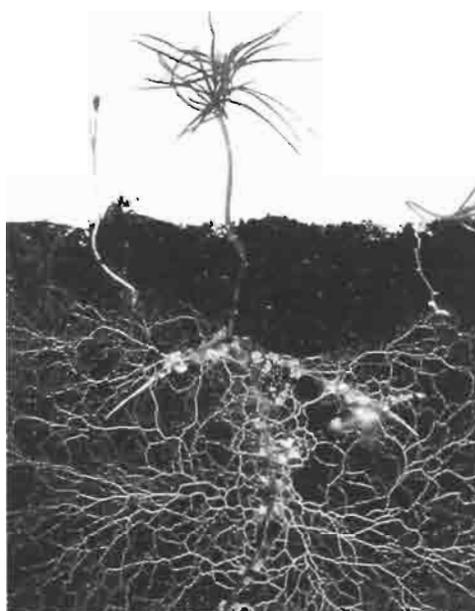


Las micorrizas, nuestras aliadas ocultas

► Texto: Javier Melgares de Aguilar CORMENZANA y David González Martínez

Quienes amamos a la Naturaleza sabemos de la importancia que juega la tierra –en concreto la capa cultivable a la que llamamos suelo–, en el mantenimiento de los ecosistemas, y en las funciones básicas del reciclaje de la energía. La tierra no es algo inerte, precisamente son los organismos vivos que en ella viven los que hacen posible su fertilidad y entre estos organismos están un tipo de hongos formadores de micorrizas que, como veremos, pueden ser grandes aliados de las plantas cultivadas



En la tierra se inicia y finaliza la vida para volver a empezar de nuevo. Los principales responsables son los microorganismos que la habitan y le dan vida, con sus relaciones o interacciones (asociación, predación, competencia, etc. entre los organismos vivos) dotándole de un equilibrio.

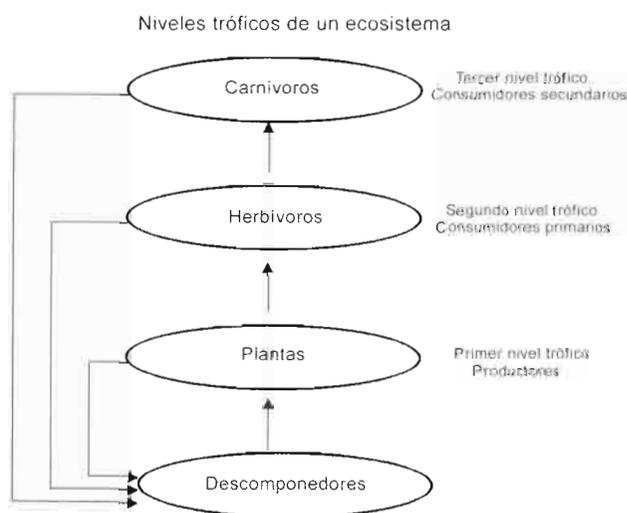
La tierra de labor o suelo no es algo inerte, en ella existen multitud de organismos. Por término medio un buen suelo está formado por un 93% de mineral y un 7% de sustancias orgánicas. La parte orgánica está compuesta por un 85% de humus, un 10% de raíces y un 5% de organismos vivos, principalmente hongos, bacterias, gusanos, arácnidos e insectos.

En los ecosistemas agrícolas convencionales el suelo ejerce una función casi exclusiva de sostén de las plantas, no se imita a la Naturaleza en sus flujos de energía. Con frecuencia se hacen extracciones de energía y se restituyen mediante materias sintéticas casi siempre contaminantes –tanto en su proceso productivo como en sí mismas–, lo que contribuye a la degradación de sus propiedades. Se olvida el papel fundamental que juega la materia orgánica como elemento dinamizador de las distintas especies que lo habitan.

Los cultivos de estos sistemas convencionales requieren continuos cuidados, porque se desarrollan en un ecosistema muy modificado, inestable y desequilibrado, se fuerza a los cultivos a tal extremo que son irresistibles a los fitó-

fagos y ahí se acaba la cadena trófica en muchos casos, ya que todo lo que no sea cultivo son malas hierbas o “bichos”.

La agroecología, aun siendo consciente de la alteración inevitable que se comete con la actividad agraria, intenta imitar al máximo los ciclos naturales mediante aportes continuos de materia orgánica, bien del propio ecosistema o restituyendo lo extraído, conservando así la diversidad microbiótica de los suelos, que es fuente de equilibrio y origen de la salud y productividad de los mismos.





