



# Matrimonio por conveniencia. El caso de plantas y hongos micorrízicos

Gracias a las interacciones biológicas muchos organismos adquieren o incrementan su capacidad para adaptarse y sobrevivir. La asociación micorrízica se desarrolla entre la mayoría de las plantas vasculares y ciertos hongos del suelo. Siempre que haya las condiciones apropiadas, los hongos “se comprometen” a facilitar la toma de nutrimentos minerales y agua, al tiempo que las plantas proporcionan azúcares y cierta protección contra los depredadores.

**P**ara desarrollarse y sobrevivir, los humanos –y otros animales– necesitan alimentarse; necesidad elemental en la que existen etapas o situaciones particulares que impiden a tales organismos hacerlo por sí mismos. Así, vemos que a lo largo de su existencia los animales necesitan la colaboración de otros, como ocurre cuando son muy pequeños, o bien si tienen algún impedimento físico. ¿Esto es exclusivo de los animales o existen otros grupos de organismos que requieren ayuda para alimentarse en cierto momento de su ciclo de vida? De pronto, esta pregunta podría parecer “disparatada”; sin embargo, en la naturaleza encontramos



diferentes ejemplos de estrecha convivencia, sin la cual muchas especies no podrían sobrevivir.

Las plantas, por ejemplo, han desarrollado diferentes mecanismos para enfrentar aquellas situaciones que limitan su posibilidad de alimentarse. Entre tales mecanismos se encuentra su capacidad para asociarse a individuos de otros grupos con quienes “se comprometen para que, mutuamente, se alimenten y se cuiden” –tal como una pareja que al contraer matrimonio promete cuidar el uno del otro–. Una muestra de esto es la asociación que se desarrolla entre la mayoría de las **plantas vasculares** y ciertos hongos especializados propios del suelo, que los micólogos (estudiosos de los hongos) llaman hongos micorrízicos. Dicho nombre se deriva de los vocablos griegos *mykes* –hongo– y *rhiza* –raíz– haciendo alusión a la estrecha unión entre las raíces de las plantas y los hongos de este tipo.

Tal asociación se conoce como micorriza; es una simbiosis y es también un ejemplo que ilustra muy bien la relación tan estrecha que se da entre dos grupos de organismos: los hongos micorrízicos y alrededor de 95% de las plantas vasculares. De acuerdo con las especies que participan en la asociación, tanto de hongos como de plantas, así como a las estructuras que desarrollan, se conocen tres formas básicas de micorrizas: *lasectomicorrizas* (con manto fúngico); las *endomicorrizas* (sin manto fúngico), subdivididas en orquideoide, ericoide y arbuscular; y las *ectendomicorrizas*, compuestas por monotrofoide y arbutoide, llamadas así porque

#### Plantas vasculares

Presentan vasos para conducir líquidos desde las raíces o las hojas, al resto de la planta.





exhiben características tanto de ectomicorrizas como de endomicorrizas.

Por su importancia ecológica y económica, el estudio de esta asociación ha sido dirigido principalmente hacia la ectomicorriza y a la micorriza arbuscular. La primera se conforma por hongos que en su etapa reproductiva desarrollan cuerpos fructíferos que lucen la típica forma que todos hemos visto alguna vez, es decir, con píleo (*sombrero*) y estípite (*pie*) (véase la Figura 1), los cuales pueden ser observados a simple vista en los bosques emergiendo a la superficie del suelo durante la época de lluvia. Los hongos participantes en este tipo de micorrizas son conocidos como hongos ectomicorrízicos, porque sus hifas –elemento filamentososo semejante a un tubo de tamaño microscópico– crecen envolviendo a las raíces de los árboles a los que se unen (llamadas por ello plantas hospederas) y van formando una estructura que las recubre, conocida como manto fúngico (véa-

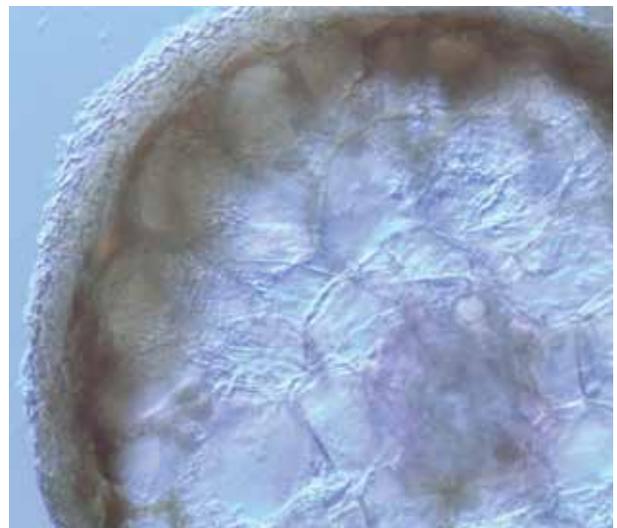


**Figura 1.** *Amanita muscaria*, hongo típico con “sombrero” y “pie”. Foto: A. Kong-Luz.

se la Figura 2) . Dichas hifas se adentran también en las raíces y envuelven a las células corticales, pero sin penetrar en ellas; forman la estructura conocida como red de Hartig.

