

Tipos de micorrizas

1. INTRODUCCIÓN

¿Qué son las micorrizas?

Se conoce con el nombre de micorriza a la asociación mutualista establecida entre las raíces de la mayoría de las plantas y ciertos hongos del suelo. Se trata de una simbiosis prácticamente universal, no sólo porque casi todas las especies vegetales son susceptibles de ser micorrizadas sino también porque puede estar presente en la mayoría de los hábitats naturales.

Las micorrizas son tan antiguas como las propias plantas y se conoce su existencia desde hace más de cien años; estimándose que aproximadamente el 95% de las especies vegetales conocidas establecen de forma natural y constante este tipo de simbiosis con hongos del suelo (Hernández, 2001).

Los hongos micorrizógenos es uno de los microorganismos beneficiosos más estudiados y empleados en la actualidad. Son tantas las especies, cepas existentes, y tan diversas sus formas de actuar en la planta y en el suelo, que se puede asegurar que están presentes en casi todas las especies vegetales y los suelos agrícolas existentes en el mundo. Estos microorganismos, que por naturaleza son microorganismos del suelo, el hombre ha logrado aislarlos y reproducirlos de manera vertiginosa, convirtiéndolos en un gran aliado del productor y de personas que lo emplean para diferentes fines y propósitos naturales y ecológicos.

2. Definición de Micorriza

Etimológicamente, la palabra se ha formado del término griego “mykos” (hongo) y del vocablo latino “Rhiza” (raíz). El término micorriza, cuyo significado literal es hongo - raíz, se aplicó por primera vez a las asociaciones que se establecen entre plantas terrestres y determinados hongos del suelo, siendo descrito por el patólogo alemán Albert Bernard Frank en 1885 (Frank, 1885). Él estableció que dicha asociación era mutualista dados los beneficios que reporta la misma para ambos participantes, y comprende la penetración radical por parte del hongo y la

carencia de respuesta perjudicial hacia éste por parte de la planta hospedera que lo impida.



Figura 1: Raíz micorrizada

Al ser un fenómeno tan extendido el término «micorrizas» se ha convertido al nivel de usuarios en el nombre con el que se designan a los hongos implicados en su formación, aunque tal denominación

no sea muy correcta, esas mismas rutinas coloquiales han llevado a acuñar términos como «micorrizar»: poner en contacto los hongos micorrízicos con plantas y «micorrización»: para indicar el establecimiento de la simbiosis.

3. Tipos de micorrizas

Las plantas terrestres en su mayoría presentan micorrizas, y lo más probable es que las restantes descendan de plantas micorrizadas que han perdido secundariamente esta característica. En el caso de los hongos, la mayor parte de las 5000 especies identificadas en las micorrizas pertenece a la división *Basidiomycota*, mientras que en casos más excepcionales se observan integrantes de *Ascomycota*. La tercera división que se ha observado formando micorrizas es *Glomeromycota*, un grupo que, de hecho, sólo se conoce en asociación micorrizógena y cuyos integrantes mueren cuando se les priva de la presencia de raíces.

3.1 Clasificación de las micorrizas

Se pueden distinguir tres grupos fundamentales según la estructura de la micorriza formada: *Ectomicorrizas* o formadoras de manto; *Ectendomicorrizas*, que incluye *Arbutoides* y *Monotropoides*; y las *Endomicorrizas*, caracterizadas por la colonización intracelular del hongo, y que a su vez se subdividen en *Ericoides*, *Orquidoides* y *Arbusculares* (Read, 1999).

