

Contando lo minúsculo: riqueza de hongos micorrizógenos arbusculares en Yucatán

José A. Ramos-Zapata¹, Elizabeth Herrera-Parra²

Introducción

La labor de algunos biólogos es muy parecida a la de los coleccionistas, ya que hacen inventarios de los organismos con los que trabajan y celebran cada nuevo descubrimiento, aumentando así la lista de especies, registradas o descritas, en algún lugar geográfico determinado. Encontrar, aislar e identificar (asignarle un nombre científico) a los organismos son pasos requeridos por la taxonomía, así como también discernir si el nombre asignado es el correcto o si es necesario rectificarlo.

Los organismos grandes, fáciles de observar, llamativos y menos difíciles de identificar, han sido más estudiados que aquellos que son minúsculos, poco llamativos o que requieren técnicas especiales para aislarlos e identificarlos. Por lo que aún existe una larga lista de organismos cuya identidad no ha sido totalmente revelada, ya sea porque no pueden ser aislados de una manera adecuada o porque no existe información de colectas previas con las cuales puedan ser comparados. Entre los organismos que hasta hoy son difíciles de aislar e identificar, figuran los hongos microscópicos que viven en el suelo y que tienen una estrecha relación con las plantas que se conoce como **micorriza arbuscular**, a estos hongos se les conoce como hongos micorrizógenos arbusculares (HMA). Lo interesante de estos hongos es que no son capaces de reproducirse, a menos que se encuentren en las raíces de las plantas con las que se asocian. Además, a diferencia de otros hongos los HMA no pueden ser cultivados fácilmente en el laboratorio.

A pesar de lo difícil que es trabajar con los HMA, hay científicos interesados en saber cuántos, cuáles y dónde se encuentran este tipo de hongo debido a que la interacción con la planta es de suma importancia, lo que es suficiente para justificar todo el esfuerzo que se realiza para

estudiarlos. El objetivo de este trabajo es describir la importancia del estudio de los HMA, así como presentar la información sobre el número de especies de HMA que se han reportado en Yucatán, señalando los tipos de vegetación en los que se encuentran y las especies que se han encontrado en la mayoría de los ambientes estudiados.

Importancia de los HMA: organismos que modificaron el planeta

¿Por qué si los HMA son tan difíciles de observar y estudiar, los científicos lo siguen intentando? Esta pregunta tiene varias respuestas. La primera es porque conocer la variedad de los organismos que viven en la naturaleza es importante. La otra es que los HMA ayudaron a las plantas (desde hace millones de años, 460 aproximadamente) a colonizar el medio terrestre (antes el planeta era más del 80% agua) ya que las plantas no estaban preparadas para obtener los nutrientes (que necesitan para vivir) del suelo. Aquí es donde los HMA han jugado un papel trascendental para permitir que las plantas absorban nutrientes por sus raíces.

El éxito de las plantas para colonizar el medio terrestre, por lo tanto, fue favorecido en gran medida por la interacción que establecieron con los HMA y actualmente la mayoría de las plantas se relacionan con estos hongos, lo cual les permite que puedan encontrarse creciendo en todo el mundo aún en sitios con poco nutrientes en el suelo y en condiciones difíciles. La colonización de las plantas en el medio terrestre promovió que el planeta se modificara, ya que debido a las plantas la atmósfera y el aire que respiramos fue cambiando, lo que permitió que nuevos organismos pudieran establecerse y crecer fuera del agua y a su vez originó la gran biodiversidad en la naturaleza.

Los beneficios que obtienen las plantas de los HMA son muchos. Si bien el principal beneficio es una mejor absorción de nutrientes del suelo, también promueven una mayor resistencia a los patógenos, resistencia a falta de agua o exceso de salinidad en suelos, resistencia al calor y muchas otras ventajas. Por tanto, si las plantas pudieran elegir estarían en una relación con los HMA. Pero como en toda relación, ésta tiene un costo.

Pago por la interacción: intercambio de beneficios

Las plantas asociadas con los HMA deben “pagar” un precio por los beneficios que obtienen. Muchas veces este pago puede ser tan elevado como un 20% de la energía que las plantas obtienen de la fotosíntesis (proceso mediante el cual las plantas por medio de la luz solar obtienen energía que usan para producir su comida), y aun así las plantas están dispuestas a “pagar” los costos.

En Ecología (ciencia que estudia la relación de los organismos con otros organismos y con su ambiente), a este tipo de interacción se le conoce como mutualismo. Es decir que ambos participantes (hongos y plantas) reciben beneficios y se "ayudan" de manera mutua. Por lo tanto, se considera que el beneficio obtenido con la relación es mayor al costo que tienen que pagar. Entre los ejemplos de mutualismo está la polinización, donde las abejas que visitan las flores de las plantas se benefician con el néctar y las plantas con el polen que, llevado por abejas, permite la formación de sus semillas. Sin embargo, el mutualismo entre las raíces de las plantas y los HMA es mucho más antiguo. Pero debido a que el hongo es pequeño y difícil de aislar, esta interacción es quizá menos llamativa y conocida.