Principales tipos de hongos en el suelo

Los hongos son seres dependientes que no tienen clorofila. Normalmente obtienen la energía descomponiendo la materia orgánica del sustrato donde se desarrollan. En función de la naturaleza de éste se pueden clasificar en:

Saprofitos. Junto con las bacterias y otros microorganismos constituyen elementos básicos en la función recicladora, ya que son capaces de atacar la lignina y celulosa de los vegetales, descomponiéndola y poniendo a disposición de los vegetales los nutrientes que estos necesitan para su desarrollo. Pero es importante considerar que en función del contenido de materia orgánica de los suelos y de las condiciones ambientales, algunos pueden llegar a cambiar de hábitos y convertirse en patógenos de las plantas cultivadas.

Patógenos. Son aquellos que obtienen los nutrientes de un hospedador al que debilitan y pueden acabar matando, como por ejemplo el mal blanco (*Armillaria mellea*), el mildiu (*Phytophthora sp*) etc.

Simbióticos. A diferencia de los anteriores, las sustancias orgánicas necesarias para su actividad las extraen de un hospedador, que en contrapartida recibe una contraprestación, de modo que ambos salen beneficiados.

Si de entre todas las relaciones simbióticas que se dan en los ecosistemas naturales en el ámbito del suelo tuviésemos que elegir una por su estricta dependencia, sin lugar a dudas sería la de los hongos micorrícicos. Con este nombre se define a los organismos pertenecientes al reino

Beneficios potenciales de las micorrizas

En la literatura científica mundial son cientos las citas que existen sobre los beneficios que las micorrizas aportan a las plantas cultivadas. Entre ellos podemos destacar:

- ▶ Mejora en la absorción de nutrientes, principalmente fósforo y nitrógeno.
- ▶ Mejora en la absorción de agua y aumento de la resistencia a condiciones de estrés hídrico.
- ▶ Aumento de la resistencia a condiciones de cultivo salinas.
- ▶ Incremento de la resistencia frente a hongos patógenos del suelo por su efecto antagónico. Una raíz colonizada por un hongo micorrícico es más difícil que sea colonizada por un hongo patógeno.
- ▶ Mejoras en la estructura del suelo, ya que exudados producidos por los hongos micorrícicos, hacen en cierto modo de agregadores, evitando la pérdida de estructura.
- ▶ Se citan ciertos efectos hormonales sobre las raíces, que aumentan su desarrollo y el de toda la planta.

Fungi, capaces de establecer una asociación mutualista entre las raíces de una especie vegetal y el micelio del hongo, constituyendo un nuevo órgano funcional subterráneo, del que se sirven ambas especies.

En este artículo vamos a tratar fundamentalmente de los hongos formadores de micorrizas.

Mycos, hongo y rhizos, raíz

La palabra micorrizas, de raíz griega, define la simbiosis entre un hongo y las raíces de una planta. Como en toda relación simbiótica, los participantes obtienen beneficio. En este caso la planta recibe del hongo principalmente nutrientes minerales y agua, y el hongo obtiene de la planta hidratos de carbono que él por sí mismo es incapaz de sintetizar mientras que ella lo puede hacer gracias a la fotosíntesis.

En la Naturaleza esta simbiosis se produce espontáneamente. Cerca del 95% de las plantas superiores llegan a formar micorrizas en sus raíces.

Es posible que un mismo hongo forme la micorriza con más de una planta a la vez, estableciéndose de este modo una conexión entre plantas distintas.

Gracias a la micorriza la planta es capaz de explorar más volumen de suelo, el que explora con sus raíces, y el que explora el hongo con sus hifas (filamentos).

La infección de la raíz se produce a partir de propágulos presentes en el suelo. Pueden ser esporas y trozos de hifas del hongo y también raíces ya micorrizadas.

Tipos de micorrizas

Aunque se describen hasta siete tipos de micorrizas, sólo trataremos los dos de mayor interés forestal y agrícola.

Ectomicorrizas

En ellas el hongo forma una especie de manto con sus hifas alrededor de las raíces más delgadas de la planta. Las hifas del hongo penetran en la raíz, pero no llegan a introducirse en las células, se desarrollan en los espacios intercelulares de la corteza de las raíces.

Con condiciones atmosféricas adecuadas sus órganos reproductores (carpóforos) pueden sobresalir del suelo, son lo que normalmente conocemos como setas. Los hongos productores de trufas también forman este tipo de micorrizas. Son más frecuentes en especies forestales, tanto en árboles como arbustos y en terrenos con alto contenido en humus.