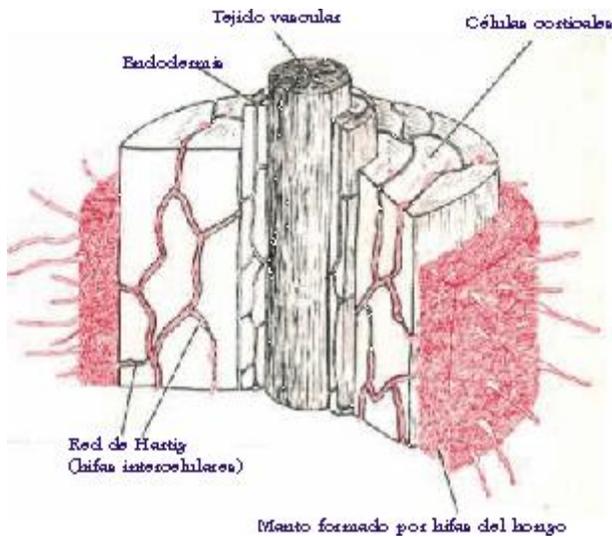


Figura 2: colonización de Ectomicorrizas

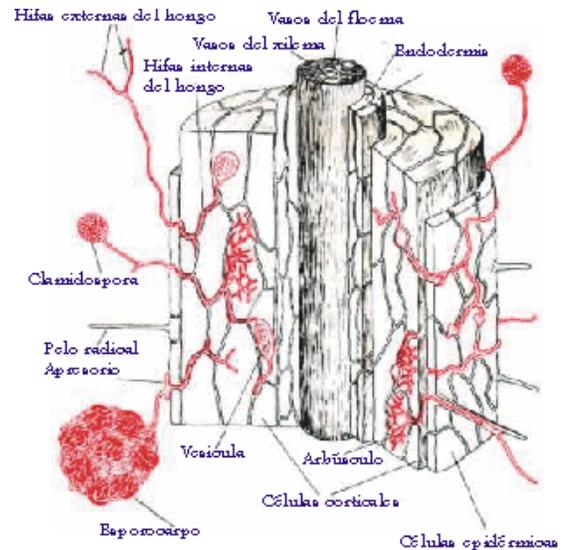


Figura 3: Edomicorrizas (Micorrizas vesículoarbusculares)

A continuación se caracterizan cada uno de los tipos de micorrizas:

- ❖ **Ectomicorrizas:** Se caracterizan porque desarrollan una espesa capa de micelio sobre la zona cortical de las raíces absorbentes de la planta las hifas del hongo no penetran en el interior de las células de la raíz, si no que se ubican sobre y entre las separaciones de éstas. Se pueden observar a simple vista. Este tipo de micorrización predomina entre los árboles de zonas templadas, se producen principalmente sobre especies forestales y leñosos, siendo especialmente característico en hayas, robles, eucaliptus y pinos. Los hongos que la forman son tanto *Basidiomycota* como *Ascomycota*.
- ❖ **Edomicorrizas:** Los hongos que las producen se caracterizan por colonizar intracelularmente el córtex radical o sea que no hay manto externo que pueda verse a simple vista. Las hifas se introducen inicialmente entre las células de la raíz, pero luego penetran en el interior de éstas, formando vesículas alimenticias y *arbúsculos*. Por ello este grupo se las conoce también como **micorrizas vesículoarbusculares (MVA)** los cuales constituyen la simbiosis más extendida sobre el planeta. Los hongos que la forman pertenecen a la división *Glomeromycota* y se dan en todo tipo de plantas, aunque predominan en hierbas y gramíneas.

Abundan en suelos pobres como los de las praderas y estepas, la alta montaña y las selvas tropicales. En el bosque atlántico aparecen junto a las ectomicorrizas.

