X=728312 Y=189596 (hoja cartográfica 5277-II-c, escala 1:25 000, municipio Baracoa)	236	Premontaña

**Tabla 2.** Características del horizonte cultivable (0-0,20 m) de los suelos pertenecientes a los sitios de estudio

Localidad	Tipo de suelo	pH (H <sub>2</sub> O)	MO (g kg <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Cationes intercambiables (CIB) (cmolc kg <sup>-1</sup> )					
					Ca	Mg	K	Na	CIB	Ca/Mg
Playa Duaba	Arenosol Típico	7,5	23,7	265,00	7,5	3,58	0,09	0,08	11,17	2,14
Cabacú	Gleysol flúvico	7,6	1,68	57,2	16	11,5	0,03	0,21	27,74	1,39
Cane	Fluvisol, típico eútrico	6,75	19,2	57,2	8,07	17,75	0,08	0,07	25,97	0,45
Quibijan (La Perrera)	Ferralítico Rojo Lixiviado, húmico	6,6	55,8	123,6	6,8	1,6	0,12	0,05	8,57	4,25

Métodos de análisis: pH (H<sub>2</sub>O) potenciómetro con relación suelo: 1:2,5. Materia orgánica (MO) Walkley Black

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por extracción con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1 mol L<sup>-1</sup> con relación suelo: 1:25. Cationes intercambiables (CIB) (cmolc kg<sup>-1</sup>) extracción con NH<sub>4</sub>Ac 1 mol L<sup>-1</sup> a pH 7, determinación por complejometría (Ca y Mg) y fotometría de llama (K y Na) (27)

**Tabla 3.** Abundancia de esporas de HMA en 100 g de suelo en los sitios estudiados

Localidad	Fracción de 140 $\mu\text{m}$	Fracción de 40 $\mu\text{m}$	Total de esporas
Playa Duaba	40	2300	2340
Cabacú	140	5500	5640
Cane	43,33	4583,33	4626,67
Quibijan	76,67	3386,67	3463,33

densidad de esporas y riqueza de especies (35,36,37), con un predominio de especies y morfotipos de Glomeraceae (38).

En la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba, al comparar la densidad de esporas de HMA en ecosistema natural y agrícola, se encontró niveles elevados de esporas en bosques pantanosos (7124 en 100 g de suelo), mientras que, en los bosque semidecíduo costero y bosque semidecíduo, periódicamente inundado, solo llegaron a 2932 y 1848, respectivamente; sin embargo, en suelos cultivados por boniato solo alcanzó 480 esporas (39). En la Reserva Florística San Ubaldo- Sabanalamar de la provincia Pinar del Río (40), se han reportado entre 2000 y niveles superiores a 5000 esporas por 100 g de suelo en sabana seminatural y recubierta, tanto en periodo seco como lluvioso, donde se demostró que los niveles de propágulos en el suelo son favorecidos por el período lluvioso. El régimen de lluvias pudo haber tenido influencia en los niveles obtenidos en el presente experimento, teniendo en cuenta que se desarrolló en zonas de altas precipitaciones, bien distribuidas durante todo el año.

Para la caracterización de los HMA autóctonos se seleccionaron esporas intactas y con contenido lipídico abundantes, de las cuales se pudieron identificar 18 especies y morfotipos, 8 hasta género y 10 hasta especie, todas pertenecientes a la clase Glomeromycetes (Tabla 4, Figura 2). En Playa Duaba se observó la mayor representatividad de los aislamientos caracterizados y la menor en Quibijan. De forma interesante, se encontró que Playa Duaba fue el sitio con menor contenido de esporas; sin embargo, estas fueron muy diversas, con el 44,44 % del total de las especies o morfotipos identificadas (Figura 3), mientras que en Cabacú y Cane, donde se reportaron los mayores contenidos de esporas, solo se observaron el 33,33 y 22,22 %, respectivamente. Quibijan, con contenidos de esporas intermedios, posee el menor

porcentaje de especies o morfotipos identificadas, solo el 11,11 %.