Se estiman en más de 6.000 las especies de hongos capaces de formar ectomicorrizas. Entre ellos, podemos citar algunos de los comestibles más conocidos como *Lactarius deliciosus* (níscolo, rovellón), *Amanita caesarea* (oronja, boleto rojo), *Pleurotus ostreatus* (seta de chopo) etc., a los que hay que sumar las setas tóxicas y las carentes de interés culinario.

Entre los formadores de trufas tenemos *Tuber nigrum* (trufa negra), *Terfezia claveryi* (turma, trufa del desierto), *Tuber album* (trufa blanca de Italia), etc.

Son muchas las especies vegetales que forman simbiosis con hongos formadores de ectomicorrizas. Podemos citar pinos, abetos, cedros, olmos, castaños, encinas, robles, etc..

Como es bien conocido por los buscadores de setas y trufas, ciertos hongos ectomicorrícicos, tienen predilección por algunas especies vegetales, por lo que si queremos encontrar setas o trufas de una determinada especie debemos buscar en las proximidades de determinados árboles o arbustos, ya que el hongo se desarrolla en sus raíces.

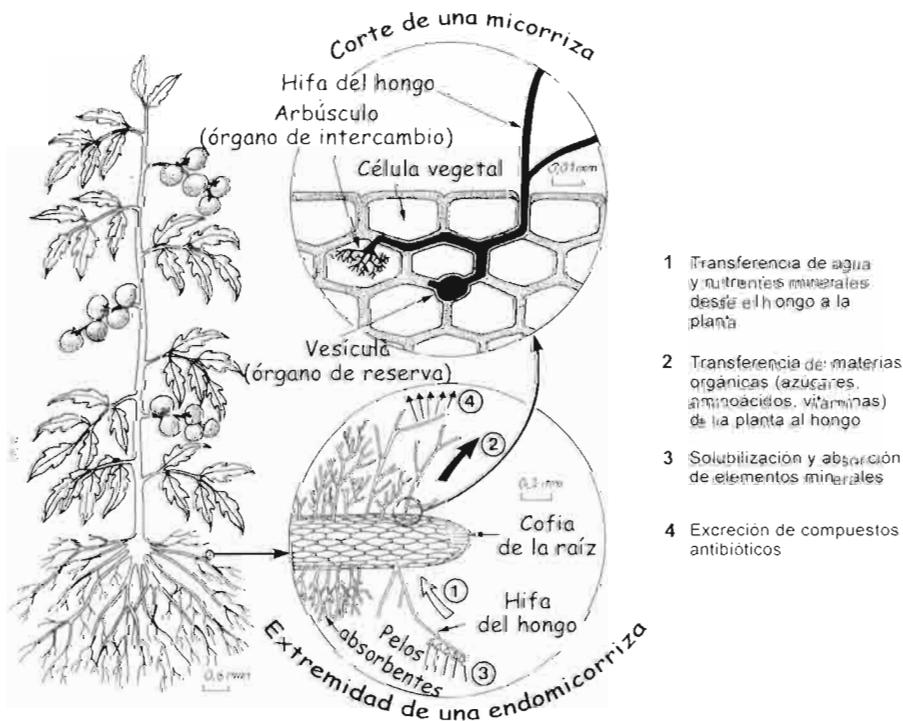
Endomicorrizas

Las hifas de estos hongos penetran dentro de las células de las raíces. No forman ninguna estructura observable a simple vista.

En el dibujo vemos cómo las hifas del hongo penetran en las células y los órganos que forman. Por un lado tenemos los arbuscúlos, que se desarrollan dentro de las células del cortex de la raíz. Es el principal órgano donde se desarrolla el intercambio entre la raíz y el hongo, y por otro las vesículas, que son órganos de reserva.

Las especies de hongos formadores de endomicorrizas no son tan numerosas como las de las ectomicorrizas, tampoco tienen tan marcada su preferencia por un determinado huésped, siendo capaces de formar micorrizas con diversas especies vegetales.

De los usados en agricultura, la mayoría pertenecen al género *Glomus*, entre ellos podemos nombrar *Glomus mosseae*, *G. intraradices*, *G. deserticola*, *G. fasciculatum*. Otros géneros formadores de endomicorrizas son *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, etc.



Fuente: *La Gaceta viajera*, mayo 2000, nº51

¿Por qué interesan en agricultura ecológica?