- **Orquidoideas o micorrizas de ovillo:** Son micorrizas de orquídeas, los cuales son imprescindibles para su desarrollo y vida juvenil. Una vez que la planta crece y fotosintetiza, cuando está en la fase adulta generalmente se independiza del hongo.
- **Ericoides:** Son de tipo más sencillo y simple con raíces muy simples e hifas que penetran en las células para formar ovillos.
- **Ectendomicorrizas:** Presentan características intermedias entre las *Ectomicorrizas* y las *Endomicorrizas*, pues presentan manto externo, como las *ectomicorrizas*, pero también penetran en el interior de las células, como las *endomicorrizas* y no existen vesículas ni arbusculos. Este grupo se presenta tanto en *Basidiomycota* como *Ascomycota* y son más abundantes en angiospermas que en gimnospermas. Su distribución es restringida.
- **Arbutoides:** Presenta un manto externo junto con hifas que penetran a las células para formar rulos
- **Monotropoides:** La forma de penetración en las células es algo diferente, diferenciada apenas por la forma de penetración de las hifas a las células radicales.

En cuanto a las estructuras formadas, al tipo de colonización y a la cantidad de especies vegetales y fúngicas implicadas, se puede decir que las Micorrizas Vesículo – Arbusculares (MVA) son las de mayor importancia y las que más ampliamente se encuentran distribuidas (tanto a nivel geográfico como dentro del Reino Vegetal).

4. Las micorrizas vesículo – arbusculares (MVA).

Este tipo de micorriza se encuentra en condiciones naturales en la mayoría de los cultivos tropicales y subtropicales de interés agronómico (Sieverding, 1991) y está

presente en la mayoría de las Angiospermas; siendo las familias *Chenopodiaceae* y *Cruciferae*, las excepciones de mayor importancia. La asociación simbiótica Micorrízica – Arbuscular se forma en muchas especies perennes leñosas, incluyendo muchas Gimnospermas aparte de las *Pináceas* (Harley y Smith, 1983). Estos hongos pertenecen al pequeño orden *Glomales* dentro de la clase *Zygomycetes* y su origen está en un rango de 353 a 452 millones de años atrás, estando presentes en familias de plantas que tienen miembros de alta importancia económica (*Poaceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae* y *Rosaceae*). Los vegetales asociados a los mismos se benefician por el incremento en la toma de nutrientes como, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cobre, molibdeno, hierro y manganeso, pues el hongo funciona como una extensión del sistema radical de la planta, facilitando a través de su red de hifas una mayor absorción de éstos en el suelo (Read, 1999). En esta asociación el componente fúngico de la simbiosis se nutre de los carbohidratos almacenados en las células mesodérmicas en formas sencillas de fructosa, glucosa y sacarosa y de los exudados radicales de las plantas.

4.1 Diversidad Taxonómica de los hongos micorrizógenos arbusculares

Los estudios con HMA se han enfocado principalmente en determinar la respuesta de la planta a la micorriza sin considerar detenidamente al endofito, dando la impresión de que estos hongos son funcionalmente equivalentes (Abbot & Robson 1991,), ya que incluso una morfoespecie puede asociarse con un gran número de plantas. Sin embargo, se ha demostrado que estos hongos tienen una gran diversidad fisiológica y probablemente han desarrollado adaptaciones específicas a las condiciones ambientales y edáficas en las que se desarrollan. Se ha observado que las plantas micorrizadas se benefician en diferente magnitud dependiendo de los HMA que las colonicen (Smith *et al.* 2000).

Los hongos que forman micorriza arbuscular, se ubican en el orden *Glomales* de la clase *Zygomycetes* y comprenden ocho géneros con alrededor de 150 especies.

Tabla 1. Clasificación de los HMA de acuerdo con Morton & Benny (1990) y Morton & Redecker (2001).