Al analizar la abundancia relativa de los géneros de HMA observados en los sitios estudiados (Figura 4), se observó que el predominio de los aislados correspondió al género *Glomus*, con un 30,77 %, seguidos por *Acaulospora* (19,23 %), *Ambispora* (15,38 %) y *Claroideoglomus* (11,54 %), el resto de los géneros estuvieron por debajo del 10 % (*Rhizophagus*, *Scutellospora*, *Pacispora*, *Funnelformis* y *Diversispora*).

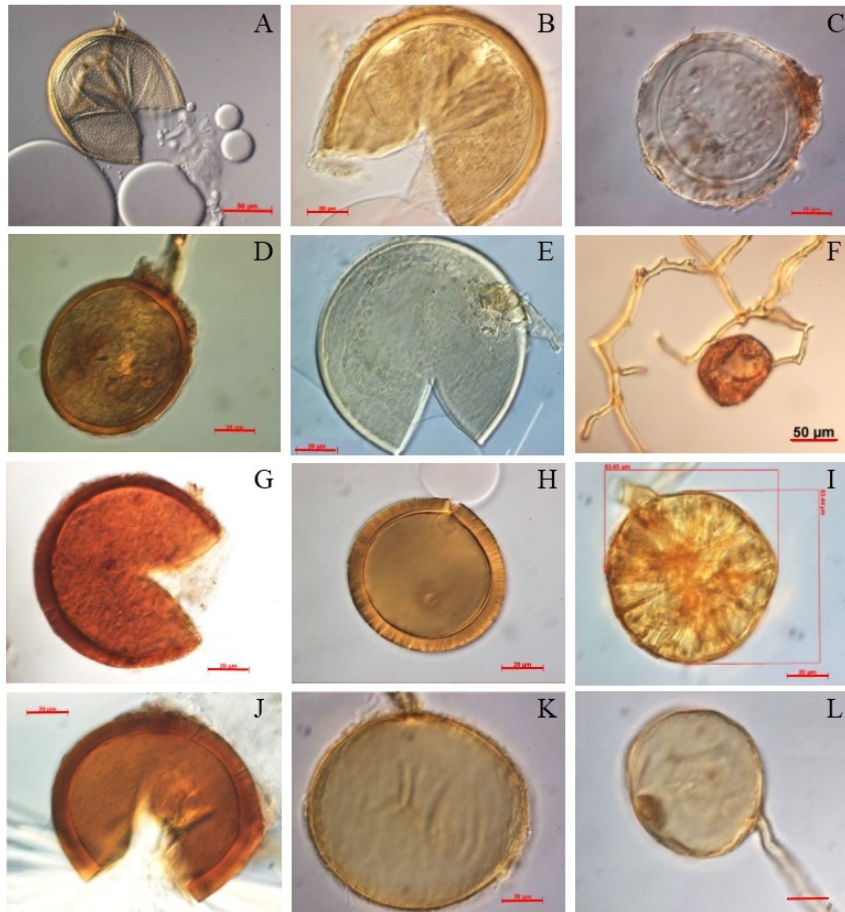
Se observó una especificidad relativa con relación al Orden a los cuales pertenecen las especies, los morfotipos caracterizados y los sitios, de forma que en Playa Duaba predominó Glomerales (62,5 %), en Cane fue Diversisporales (50 %), mientras que en Cabacú hubo una distribución equitativa de Glomerales y Diversisporales (50 % cada uno) y en Quibijan hubo predominio de Archaeosporales.