Contando cosas minúsculas: la forma de estudiar a los HMA

Puesto que los HMA participan en una relación muy antigua con las plantas y los beneficios que les otorgan, identificar cuáles son los HMA que existen en un sitio geográficos en particular, es relevante. Sin embargo, a pesar de que los HMA viven dentro de las raíces, no es fácil distinguirlos ya que la raíz no cambia su apariencia y la única manera de saber si están ahí o no, es obtener una porción de raíz, recortarla y teñirla para observarla con un microscopio. Y aun así resulta difícil saber cuáles son los HMA, pues todas sus estructuras dentro de las raíces son muy similares.

Una manera fácil de saber si una planta tiene HMA es observar el suelo alrededor de su raíz por si hubiera esporas (estructuras reproductivas de los hongos, como las semillas de las plantas) de HMA. Si se observan estas esporas es probable que tengan HMA. Identificar qué HMA tiene es todo un reto, ya que además la única manera de identificarlos morfológicamente (por su forma) es por medio de la apariencia de sus esporas. Así, es como ir a una selva y tratar de identificar a los árboles que ahí se encuentran por medio de las semillas recolectadas de suelo, ya que al ser los HMA microscópicos lo único que puede revelar su presencia son sus esporas que pueden medir de menos de medio milímetro o hasta casi un milímetro en algunas especies.

Afortunadamente, existen varias especies de HMA que han sido descritas por las características de sus esporas (tamaño, color, forma) y si se tiñen o no con un colorante. Esto permite comparar las esporas que podamos recoger del suelo con las esporas que ya han sido descritas y de esa manera asignarles un nombre científico.

¿Cuántas especies de HMA hay en el mundo, en México y en Yucatán?

De acuerdo con la apariencia de sus esporas, se han asignado nombre a más de 330 especies de HMA en todo el mundo. De éstas, en México se han registrado 160 especies (Polo-Marcial et al. 2021), lo cual representa casi la mitad de las especies reportadas en todo el mundo. En Yucatán, el estudio de los HMA comenzó hace menos de 30 años, reportándose una especie de HMA en la duna costera en 1995 (Barredo et al. 1998). Hasta 11 años después se reportaron 13 nuevas especies (Ramos-Zapata et al. 2012). En 2020 ya se han reportado 78 especies de HMA en Yucatán, lo que representa el 24% de las especies reportadas en todo el mundo. Sin embargo, por medio de herramientas moleculares, Lara-Pérez et al. (2020) reportaron seis nuevas especies. Por tanto, el listado actual es 84 especies de HMA en Yucatán (Fig. 1), lo que representa un 26% de especies de HMA en todo el mundo y un 53% de lo que se ha reportado para México, lo que puede interpretarse como una gran riqueza de especies de HMA en Yucatán.

Es importante señalar, que, la taxonomía actual de cualquier grupo de organismos se apoya de las herramientas moleculares, lo cual permite tener una mayor certeza al asignar los nombres a las especies. Sin embargo, en el caso de los HMA el avance ha sido lento, principalmente por dos motivos, el primero es porque aún no se tiene un marcador molecular universal (parte de los genes o ADN que se utiliza como etiqueta de identificación de las especies), los diferentes grupos de investigadores utilizan distintos lo cual hace imposible la comparación además de no poder cultivarlos en el laboratorio lo que limita la cantidad de ADN que se tiene para analizarlos.