Orden	Suborden	Familia	Géneros
Glomales	<i>Glomineae</i>	<i>Glomaceae</i>	<i>Glomus</i>
			<i>Sclerocystis</i>
		Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>
			<i>Entrophospora</i>
	<i>Gigasporineae</i>	<i>Gigasporaceae</i>	<i>Gigaspora</i>
			<i>Scutellospora</i>
	¿?	<i>Paraglomaceae</i>	<i>Paraglomus</i>
	¿?	<i>Archaeosporaceae</i>	<i>Archaeospora</i>

5. Ventajas y beneficios de las micorrizas

Las ventajas proporcionadas por la **micorrización** para las plantas son numerosas. Gracias a ella, la planta es capaz de explorar más volumen de suelo del que alcanza con sus raíces, al sumársele en esta labor las hifas del hongo; también capta con mayor facilidad ciertos elementos (fósforo, nitrógeno, calcio y potasio) y agua del suelo. La protección brindada por el hongo hace que, además, la planta sea más resistente a los cambios de temperatura y la acidificación del suelo derivada de la presencia de azufre, magnesio y aluminio. Por si todo esto fuera poco, algunas reacciones fisiológicas del hongo inducen a la raíz a mantenerse activa durante más tiempo que si no estuviese micorrizada.

En las siguientes tablas se detallan las ventajas y los beneficios que producen las micorrizas en una producción agrícola o forestal.

Tabla 2: Ventajas de las micorrizas

Favorece la captación de agua y nutrientes minerales	Especialmente Fósforo y Nitrógeno. También K, Ca, S, Zn, Cu, Sr, etc.
	El sistema enzimático y la distribución de los micelios hacen que los hongos sean más eficaces que las raíces para la absorción de agua y nutrientes.
	Los filamentos hifales son capaces de prospectar volúmenes de suelo mucho mayores que las raíces no micorrizadas.
Estimulación del crecimiento: aumento considerable de la producción de biomasa aérea y radical	Mayor y más rápida disponibilidad de nutrientes en el sistema vascular de las plantas, que acelera su actividad fotosintética para mantener su equilibrio fisiológico.
	Producción de fitohormonas por parte del hongo.
	Mejora de la estructura del suelo.
	Protección del sistema radical frente a patógenos fúngicos.

Tabla 3: Beneficios de las micorrizas

VENTAJAS	BENEFICIOS
Aumento del aprovechamiento de los fertilizantes y de los nutrientes del suelo	Disminución de los costos de producción
Favorece la captación de agua y nutrientes minerales	Aumento de la producción agrícola
Estimulación del crecimiento aéreo y radical	Ciclo productivo más largo con mayores producciones y mayor seguridad para el agricultor.
Protección frente a patógenos	Disminución del coste de aplicación de fungicidas y mayor seguridad para el

	agricultor.
Mejora la estructura del suelo	No degrada los suelos y contribuye a la regeneración de los mismos.

6. Aplicación de las micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) en la agricultura

La labranza y todas aquellas actividades que manipulan los primeros centímetros del suelo cultivable, producen la ruptura y disgregación del micelio externo de las MVA. Debido a que este micelio contribuye sustancialmente en la formación de la estructura del suelo, su destrucción trae consecuencias indeseables para la infiltración y demás propiedades físicas del suelo (Miller y Jastrow, 2000).

Por otra parte, la aplicación de fertilizantes químicos en dosis elevadas, además de los problemas de contaminación que suele provocar, inhibe la actividad de las MVA. De hecho, su aplicación prolongada (especialmente en monocultivos) disminuye notablemente la presencia de las MVA en los sistemas agrícolas, conllevando la pérdida de la diversidad de hongos micorrízicos presentes en el suelo y la selección de especies de MVA menos mutualistas (Johnson, 1993; Johnson *et al.*, 1992).

La aplicación de fungicidas y de plaguicidas con fines fitosanitarios también tiene efectos en las MVA, los cuales no son fácilmente predecibles debido a la complejidad de interacciones que se establecen en la comunidad de organismos del suelo (Sieverding, 1991).