De forma interesante, a pesar de que se observó un alto predominio del género *Glomus*, este solo se encontró en el sitio Playa Duaba, con cuatro morfotipos y la especie *G. microaggregatum* en Cabacú, lo cual muestra su alta adaptabilidad a las condiciones físico-químicas de los suelos de estos sitios, que facilitan el establecimiento y la reproducción de este género. En estudios realizados en plantaciones de coco de diferentes ecosistemas de Yucatán, en periodo seco y húmedo, se encontró un elevado número de géneros, siendo el más abundante *Glomus*, seguido por *Sclerocystis*, *Rhizophagus*, *Redeckera* y *Diversispora* (41). Otros autores en diferentes ecosistemas naturales tropicales, han encontrado un alto predomio de *Glomus* (38,39), relacionado con diferentes especies de plantas (42,43).

Los altos niveles de propágulos micorrícicos pudieran estar relacionados con la ubicación dentro de la zona de amortiguamiento del parque Nacional "Alejandro de

**Tabla 4.** Presencia de especies y morfotipos de HMA observados en los sitios estudiados

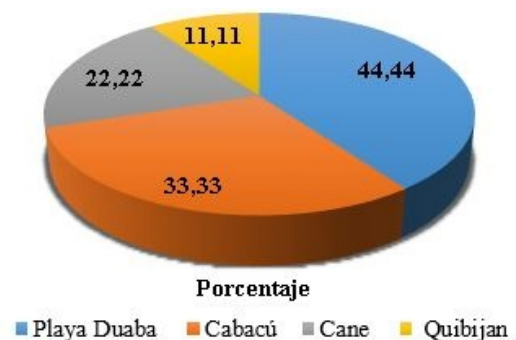
Especies y morfotipos HMA		Playa Duaba	Cabacú	Cane	Quibijan
1	<i>Acaulospora morrowiae</i>	x			
2	<i>Acaulospora kentinensis</i>		x	x	
3	<i>Acaulospora scrobiculata</i>		x		
4	<i>Ambispora</i> sp. 1	x			
5	<i>Ambispora</i> sp. 2			x	
6	<i>Claroideoglomus claroideum</i>	x			
7	<i>Claroideoglomu etunicatum</i>			x	x
8	<i>Diversispora spurca</i>		x		
9	<i>Funnelformis. geosporum</i>	x			
10	<i>Glomus</i> sp. 1	x			
11	<i>Glomus</i> sp. 2	x			
12	<i>Glomus</i> sp. 3	x			
13	<i>Glomus</i> sp. 4		x		
14	<i>Glomus microaggregatum</i>		x		
15	<i>Pacispora</i> sp.	x			
16	<i>Rhizophagus aggregatum</i>		x		
17	<i>Rhizophagus intraradices</i>				x
18	<i>Scutellospora</i> sp. 1			x	



**Figura 2.** Algunas especies y morfotipos de HMA identificadas en los sitios estudiados, asociadas al cultivo del coco. (A) *Acaulospora kentinensis*. Barra = 50µm. (B) *Acaulospora morrowae*. Barra = 20µm. (C) *Ambispora* sp1. Barra = 20µm. (D) *Claroideoglosum claroideum*. Barra = 20µm. (E) *Claroideoglosum etunicatum*. Barra = 20µm. (F) *Glomus microaggregatum*. Barra = 50µm. (G) *Glomus* sp1. Barra = 20µm. (H) *Glomus* sp2. Barra = 20µm. (I) *Glomus* sp4. Barra = 20µm. (J) *Funneliformis geosporum*. Barra = 20µm. (K) *Rhizophagus aggregatus*. Barra = 20µm. (L) *Rhizophagus intraradices*. Barra = 20µm

Humboldt”, que constituye el más grande remanente de los ecosistemas montañosos más conservados de Cuba y el área de mayor endemismo de las Antillas (44), favorecido, además, por el régimen de lluvias elevado, bien distribuidas durante todo el año, lo cual ha sido demostrado por otros autores, como un factor favorable para obtener altos niveles de propágulos en el suelo (40). Por otro lado, son áreas no perturbadas, que no han recibido aplicación de fertilizantes, plaguicidas, ni algún otro producto químico por un período de casi 20 años, que pudieran provocar alteraciones en la microbiota del suelo. En suelos de una sábana natural, no perturbada, se encontró una elevada diversidad de especies de HMA, entre los que se encontró géneros como *Gigaspora* y *Scutellospora*, los cuales se ha observado, son susceptibles a medioambientes disturbados (45).