En cuanto a los hongos participantes en el tipo de endomicorriza que ha sido mayormente estudiado, la micorriza arbuscular, éstos no presentan en absoluto la forma del cuerpo fructífero arriba citado, debido a que no lo desarrollan. A estos hongos se les reconoce a través de sus esporas, las cuales se encuentran inmersas en el suelo rizosférico. Tales esporas se asemejan a diminutas esferas (véase la Figura 3) cuyo diámetro llega a alcanzar como máximo 0.6 mm en algunas especies; la mayoría de estos hongos forma sus esporas fuera de la raíz, aunque algunos pueden producirlas también intraradicalmente.

Las hifas de los hongos micorrízicos arbusculares se introducen en las raíces de las plantas, después crecen entre y dentro de las células corticales. Dentro de estas células, las hifas experimentan una profusa ramificación dicotómica que hace que se asemejen a un árbol de dimensiones microscópicas (véase la Figura 4), razón por la cual se les conoce como hongos micorrízicos arbusculares. A diferencia de los cuerpos fructíferos de los hongos ectomicorrízicos que sólo pueden ser encontrados durante la temporada de lluvias, las esporas de los hongos micorrízicos arbusculares pueden ser encontradas en



**Figura 2.** Corte transversal de una raíz en la que se observa el manto fúngico y la red de Hartig. Foto: G. Galindo-Flores.



**Figura 3.** Grupo de esporas de diferentes especies de hongos micorrízicos arbusculares. Foto: Y. Nava-Gutiérrez.



**Figura 4.** Raíz de árnica teñida con azul de tripano en la que se observan los arbusculos. Foto: Y. Nava-Gutiérrez.

cualquier época del año en prácticamente todos los ecosistemas del mundo.

Pero, ¿por qué siendo tan diferentes en forma y tamaño estos dos grupos de hongos son llamados micorrízicos? El motivo es que para ambos es imprescindible unirse a las plantas para poder completar su ciclo de vida, dada su absoluta incapacidad de producir los azúcares que requieren para su desarrollo; es decir, son organismos biótrofos obligados. Además, es porque ya unidos a las plantas las funciones que desempeñan como facilitadores de nutrientes y agua son similares, sólo que el tipo

de plantas a las que se asocian son diferentes. Los primeros (los ectomicorrízicos) se asocian en los bosques con distintas especies de árboles, como los pinos, los encinos o los abetos. Por su parte, los hongos micorrízicos arbusculares completan su ciclo de vida asociándose principalmente a una gran cantidad de plantas herbáceas, ya sean cultivadas (como el frijol, el maíz y el trigo), o bien silvestres (como el árnica y algunos pastos); aunque también pueden unirse a especies con otras formas de crecimiento (como árboles frutales, sabinos y eucaliptos) e incluso con diversas cactáceas. La mayor diversidad de plantas hospederas con las que los hongos micorrízicos arbusculares pueden asociarse conlleva a que la micorriza arbuscular sea el tipo que posee la distribución más amplia en la naturaleza.

#### ■ **Importancia de la micorriza**

■ El hecho de que la diversidad de plantas capaces de desarrollar micorrizas es muy amplia explica que esta asociación se encuentre en ambientes muy diferentes, como los bosques, los pastizales, la tundra, las

#### Derivar

Llevar los azúcares producidos por la planta, durante la fotosíntesis, hacia los hongos.