La mayoría de las plantas de interés agronómico como el cacao, café, coco, algodón, cebolla, ajo, yuca, papa, todos los cítricos, todas las leguminosas y gran parte de los cereales forman MVA. Sin embargo, no todas estas especies, dependen de la misma manera de las MVA para su crecimiento. Aquellos cultivos con raíces gruesas y pocos pelos radicales, como por ejemplo el ajo, la cebolla, las leguminosas y los cítricos, tienden a ser muy dependientes de las micorrizas y la disminución en la productividad de dichos cultivos puede deberse a un manejo inadecuado de los insumos que se aplican, los cuales pueden conducir a la muerte o desaparición de los propágulos de MVA.

Por lo tanto el uso de estos microorganismos edáficos (MVA) en la agricultura constituye una alternativa promisorio frente a los fertilizantes minerales. Desde el punto de vista ecológico, la utilización y/o aplicación correcta de estos microorganismos permite reducir el uso de energía, la degradación del agroecosistema y las pérdidas de nutrientes de los suelos agrícolas. En adición, se mantiene la capacidad productiva del sistema, se preservan la biodiversidad y se contribuye con una producción más estable y sostenida a largo plazo en equilibrio con el entorno (Hernández, 2000).

En este sentido, la reintroducción y el mantenimiento de las MVA asociadas a los cultivos agrícolas luce como un objetivo deseable con el fin de mejorar su rendimiento y productividad.

6.1 Utilización y efectividad de las micorrizas vesículo - arbusculares.

La utilización de las micorrizas como biofertilizantes no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización se hace más eficiente y puede disminuirse la dosis a aplicar desde comúnmente 50 - 80 % y en ocasiones hasta un 100 %. Se plantea que de las cantidades de fertilizantes aplicadas, sólo se aprovecha un 20 %, y el resto normalmente se filtra o se lixivia sin remedio; con la aplicación de las micorrizas, puede ser recuperado por las plantas un porcentaje mucho mayor; ya que un pelo radical, puede poner a disposición de una raicilla, los nutrientes y el agua que se encuentra hasta 2 mm de la epidermis, las hifas del micelio extramático de las MVA pueden hacerlo hasta 80 mm, lo que representa para la misma raicilla la posibilidad de explorar un volumen de suelo hasta 40 veces mayor (Pérez, M. E et al., 2000).

El beneficio reportado por el uso de las asociaciones micorrízicas vesículo-arbusculares en el crecimiento de las plantas resulta espectacular, particularmente en suelos tropicales, deficientes en fósforo (P) asimilable y en donde el potencial de explotación de éstas es mucho mayor que en regiones de clima templado (Fredeen *et al.*, 1989; Sieverding, 1991).

Al estudiar la biofertilización como alternativa para la nutrición mineral del tomate en la etapa de semillero, Medina (1994), logró los mayores incrementos en la

variante que disponía de los requerimientos de NPK más el *Azotobacter chroococcum*, aunque fueron inferiores cuando se utilizó el *Azospirillum brasilense* o el hongo *Glomus manihotis*, permitiendo la coinoculación con estos dos últimos microorganismos la sustitución del 50 % del fertilizante requerido en la etapa de plantación.

Las investigaciones encaminadas a determinar la efectividad de inocular cepas de hongos MVA en las diferentes especies vegetales son muy promisorias para el desarrollo de una agricultura moderna, la cual necesita métodos que conduzcan a obtener producciones mayores o al menos sostenibles teniendo en cuenta todos los componentes del agroecosistema. Numerosos son los estudios que a lo largo de los años, han utilizado los diferentes géneros de *Glomales*, destacándose el género *Glomus* por su eficiencia micorrizógena, su plasticidad ecológica y la tolerancia a las prácticas agrícolas, aún bajo condiciones adversas.