Estudios realizados de poblaciones de HMA asociados a este cultivo, refieren haber encontrado una alta densidad y diversidad de especies de hongos micorrícicos (*Glomus*, *Gigaspora*, *Sclerocystis* y *Acaulospora*) formando parte de asociaciones micorrícicas con el cocotero y que la mayor tasa de colonización se observó en la rizosfera de



**Figura 3.** Porcentaje de especies y morfotipos de HMA observados en los sitios estudiados

variedades altas y en sistema de cultivo intercalado, con un rango de 40,4 a 154,5 esporas en 10 g<sup>-1</sup> de suelo (16).

Poder contar con cepas de HMA autóctonas caracterizadas resulta una herramienta muy útil para el empleo de estos hongos en el manejo nutricional agroecológico del coco, al cual se le realizan pocas o ninguna aplicación de fertilizantes y plaguicidas.

Se ha planteado que el empleo de consorcios nativos de HMA, compuestos por varios taxones ya adaptados a condiciones extremas y con diferentes comportamientos simbióticos, puede, de hecho, ser más eficiente en la preservación de los ecosistemas, al mitigar la vulnerabilidad de los cultivos hortícolas a la escasez de agua y la salinidad del suelo, permitiendo así la viabilidad de cultivos en ambientes extremos (24). Se ha encontrado que la abundancia y el número de taxones de HMA autóctonas son sensibles al manejo del suelo en una agricultura intensiva (46,47).

Los resultados indican que, tanto la abundancia, como las especies o morfotipos encontrados, dependen de factores propios de cada ecosistema, los que condicionan la comunidad autóctona de HMA que se establece. Se demuestra que, a pesar de desarrollarse el cultivo del coco en estos sitios, constituyen ecosistemas muy bien conservados, debido, principalmente, a las pocas labores y aplicaciones de fertilizantes que se realizan al mismo, lo cual preserva su equilibrio ecológico.

En trabajos futuros se necesita evaluar la actividad promotora del crecimiento y de protección contra patógenos de las cepas aisladas, de forma que se pueda seleccionar una o varias para la preparación de un bioproducto, para un manejo agroecológico del cultivo.

## CONCLUSIONES

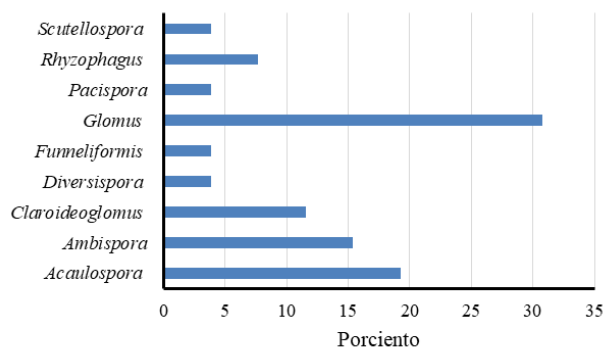
- Por primera vez, se reportan morfotipos de HMA autóctonos, en ecosistemas asociados al cultivo del coco, en Cuba.
- Se observa una elevada abundancia de esporas de HMA en Cabacú y Cane, siendo menor en Playa Duana, con el mayor porcentaje de especies y morfotipos observados.
- Existe una especificidad relativa de los Orden a los cuales pertenecen las especies y los morfotipos caracterizados con relación a los sitios estudiados, Playa Duana (Glomerales), Cane (Diversisporales), Cabacú (Glomerales y Diversisporales) y Quibijan (Archaeosporales).