En terrenos agrícolas gestionados de un modo convencional, el uso de fertilizantes, herbicidas y multitud de labores de suelo, hace que las condiciones naturales del suelo se vean profundamente transformadas, con lo cual las condiciones óptimas para el desarrollo de la simbiosis hongo-raíz desaparecen, no se realizan o lo hacen de forma muy débil. Si a esto añadimos el uso de fungicidas en semillas y plantas, es evidente que en la agricultura convencional no se dan las condiciones óptimas para la simbiosis micorrícica.

En agricultura ecológica, el uso de fungicidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos está prohibido, y se procura realizar labores poco agresivas, por lo que las condiciones son más favorables para la micorriza que en convencional.

Como hemos comentado, con el tiempo casi todas las plantas superiores forman micorrizas, por ello podría pensarse que si ya se produce naturalmente, no deberíamos preocuparnos de más, pero para que la infección micorrícica se produzca de un modo natural se necesita suficiente inóculo del hongo en el suelo, que las raíces de la planta se desarrollen, que la colonización del hongo se produzca etc., y todo eso lleva tiempo. Si estamos cultivando especies hortícolas, que normalmente son de ciclo corto, puede resultar que cuando la simbiosis se establezca, el cultivo ya esté terminando y sus beneficios no repercutan en la producción, por ello es de interés que la planta que utilizemos ya esté micorrizada desde el mismo momento en que realicemos el trasplante.



Si el terreno está degradado por sobreexplotación, uso de técnicas agrícolas convencionales, salinización, etc., es muy posible que no tenga suficiente inóculo, con lo cual las plantas que allí cultivemos no formarán la micorriza o lo harán muy débilmente. En estos casos también es interesante la inoculación de las plantas a cultivar.

¿En qué cultivos son interesantes los hongos micorrícicos?

El grupo de micorrizas de mayor interés en agricultura ecológica son las endomicorrizas, ya que colonizan muchas de las plantas cultivadas.

Es interesante su uso en plantas hortícolas, al ser cultivos de ciclo corto. De todos modos, existen trabajos publicados en los que plantones de frutales (cítricos y olivo) inoculados con endomicorrizas en vivero, tienen un mayor desarrollo en los primeros años del trasplante.

Las familias de hortalizas *Brassicaceae* (col, col china, coliflor, brócoli, etc.), *Chenopodiaceae* (acelga, remolacha, espinaca) y *Cyperaceae* (chufa) parecen no formar simbiosis con hongos endomicorrícicos, por ello su uso en estas familias no tiene en principio interés.

La mayoría de las casas comerciales ofrecen el inóculo en un soporte sólido. Según nuestra experiencia la manera más eficaz y sencilla de aplicarlos en hortícolas es en la siembra. Ya en el sustrato que utilizemos en el semillero le añadiremos el inóculo, de modo que desde el momento en que las raíces emergen de la semilla, entran en contacto con los propágulos del hongo y establecen la simbiosis rápidamente. De esta forma, cuando se trasplanten al campo, su sistema radicular ya estará perfectamente micorrizado y podrá aprovechar todas las ventajas de la simbiosis.

Situación registral de los inóculos

La primera dificultad está en catalogar a los inóculos micorrícicos dentro de una de las categorías existentes, y determinar si cumplen con las exigencias para ser homologados dentro de las mismas. ¿Son fitosanitarios o son fertilizantes? En principio pueden ser tanto fitosanitarios –antagonistas de otros hongos patógenos de las plantas–, como fertilizantes (o mejor, biofertilizantes) al ayudar a la absorción de nutrientes siempre y cuando cumplan con los requisitos exigidos para su inscripción en los correspondientes registros oficiales. De no ser así, no se podrían comercializar como tales, o sea que en la etiqueta se debería obviar que tienen efecto contra tal hongo o agente nocivo.

En la actualidad, los inóculos micorrícicos aparecen en el vademecum de Carlos de Liñán dentro del epígrafe de fungicidas biológicos. Este vademecum no es una publicación oficial. Consultados los Registros Oficiales de Productos y Materiales Fitosanitarios y de Fertilizantes y Afines, en la actualidad no existe ningún registro de inóculo micorrícico inscrito en ellos.

Hay que recordar que los registros oficiales son garantía de contenido, composición, riqueza, seguridad ambiental y eficacia de los productos inscritos. El uso de fitosanitarios o fertilizantes no inscritos en los registros oficiales correspondientes incumple la legislación y las normas de Buenas Prácticas Agrarias, y por tanto puede ser motivo

de retirada o penalización de las ayudas que pudieran recibir los agricultores de la Administración (cereal, agricultura ecológica, lucha contra la erosión, etc.).