### Recuadro 1. El matrimonio cuesta

**C**omo todos los grupos de hongos, los micorrízicos no tienen clorofila ni pueden nutrirse directamente de los minerales presentes en el suelo; por ello, deben necesariamente asociarse a las plantas para recibir parte de los azúcares que éstas producen durante la fotosíntesis, para con esto poder completar su ciclo de vida y sobrevivir. Gracias a su asociación con los hongos micorrízicos, las plantas obtienen un beneficio que se refleja principalmente en el incremento de su biomasa ante condiciones adversas para su crecimiento; sin embargo, mantener la asociación tiene un costo para ellas. Se ha calculado que para el mantenimiento de la simbiosis micorrízica, las plantas **derivan** entre 4% y 20% de los azúcares producidos hacia las raíces micorrizadas. El intercambio de nutrientes minerales y agua, que el hongo capta del suelo y transporta hacia la planta, y de compuestos carbonados que la planta produce y cede al hongo, se lleva a cabo en las células corticales de la raíz, concretamente en la interfase, que es el pequeñísimo espacio que queda entre la membrana de la célula vegetal y la pared de la hifa del hongo.



zonas áridas, etcétera; es decir, en todos aquellos lugares cuyas características permitan el establecimiento y desarrollo de las plantas. Entonces, si naturalmente las micorrizas se encuentran prácticamente en todas partes, deben tener alguna importancia.

Precisamente, esta vasta distribución es relevante a nivel ecológico. La mutua dependencia existente entre las plantas y estos hongos ha hecho que el tipo de vegetación de un ecosistema sea el principal factor que determina qué especies de hongos micorrízicos se establecen en tal sitio; al mismo tiempo, estos hongos influyen en la composición de la comunidad vegetal. Sin embargo, la afinidad entre plantas y hongos no es el único factor que interviene para que la asociación micorrízica se lleve a cabo; las características físicas y químicas del suelo tienen un papel importante en su desarrollo. Así pues, para que la asociación micorrízica se realice y sea exitosa, es necesario que exista cierta correspondencia entre tres componentes: la planta, el hongo y el suelo en el que se encuentran.

Por otra parte, la intensidad con que se ha estudiado la asociación micorrízica –especialmente la

ectomicorriza y la micorriza arbuscular– reviste intereses más mundanos, ya que muchas de las plantas que la desarrollan son de gran importancia desde el punto de vista económico. Tal es el caso de las especies maderables a las que se asocian los hongos ectomicorrízicos; también el de otras plantas de interés agronómico a las que se asocian los hongos micorrízicos arbusculares.

### ■ Beneficios del matrimonio

■ Tanto en los ecosistemas naturales como en los agroecosistemas, mediante la asociación micorrízica las plantas y los hongos participantes se alimentan y se cuidan. Las plantas absorben con mayor eficiencia tanto el agua como los nutrientes minerales, principalmente fósforo y nitrógeno. Esto sucede porque las hifas de los hongos asociados, por un lado, pueden alcanzar una longitud marcadamente mayor que la de las raíces y, por el otro, porque el diámetro que tienen es mucho más pequeño que el de las raíces más finas. Estas dos características de las hifas promueven que las plantas micorrizadas puedan aprovechar los nutrientes y el agua de difícil acceso, como aquellos que se encuentran en los poros más finos del suelo a los que la propia raíz no puede introducirse, o bien los nutrientes minerales que se encuentran más allá de la zona de agotamiento de las raíces, hecho que es especialmente importante en los suelos que presentan baja disponibilidad de tales recursos.

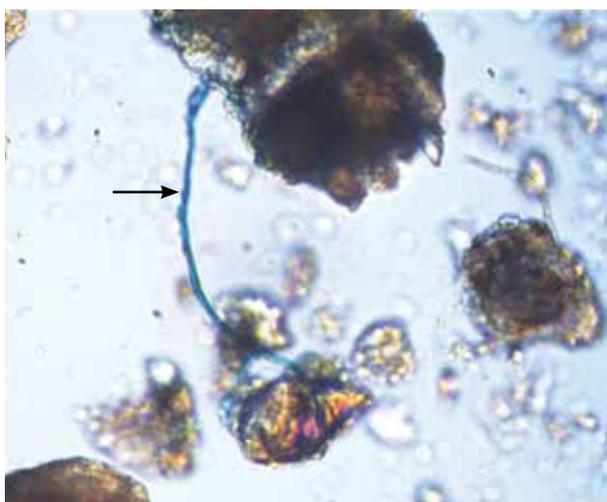
Es importante resaltar que no todas las plantas que forman micorrizas necesitan de éstas con la misma intensidad; así que dependiendo del grado en el que requieren de la asociación se les denomina de diferentes maneras: las micorrizas obligadas son aquellas plantas que sin esta asociación no logran sobrevivir o no alcanzan la madurez para reproducirse –literalmente mueren sin su pareja–, como ocurre con las especies de coníferas. Las micorrizas facultativas son las plantas que formarán la micorriza únicamente si les conviene, es decir, si el suelo donde crecen presenta serias deficiencias nutrimentales; ejemplo de éstas son muchas de las especies de gramíneas y de leguminosas. Otro grupo es el de las plantas no