## IN MEMORIAM

A Eduardo Furrázola Gómez, Investigador Auxiliar del Instituto de Ecología y Sistemática. Reconocido taxónomo y ecólogo cubano, vinculado a la caracterización e identificación de especies de hongos micorrizógenos arbusculares, en ecosistemas naturales y agroecosistemas diversos, tanto en Cuba como en otros países de la región, cuyo trabajo ha sido reconocido y premiado en varias ocasiones. Reciba nuestro agradecimiento por haber sido sus alumnos, colaboradores y amigos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Sudharmaidevi CR, Vinith V, Kavitha GV. Effect of potassium-sodium interaction on foliar nutrient concentration and nut quality of coconut (*Cocos nucifera*).



**Figura 4.** Abundancia relativa de los géneros de HMA observados en los sitios estudiados

Malaysian Journal of Soil Science. 2015;19:107-114. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/316963847>

2. Sáenz L, Chan JL, Narvaez M, Oropeza C. Protocol for the micropropagation of coconut from plumule explants. In: Loyola-Vargas VM, Ochoa-Alejo N (eds) Plant Cell Culture Protocols. Methods in Molecular Biology, vol 1815. Humana Press, New York, NY; 2018. pp 161-170. doi: 10.1007/978-1-4939-8594-4\_9.
3. Kaushik V, Chogale R, Mhaskar S. Single hair fiber assessment techniques to discriminate between mineral oil and coconut oil effect on hair physical properties. Journal of Cosmet Dermatol. 2021;20(4):1306-1317. doi: 10.1111/jocd.13724.
4. Singh S, Lohani A, Mishra AK, Verma A. Formulation and evaluation of carrot seed oil-based cosmetic emulsions. J Cosmet Laser Ther. 2019;21(2):99-107. doi: 10.1080/14764172.2018.1469769.
5. Fang C, Paul CR, Day CH, Chang R, Kuo C, Ho T, Hsieh, DJ, Viswanadha VP, Kuo W, Huang C. Poria cocos (Fuling) targets TGFβ /Smad7 associated collagen accumulation and enhances Nrf2-antioxidant mechanism to exert anti-skin aging effects in human dermal fibroblasts. Environ Toxicol. 2020;36(5):729-736. doi: 10.1002/tox.23075.
6. Li Y, Zheng Y, Zhang Y, Xu J, Gao G. Antioxidant activity of coconut (*Cocos nucifera* L.) protein fractions. Molecules 2018;23:707-718. doi: 10.3390/molecules23030707.
7. Petter PJ. Fatty acid sulphoalkyl amides and esters as cosmetic surfactants. Int J Cosmet Sci. 1984;6(5):249-60. doi: 10.1111/j.1467-2494.1984.tb00382.x.
8. Deen A, Visvanathan R, Wickramarachchi D, Marikkar N, Nammi S, Jayawardanae BC, Liyanagea R. Chemical composition and health benefits of coconut oil: an overview. J Sci Food Agric. 2021;101(6):2182-2193. doi 10.1002/jsfa.10870.
9. Neelakantan N, Seah JYH, van Dam RM. The Effect of Coconut Oil Consumption on Cardiovascular Risk Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis of Clinical Trials. Circulation. 2020;141(10):803-814. doi: 10.1161/circulationaha.119.043052.