Preparar nuestro propio inóculo micorrícico

Partiendo de un inóculo conocido, podríamos aplicarlo a plantas que tengan mucha facilidad para formar micorrizas (sorgo, maíz, etc.), porque el sustrato donde se cultiven estas plantas tiene muchas posibilidades de llevar gran número de inóculos micorrícicos. Si este sustrato lo añadimos al que utilicemos en un semillero, las plantas que obtengamos también tendrán muchas posibilidades de estar micorrizadas.

Con este método podríamos producir nuestro propio inóculo, pero realmente no tendríamos la seguridad del contenido del inóculo autoproducido, no sabríamos su poder infectivo real ni su composición, ya que podría darse el caso de que el hongo micorrícico inicial haya sido desplazado por otra especie, o haber desaparecido por un mal manejo.



Nuestra experiencia en agricultura ecológica

Entre los cultivos que hemos ensayado, el efecto más notable lo hemos obtenido en lechuga. Comparamos lechuga tipo Iceberg inoculada con *Glomus*, con plantas no inoculadas. Durante el cultivo era evidente un mayor desarrollo de las plantas micorrizadas. Al terminar el cul-

tivo tuvimos un aumento de unos 4.000kg netos (lechuga ya para la venta) por hectárea en las parcelas micorrizadas respecto al testigo. Los resultados detallados de este ensayo los presentaremos en el VI Congreso de la SEAE, que tendrá lugar en Almería el próximo mes de septiembre.

En cultivo de melón, el año pasado hicimos una plantación y visualmente se apreciaba un mayor desarrollo y número de flores en las plantas micorrizadas con *Glomus* que en las testigo. Por diversos motivos no pudimos llegar a cuantificar la producción.

En la actualidad tenemos en marcha otro ensayo similar en melón de tipo Galia, cuyos resultados tendremos al final de este verano.

Nuestra conclusión es que los hongos micorrícicos, sobre todo los formadores de endomicorrizas, tienen un gran interés en agricultura ecológica, principalmente por la potenciación del sistema radicular de muchas de las plantas cultivadas, lo que puede hacer que mejoren las producciones.

Es una técnica de aplicación muy interesante en terrenos en reconversión a la agricultura ecológica o con suelos degradados por diversas causas.

Su efecto es más evidente en hortalizas, aunque no hay que despreciar sus efectos sobre cultivos leñosos, sobre todo en los primeros años. ■

Sobre los autores

Javier Melgares de Aguilar Cordero (javier.melgaresdaguilar@carm.es) y David González Martínez (david.gonzalez@carm.es) trabajan en la Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente de la Región de Murcia

Los efectos más notables se han dado en las lechugas

Inóculos micorrícicos en el comercio

Sin ser una relación exhaustiva de los inóculos micorrícicos presentes en nuestro mercado, citamos algunos en la siguiente tabla, junto con el nombre comercial. Así mismo existen en España multitud de empresas que comercializan plantones de especies forestales inoculadas con diversos hongos ectomicorrícicos, tanto formadores de setas como de trufas. Buscando un poco por internet no es difícil dar con diez o más empresas de este tipo.

Nombre comercial	Composición según fabricante	Fabricante	Contacto	Comentarios
Ecomic	40 esporas/gramo de <i>Glomus sp</i>	Nat-Trade	www.pro-organic.com	Endomicorrizas
Tri-ton	+ de 200 propágulos/ml (esporas e hifas). Se presenta en arcilla expandida.	Mycosym	www.mycosym.com	Endomicorrizas
Mycohemp	200 Unidades/ml. de Infección	Trade	www.trabe.net	Endomicorrizas
Aegis	+ de 100 propágulos/ml. <i>Glomus intraradices</i>	Agronutrientes especiales	www.ane.es	Endomicorrizas
Aegis Ecto	<i>Pisolithus, Rhizopogon, Scleroderma, Tuber</i>	Agronutrientes especiales	www.ane.es	Ectomicorrizas
Endomax		Biobest	www.biobest	Endomicorrizas
Ektomax		Biobest	www.biobest	Ectomicorrizas
Erimax		Biobest	www.biobest	Micorrizas específicas para ericáceas (brezo ...)
Mycoplant		Bio Bio	www.biobio.es	