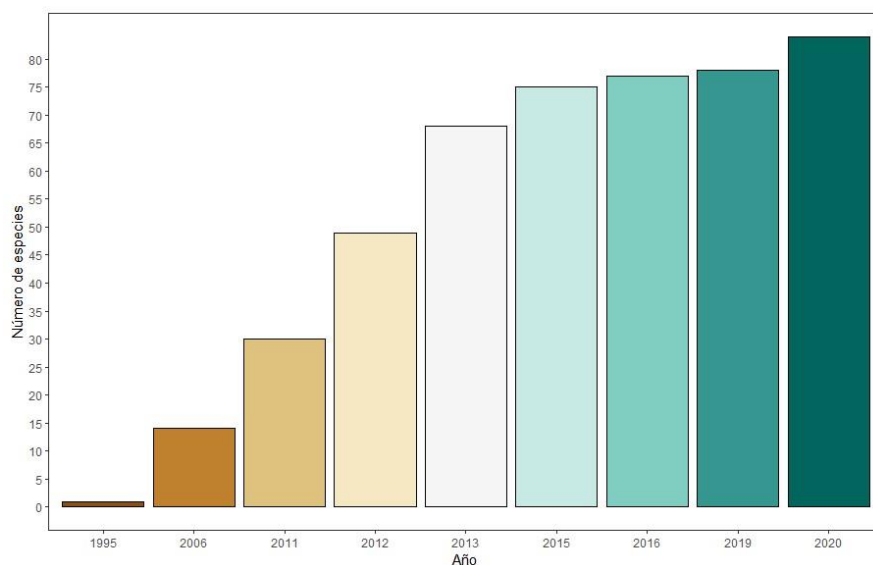


Figura 1. Número de especies de hongos micorrizógenos arbusculares descritas en Yucatán por año.

Si bien los HMA son hongos muy antiguos y se asocian a una gran cantidad de plantas, el número de especies de HMA descritas hasta ahora al nivel mundial es muy pequeño, lo cual principalmente se debe a la dificultad de reproducirlas en el laboratorio y que las herramientas moleculares no nos permiten asignar un nombre de manera infalible. De cualquier manera, el número de especies reportadas para México es interesante. Además, saber que se encuentra una gran riqueza de estos HMA en Yucatán, nos lleva a la siguiente pregunta ¿En dónde se encuentran los HMA en Yucatán?

¿En dónde están los HMA de Yucatán?

Es de interés saber dónde se han encontrado los HMA en Yucatán, ya que saber con qué especies de plantas están interactuando y en qué ambientes es relevante. En cuanto su presencia en Yucatán, se han analizado los suelos de 10 diferentes ambientes que incluye zonas naturales y zonas manejadas. En las zonas naturales donde más especies de HMA se han reportado es el matorral de duna costera con 42 especies de HMA, seguido por el manglar con 33 especies y la selva baja caducifolia con 27 especies (Fig. 2). Se han estudiado únicamente tres ambientes manejados, donde se han encontrado 18 especies de HMA en milpa, 7 en huertos familiares y 3 en pastizales (Fig. 2). El hecho de que se hayan reportado más especies de HMA en el ambiente natural de matorral de duna costera y en el ambiente manejado de la milpa, se debe a que hay una

mayor atención por científicos y por tanto más investigaciones en esos ambientes, por lo que se esperaba que, si se intensifica la búsqueda de HMA en otros ambientes, seguramente el número de especies incrementará

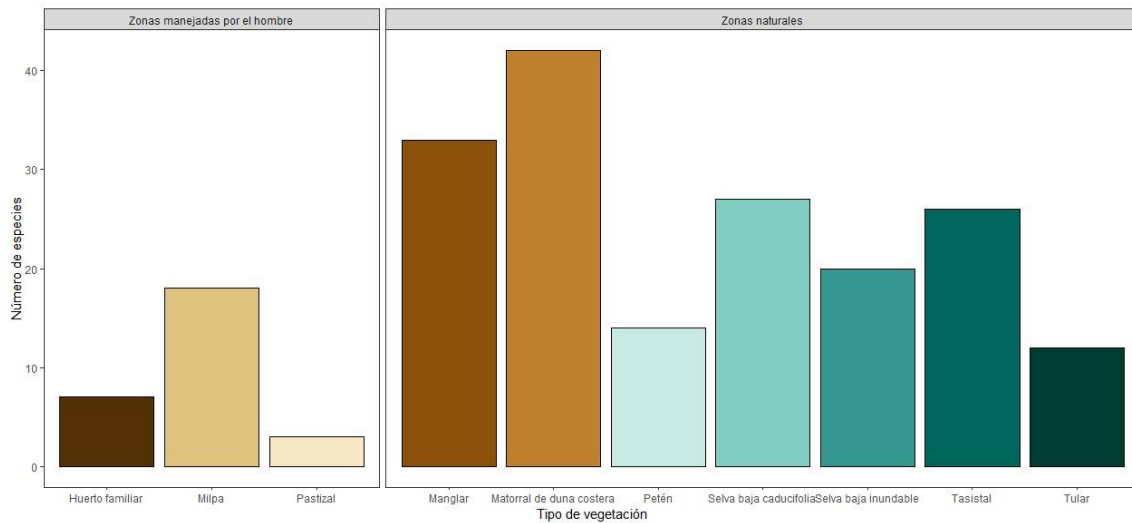


Figura 2. Número de especies de HMA encontrados en diferentes ambientes estudiados.

¿Cuál es la especie más abundante de HMA en Yucatán?