10. Teng M, Zhao YJ, Khoo AL, Yeo TC, Yong QW, Lim BP. Impact of coconut oil consumption on cardiovascular health: a systematic review and meta-analysis. *Nutr Rev*. 2020;78(3):249-259. doi: [10.1093/nutrit/nuz074](https://doi.org/10.1093/nutrit/nuz074).
11. Wallace TC. Health Effects of Coconut Oil-A Narrative Review of Current Evidence. *J Am Coll Nutr*. 2019;38(2):97-107. doi: [10.1080/07315724.2018.1497562](https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1497562)
12. Bolivar-Telleria M, Turbay C, Favarato L, Carneiro T, de Biasi RS, Fernandes AAR, Santos AMC, Fernandes PMB. Second-Generation Bioethanol from Coconut Husk. *BioMed Res Int*. 2018;2018:4916497. doi: [10.1155/2018/4916497](https://doi.org/10.1155/2018/4916497).
13. Burns DT, Johnston EL, Walker MJ. Authenticity and the potability of coconut water - a critical review. *J AOAC Int*. 2020;103(3):800-806. doi: [10.1093/jaoacint/qs008](https://doi.org/10.1093/jaoacint/qs008).
14. Patil U, Benjaku, S. Coconut Milk and Coconut Oil: Their Manufacture Associated with Protein Functionality. *J Food Sci*. 2018;83(8):2019-2027. doi: [10.1111/1750-3841.14223](https://doi.org/10.1111/1750-3841.14223).
15. Alvarado K, Blanco A, Martín J, Velásquez Y, Matos K. Situación socio-tecnológica-productiva del cultivo del cocotero en Baracoa, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 2013;36 (2):252-261. Available from: <https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto>.
16. Ambili K, Thomas GV, Indu P, Gopal M, Gupta A. Distribution of arbuscular mycorrhizae associated with coconut and arecanut based cropping systems. *Agricultural Research*. 2012;1(4):338-345. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/249649900>.
17. Rajeshkumar PP, Thomas GV, Gupta A, Gopal M. Diversity, richness and degree of colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in coconut cultivated along with intercrops in high productive zone of Kerala, India. *Symbiosis*. 2015;65:125-141. doi [10.1007/s13199-015-0326-2](https://doi.org/10.1007/s13199-015-0326-2).
18. Choi J, Summers W, Paszkowski U. Mechanisms underlying establishment of arbuscular mycorrhizal symbioses. *Annu. Rev. Phytopathol*. 2018;56:135-160. doi: [10.1146/annurev-phyto-080516-035521](https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080516-035521).
19. Müller L M, Harrison MJ. Phytohormones, miRNAs, and peptide signals integrate plant phosphorus status with arbuscular. mycorrhizal symbiosis. *Curr Opin Plant Biol*. 2019;50:132-139. doi: [10.1016/j.pbi.2019.05.004](https://doi.org/10.1016/j.pbi.2019.05.004).
20. Luginbueh LH, Menard GN, Kurup S, Erp HV, Radhakrishnan GV, Breakspear A, Oldroyd GED, Eastmond PJ. The host plant synthesizes fatty acids in arbuscular mycorrhizal fungi. *Science*. 2017;356(6343):1175-1178. doi [10.1126/science.aan0081](https://doi.org/10.1126/science.aan0081).
21. Abbaslou H, Bakhtiari S. Phytoremediation potential of heavy metals by two native pasture plants (*Eucalyptus grandis* and *Ailanthus altissima*) assisted with AMF and fibrous minerals in contaminated mining regions. *Pollution*. 2017;3(3):471-486. doi: [10.7508/pj.2017.03.0](https://doi.org/10.7508/pj.2017.03.0).