7. Posibilidades de aplicación

En el tema ambiental hoy se abre un mundo de posibilidades de aplicación, con el respaldo de investigaciones y experiencias prácticas llevadas a cabo por un equipo de especialistas del más alto nivel. Entre otras, son posibles las siguientes aplicaciones:

- La bioremediación y reforestación de suelos contaminados con metales pesados e hidrocarburos.
- La estabilización de relaves mineros y sedimentos de residuos industriales sólidos, así como el control de la erosión hídrica y eólica mediante la generación de cubiertas vegetales.
- La recuperación de estrata herbácea afectada por faenas mineras e industriales. Transplante de bofedales, bosquetes y formaciones vegetales nativas.
- La generación de cubiertas vegetales y/o reforestación de espacios ambientalmente desfavorables: stress hídrico y salino, extremos de pH, exceso de viento, altas pendientes, entre otras.

Conclusiones

1. Según la estructura de la micorriza formada, estas se clasifican en: *Ectomicorrizas* o formadoras de manto; *Ectendomicorrizas*, que incluye *Arbutoides* y *Monotropoides*; y las *Endomicorrizas*.
2. Las Micorrizas Vesículo – Arbusculares (MVA) son las de mayor importancia y las que más ampliamente se encuentran distribuidas (tanto a nivel geográfico como dentro del Reino Vegetal).
3. Las Micorrizas Vesículo – Arbusculares (MVA) propician un mayor aprovechamiento de los fertilizantes y nutrientes del suelo, favorecen una mayor captación de agua, estimulan el crecimiento aéreo y radical de los cultivos, lo protegen de ciertos agentes patógenos y mejoran la estructura del suelo.

Datos del autor

Ing. Víctor Manuel Vacacela Quizhpe.

Universidad de Pinar del Río “Hnos Saíz Montes de Oca”

Facultad de Forestal y Agronomía

Carrera Agronomía

Aspirante al título académico de Master en Agroecología y Agricultura Sostenible.

Nacionalidad: Ecuatoriana

Email: waman21@ext.upr.edu.cu

Bibliografía

1. Frank, A.B. 1885. Ueber die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Baume durch unterirdische Pilze. Berichte der Deutsch Botanische Gesellschaft 3: 128-145
2. Fredeen, A.L. et al. 1989. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in Glycine max. Plant Physiol. 89: 225-230.
3. Hernández, M. I. 2000. Las micorrizas arbusculares y las bacterias rizosféricas como complemento de la nutrición mineral de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [Tesis de Maestría], INCA.

4. Johnson, N. C. 1993. Can fertilization of soil select less mutualistic mycorrhizas? *Ecological Applications* 3: 749-757.
5. Johnson, N. C., Tilman D. y Wedin D. 1992. Plant and soil controls on mycorrhizal fungal communities. *Ecology* 73: 2034-2042.
6. Medina, N. 1994. Evaluación agronómica de diferentes biofertilizantes en la nutrición mineral del Tomate (*Lycopersicum sculentum*, Mill) En: Resúmenes IX Seminario Científico INCA.
7. Miller, R. M. y Jastrow J. D. 2000. Mycorrhizal fungi influence soil structure. En: *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function* (Y Kapulnik y DD Douds Jr, eds), pp 3-18. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
8. Morton, J. B. y Redecker, D. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two genera Archaeospora and Paraglomus, based on concordant molecular and morphological characters. *Mycologia* 93:181-195.
9. Morton, J. B. y Benny G. L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37:471-491
10. Pérez, M. E., et al. 2000. Tecnología para la eliminación del bromuro de metilo. Semillero de tabaco con substrato orgánico y uso de medios biológicos. Instituto de investigaciones de Sanidad Vegetal. MINAGRI, p. 16-30.
11. Read, D.J. Mycorrhiza. 1999. The state of the art. En: *Mycorrhiza* 2nd. (A. Varma y B. Hock, eds.). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. p. 3-34.
12. Robson, D y Abdot, L. K. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. *Agric. Ecosystems Environ.* 35:121-150.
13. Sieverding, E. 1991. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza in Tropical Agrosystem. Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit (GTZ) GMBH, federal Republic of Germany. 371 p.
14. Smith, S.E. y Jakobsen I. 2000. Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago truncatula*. *New Phytologist* 147:357-366.