### Recuadro 2. ¿Cuándo se conocieron las plantas y los hongos micorrízicos?

**E**studios paleobotánicos, morfoanatómicos y filogenéticos basados en técnicas moleculares indican que los hongos micorrízicos arbusculares y las plantas vasculares evolucionaron conjuntamente desde el periodo Devónico. Las primitivas plantas iniciales se asociaron con hongos similares a los actuales hongos micorrízicos arbusculares, lo que contribuyó a su éxito para pasar del ambiente acuático al ambiente terrestre. Esta relación mutualista se estableció a nivel de los órganos de fijación en las plantas y su eficiencia resultó ser tal que ha perdurado más de 400 millones de años. Durante este tiempo el componente fúngico (el hongo) prácticamente no ha cambiado; en cambio, el componente vegetal ha experimentado una enorme diversificación con el desarrollo de verdaderas raíces. Los otros tipos de micorriza conocidos son: las ectomicorrizas, las micorrizas ericoides y las micorrizas orquideoides, que aparecieron posteriormente, durante el Cretácico (Brundrett, 2002; Honrubia, 2009).

micorrízicas, conformado por aquellas que “prefieren mantenerse solteras” y nunca, bajo ninguna circunstancia, se unen a los hongos micorrízicos. Ejemplos de este último grupo son el nabo y la col (plantas pertenecientes a la familia Brassicaceae), el epazote y el betabel (familia Chenopodiaceae), así como el amaranto (familia Amaranthaceae).

Hasta aquí se destaca que las plantas se favorecen al asociarse con los hongos, ¿pero éstos qué obtienen a cambio? Se sabe que los hongos se caracterizan por ser organismos heterótrofos, es decir, que son incapaces de producir su propio alimento, razón por la cual deben alimentarse de productos elaborados por otros organismos, ya sean muertos o vivos. Mediante la asociación micorrízica, el beneficio para los hongos micorrízicos es la obtención de su alimento, lo cual hacen a través de sus hifas que penetran y se desarrollan entre o dentro de las células corticales de la raíz, donde las plantas les ceden parte de los azúcares que producen durante la fotosíntesis para poder completar su ciclo de vida. Además, al desarrollarse dentro de las raíces, los hongos micorrízicos enfrentan menor competencia por espacio que la que se ejerce en el suelo, y encuentran cierta protección contra algunos patógenos y depredadores.



**Figura 5.** Hifa de hongo micorrízico arbuscular (flecha), desarrollándose entre y sobre las partículas del suelo. Foto: Y. Nava-Gutiérrez.

De forma semejante a lo que sucede en una sana relación de pareja, en la que el bienestar de los directamente involucrados se difunde hacia quienes están más cercanos, la asociación micorrízica afecta positivamente de manera indirecta al suelo en el que se desarrolla. Esto se debe a que, como se dijo antes, una parte de las hifas de los hongos micorrízicos crece dentro de las raíces, pero al mismo tiempo otras crecen en el suelo, donde se extienden y van formando una red en la que poco a poco quedan atrapadas partículas finas del suelo (véase la Figura 5). Esto contribuye a la formación de agregados, mismos que son de suma importancia para que el suelo adquiera, mantenga o mejore su estructura.

La asociación micorrízica se lleva a cabo en la naturaleza a la manera de “un matrimonio por conveniencia”, como una estrategia que los organismos involucrados han desarrollado a lo largo del proceso evolutivo, misma que les ha permitido ser exitosos y estar presentes en casi todos los ambientes terrestres.

#### Yolanda Nava Gutiérrez

Laboratorio de Micorrizas del Centro de Investigación en Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Tlaxcala. [ixtulco@hotmail.com](mailto:ixtulco@hotmail.com)

#### Lecturas recomendadas

- Brundrett, M. C. (2002), “Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants”, *New Phytologist*, 154: 275-304.
- Finlay, R. D. (2008), “Ecological aspects of mycorrhizal symbiosis: with special emphasis on the functional diversity of interactions involving the extraradical mycelium”, *Journal of Experimental Botany*, 59(5): 1126-2008.
- INVAM International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Disponible en: <<http://invam.wvu.edu>>. Consultado el 5 de abril de 2016.
- Sharma, A. K. y B. N. Johri (2002), *Arbuscular Mycorrhizae. Interactions in Plants, Rhizosphere and Soils*, New Hampshire, Science Publishers, Inc.