22. de la Noval B, Pérez E, Martínez B, León O, Martínez-Gallardo N, Délano-Frier J. Exogenous systemin has a contrasting effect on disease resistance in mycorrhizal tomato (*Solanum lycopersicum*) plants infected with necrotrophic or hemibiotrophic pathogens. *Mycorrhiza*. 2007;17(5):449-60. doi: [10.1007/s00572-007-0122-9](https://doi.org/10.1007/s00572-007-0122-9).
23. Evelin, H.; Devi, T.S.; Gupta, S.; Kapoor, R. Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular mycorrhizal symbiosis: Current understanding and new challenges. *Front. Plant Sci*. 2019;10: 470. doi: [10.3389/fpls.2019.00470](https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00470).
24. Lumini E, Pan J, Franco F, Cuihua Huang C, Bianciotto V, Xue X, Balestrini R, Tedeschi A. Native arbuscular mycorrhizal fungi characterization from saline lands in arid oases, northwest china. *J. Fungi*. 2020;6(2): 80-89. doi: [10.3390/jof6020080](https://doi.org/10.3390/jof6020080).
25. Entry IA, Rygielwicz PT, Watrud LS, Donnelly PK. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. *Advances in Environmental Research*. 2002;7:123-138. doi: [10.1016/S1093-0191\(01\)00109-5](https://doi.org/10.1016/S1093-0191(01)00109-5).
26. Cotton TEA. Arbuscular mycorrhizal fungal communities and global change: an uncertain future. *FEMS Microbiol Ecol*. 2018;94(11). doi: [10.1093/femsec/fiy179](https://doi.org/10.1093/femsec/fiy179).
27. Paneque PVM, Calaña NJM, Calderón VM, Borges BY, Hernández GTC, Caruncho CM. Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos [Internet]. 1st ed. La Habana, Cuba: Ediciones INCA; 2010 [cited 27/01/2016]. 157 p. Available from: <http://mst.ama.cu/578/>
28. Herrera Peraza RA, Furrázola E, Ferrer RL, Fernández Valle R, Torres Arias Y. Functional strategies of root hairs and arbuscular mycorrhizae in an evergreen tropical forest, Sierra del Rosario, Cuba. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*. 2004;35(2):113-123. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181226079010>.
29. Schenck NC, Pérez Y. Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi. 3rd Ed. Gainesville, FL: Synergistic Publ, 1990. Available from: <https://www.worldcat.org/title/manual-for-the-identification-of-va-mycorrhizal-fungi/oclc/24677253>.
30. Schüßler A, Walker C. Evolution of the 'Plant -Symbiotic' Fungal Phylum, Glomeromycota. Evolution of fungi and fungal-like organisms. Chapter 7. *The Mycota XIV*. Pöggeler, S. y Wöstemeyer, J. (Eds.) © Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, pp. 163-185. Available from: <https://www.amf-phylogeny.com>.
31. Blaszkowski J. Arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota), Endogone and Complexipes species deposited in the Department of Plant Pathology, University of Agriculture in Szczecin, Poland [cited 20/09/2018]. Available from: <https://www.agro.ar.szczecin.pl/~jblaszkowski>.