En realidad, esta pregunta es muy difícil de responder ya que las esporas son el componente para identificar los HMA y no los individuos. Por tanto, no se tiene la información para responderla. Sin embargo, es interesante saber cuál es la especie más frecuente en los ambientes estudiados en Yucatán. La especie de HMA que se ha encontrado en 10 de los ambientes es *Funneliformis geosporum*, seguida por *Rhizophagus fasciculatus* en 9 ambientes estudiados y por *Sclerocystis rubiformis* en 8 ambientes. La apariencia de las esporas de estas tres especies se muestra en la Fig. 3.



Funnelformis geosporum

Rhizophagus fasciculatus

Sclerocystis rubiformis

Figura 3. Esporas de las tres especies HMA en la mayoría de los ambientes estudiados en Yucatán (Fotos J. Ramos).

¿Con qué plantas se asocian los HMA en Yucatán?

Hasta ahora, los HMA se asocian con más de 120 especies de plantas, muchas de las cuales son comestibles para el hombre, como son maíz, chile habanero, limón, espelón, zapote, palma de coco y muchas otras plantas. Por eso, identificar los HMA que se relacionan con las plantas puede ser ventajoso ya que podría ayudar al uso de los recursos naturales de manera adecuada. En lugar de usar agroquímicos, que contaminan el ambiente, se pueden disponer de los HMA para promover el crecimiento de las plantas comerciales sin provocar los daños que el manejo tecnificado pueda provocar.

Es importante conocer con qué otro tipo de plantas se asocian los HMA, ya que todas juegan un papel importante en los ambientes. Por ejemplo, las plantas de la duna costera permiten que la arena se consolide y evita la erosión de las playas mientras que las plantas de las selvas permiten que se regule la temperatura y se capte agua de lluvia. Esto quiere decir que cada especie de planta juega un papel importante y si se asocian con los HMA se tiene mayor probabilidad de establecer y crecer de manera óptima. Por tanto, en los casos donde se requiera establecer plantas en ambientes degradados, el uso de los HMA puede ser eficaz y si se trata de HMA nativos de la región geográfica el resultado de la interacción será mucho mejor. Seguiremos, por un tiempo, contando las minúsculas esporas de los HMA para entender y utilizar a estos maravillosos hongos que tanto han ayudado a las plantas y demás organismos con los que compartimos el planeta.

Conclusiones

Saber cómo se llaman y donde se encuentran los HMA no es nada fácil. Sin embargo, es evidente la importancia de conocerlos y saber con qué plantas interactúan para comprender su funcionamiento y para hacer un uso adecuado de los recursos, ya sea para la producción de alimentos o la conservación de la naturaleza. Debido a que la asignación de un nombre y la comparación morfológica es complicada en los HMA, últimamente la tendencia es usar las características de sus genes (taxonomía molecular) para asignarles nombres sin tener que crecerlos o incluso verlos, por lo que la taxonomía tradicional está siendo desplazada, pero aún falta mucho por conocer para poder utilizarla de manera extensiva, así que sigue siendo un reto identificarlos y contarlos, si no es a través de sus esporas.

¹Departamento de Ecología Tropical. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Universidad Autónoma de Yucatán. Autor para correspondencia: aramos@correo.uady.mx

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Mocochoá.

Ramos-Zapata JA, Herrera-Parra E. 2022. Contando lo minúsculo: riqueza de hongos micorrizógenos arbusculares en Yucatán. *Bioagrobiencias* 15(2): 33-40.

Referencias

- Barredo P, Varela L, Arce-Montoya M y Orellana R. 1998. Estudio de la asociación micorrízica en dos cactáceas nativas del estado de Yucatán, México. Hallado en: Zulueta R., Escalante R. y Trejo D. (eds.) *Avances de la investigación Micorrízica en México*. Universidad Veracruzana, Xalapa, pp. 69-76.
- Lara-Pérez LA, Oros-Ortega I, Córdova-Lara I, Estrada-Medina H, O'Connor-Sánchez A, Góngora-Castillo E y Sáenz-Carbonell L. 2020. Seasonal shifts of arbuscular mycorrhizal fungi in *Cocos nucifera* roots in Yucatan, Mexico. *Mycorrhiza* 30: 269-283.
- Ramos-Zapata J.A., Marrufo-Zapata, D., Guadarrama, P., Carrillo-Sánchez, L, Hernández-Cuevas, L y Caamal-Maldonado A. 2012. Impact of weed control on arbuscular mycorrhizal fungi in a tropical agroecosystem: a long-term experiment. *Mycorrhiza* 22:653-661.
- Polo-Marcial, M. H., Lara-Pérez, L. A., Goto, B. T., Margarito-Vista, X. y Andrade-Torres, A. 2021. Glomeromycota in Mexico: a country with very high richness. *Sydowia* 74: 33-63.