32. Colección Internacional de Cultivos de Hongos Micorrizógenos Vesículo-Arbusculares (INVAM) [cited: 20/09/2018]. Available from: <http://invam.caf.wvu>.
33. Wang Q, Bao Y, Nan J, Xu D. AM fungal diversity and its impact across three types of mid-temperate steppe in Inner Mongolia, China. *Mycorrhiza*. 2020;30(1):97-108. doi: [10.1007/s00572-019-00926-x](https://doi.org/10.1007/s00572-019-00926-x).
34. Pagano MC, Gupta VK. Overview of the Recent Advances in Mycorrhizal Fungi. In: *Recent Advances on Mycorrhizal Fungi*. Marcela C. Pagano (ed). Springer. 2016. doi [10.1007/978-3-319-24355-9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-24355-9).
35. Furrázola E, Heredia G, Olivera G, Sosa V. Efecto de comunidades nativas de hongos micorrizógenos arbusculares sobre el crecimiento de plántulas de maíz y sorgo. *Acta Botánica Cubana*. 2017;216(3):127-136. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/322234749>.
36. Herrera RA, Bever J, Furrázola E, Ferrer RL, Herrera P. Estrategias funcionales de la diversidad fúngica micorrizica arbuscular: importancia del análisis del número de esporas de hongos glomeromicetos o de los biovolúmenes. *Acta Botánica Cubana*. 2019;218(2):143-159. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/339076979>.
37. Torres Y, Ortega R, Nobre C, Furrázola E, Berbara RLL. Production of native arbuscular mycorrhizal fungi inoculum under different environmental conditions. *Braz. J. Microbiol.* 2017;48(1). doi: [org/10.1016/j.bjm.2016.10.012](https://doi.org/10.1016/j.bjm.2016.10.012).
38. Torres Y, Hernández, R, Furrázola E, Gutiérrez Y. Hongos micorrizógenos arbusculares (Glomeromycota) en el bosque de ciénaga El Embarcadero, en la provincia Mayabeque, Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 2019;218(1):27-33. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/333457170>.
39. Furrázola-Gómez E, Rodríguez- Rodríguez R, Torres-Arias Y, González- González S, Ortega-Fors R, Ley-Rivas JF. Hongos micorrizógenos arbusculares (Glomeromycotina) en ecosistemas naturales y agrícolas en la Reserva de la Biosfera Ciénaga de Zapata, Cuba. *Acta Botánica Cubana*. 2018;217(1):85-93. Available from: <http://www.revistas.geotech.cu/index.php/abc>
40. Furrázola E, Covacevich F, Torres AY, Rodríguez RRM, Ley RJF, Izquierdo K, Fernández VR, Louro BRL. Functionality of arbuscular mycorrhizal fungi in three plant communities in the Managed Floristic Reserve San Ubaldo-Sabanalamar, Cuba. *International Journal Tropical Biology*. 2015;63(2):341-356. Available from: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442015000200003](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442015000200003).
41. Lara-Pérez LA, Oros-Ortega I, Córdova-Lara I, Estrada-Medina H, O'Connor-Sánchez A, Góngora-Castillo E, Sáenz-Carbonell L. Seasonal shifts of arbuscular mycorrhizal fungi in *Cocos nucifera* roots in Yucatán, México. *Mycorrhiza*. 2020;30(2-3):269-283. doi.org/[10.1007/s00572-020-00944-0](https://doi.org/10.1007/s00572-020-00944-0).
42. Peña-Venegas CP, Kuyper TW, Davison J, Jairus T, Vasar M, Stomph TJ, Struik PC, Öpik, M. Distinct arbuscular mycorrhizal fungal communities associate with different manioc landraces and Amazonian soils. *Mycorrhiza*. 2019;29(3):263-275. doi: [10.1007/s00572-019-00891-5](https://doi.org/10.1007/s00572-019-00891-5).
43. Seerangan K, Thangavelu M. Arbuscular Mycorrhizal and Dark Septate Endophyte Fungal Associations in South Indian Aquatic and Wetland Macrophytes. *J Bot.* 2014;2014:1-14. doi: [10.1155/2014/173125](https://doi.org/10.1155/2014/173125).
44. Espinosa J, Ortea J, Moro L. Nueva especie de marginela del género *Prunum* Herrmannsen, 1852 (*mollusca: neogastropoda: Marginellidae*), del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, sector Baracoa, Cuba. *Academia Canaria de Ciencia*. 2009;20 (4):19-22. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/294581730>.
45. Lovera M, Cuenca G. Diversidad de hongos micorrizicos arbusculares (HMA) y potencial micorrizico del suelo de una sabana natural y una sabana perturbada de la Gran Sabana, Venezuela. *Interciencia*. 2007;32(2):108-114. Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932206>.
46. Pellegrino E, Gamper HA, Ciccolini V, Ercoli L. Forage Rotations Conserve Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Soil Fertility. *Front Microbiol.* 2020;10:2969. doi: [10.3389/fmicb.2019.02969](https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02969).
47. Teranishi T, Kobae Y. Investigation of Indigenous Arbuscular Mycorrhizal Performance Using a Lotus japonicus Mycorrhizal Mutant. *Plants*. 2020;9(5):658. doi: [10.3390/plants9050658](https://doi.org/10.3390/plants9050658).