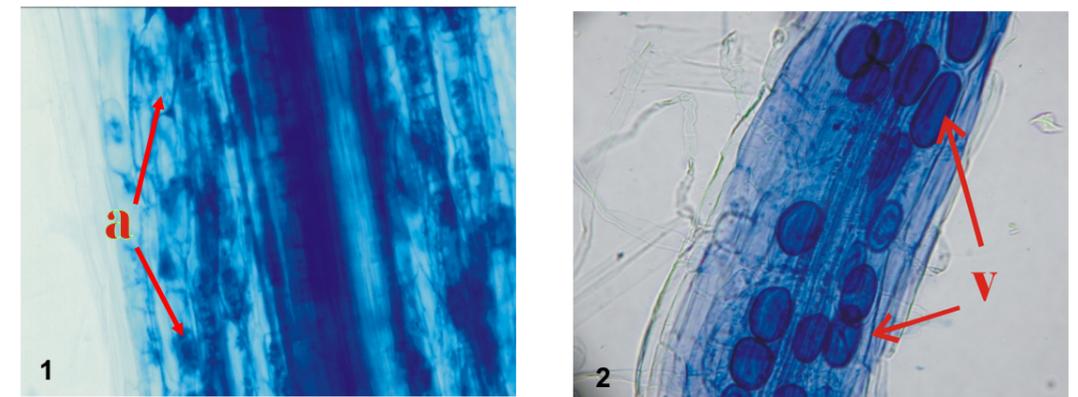


MICORRIZAS ARBUSCULARES

Las micorrizas arbusculares (MA) son simbiosis entre ciertos hongos y las raíces de las plantas. Los hongos que forman esta asociación mutualista son *Glomeromicetos*, que forman un micelio aseptado y se reproducen asexualmente. Se han descrito unas 160 especies.

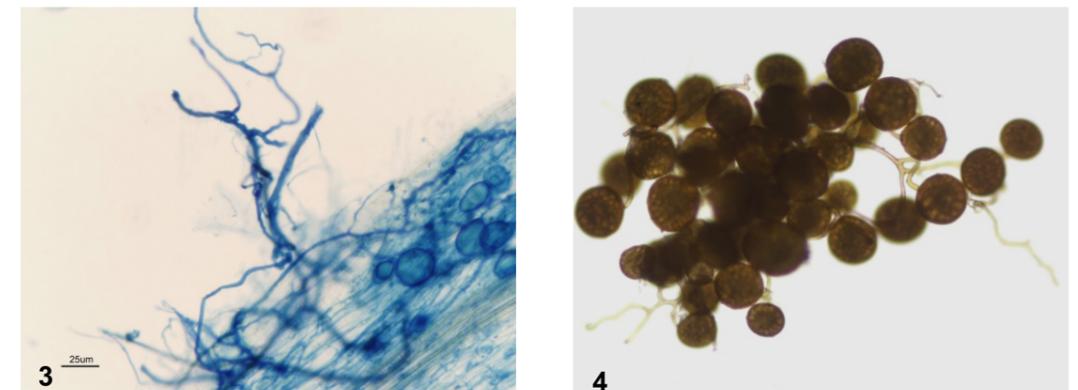
Los hongos MA colonizan los tejidos más externos de la raíz, donde las hifas forman estructuras características, denominadas arbusculos por su similitud con la morfología de los árboles y que son fácilmente reconocibles al microscopio. Algunos hongos MA forman también en la raíz otras estructuras denominadas vesículas, por lo que la simbiosis se conoce también como micorriza vesículo-arbuscular. Mediante tinción en laboratorio, pueden visualizarse hifas, arbusculos y vesículas formadas por los hongos MA en las raíces (figuras 1 y 2).



Figuras 1 y 2: raíces micorrizadas donde se observan arbusculos (a) y vesículas (v).

Los arbusculos son las estructuras típicas de la simbiosis; en ellos tiene lugar un intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo: la planta le cede carbohidratos, y el hongo a cambio le cede nutrientes, principalmente iones fosfato.

Una vez que colonizan las raíces, los hongos MA forman también hifas que se extienden desde la raíz al suelo y se denominan hifas externas (figura 3). El micelio externo forma esporas asexuales, aisladas o en esporocarpos según la especie (figura 4: esporocarpo de *Glomus mosseae*),



que podrán germinar y formar nuevas hifas que colonicen nuevas plantas.

Se estima que cerca del 90% de las plantas forman micorrizas arbusculares, incluyendo las especies cultivadas más importantes en agricultura y horticultura: cereales, leguminosas, frutales, la vid, el kiwi, cebolla, ajo, tomate, pimiento, plantas productoras de flor, etc. Algunas especies forestales también forman esta simbiosis, como el tejo o el eucalipto. Por lo tanto, el estado natural de una planta es estar micorrizada. El 10% restante de plantas pertenecen a familias botánicas que no forman micorrizas. Es el caso de las *Brassicaceae* (ej. col, nabo), *Amaranthaceae* y *Chenopodiaceae* (ej. remolacha), familias que incluyen conocidas especies de malas hierbas.

El micelio externo de los hongos MA que se desarrolla en el suelo, en conexión con el que ocupa la raíz, tiene acceso a nutrientes que se encuentran en zonas del suelo alejadas de la superficie de la raíz y sus pelos radiculares. El micelio externo absorbe fósforo y otros nutrientes minerales, y los cede a la planta a nivel de los arbusculos. Esto hace que una planta micorrizada tenga mejor nutrición mineral y mayor crecimiento que una planta no micorrizada, lo que en las plantas cultivadas se traduce en una mayor producción (figuras 5 a 7).



Figura 5. Efecto de los hongos MA *Acaulospora scrobiculata* y *Glomus deserticola* en el enraizamiento y crecimiento del tejo.



Figura 6. Efecto de los hongos MA nativos en el crecimiento de trébol violeta (E= suelo esterilizado; EM= suelo esterilizado en el que se reintrodujeron los hongos MA del propio suelo).

La mejora del crecimiento y nutrición vegetal no son los únicos beneficios atribuidos a la simbiosis. Se ha demostrado que las micorrizas arbusculares aumentan la tolerancia de las plantas a distintos tipos de estrés, tanto abiótico (sequía, exceso de metales pesados en el suelo, etc.) como biótico (enfermedades causadas por hongos y nematodos). Los hongos MA pueden por tanto jugar un papel importante en la protección integrada de muchos cultivos (figura 8).

Además las hifas de los hongos MA excretan un compuesto carbonado llamado glomalina,



Figura 8: Efecto del hongo MA *Glomus aggregatum* en la protección de camelia frente a la podredumbre de raíz causada por *Armillaria mellea*. De izquierda a derecha: planta control, planta inoculada con *Armillaria*, planta inoculada con *Glomus aggregatum*, planta inoculada con *Glomus aggregatum* y *Armillaria*.

que favorece la formación de agregados entre partículas del suelo, contribuyendo así a una mejor y más estable estructura de ese suelo.

Los hongos MA están en la mayoría de los suelos, por lo que las plantas se benefician habitualmente de la simbiosis especialmente en hábitats naturales. Esto no sucede siempre en el caso de las especies cultivadas, ya que distintas prácticas agronómicas y viverísticas inciden negativamente en la supervivencia de los hongos en el suelo y en su potencial para formar la simbiosis con las plantas. El laboreo convencional, la esterilización de sustratos, el abonado con cantidades altas de fertilizantes fosfatados y la aplicación de ciertos fungicidas (benomilo, iprodiona, zineb, cobre, entre otros) puede disminuir o incluso eliminar su presencia en el suelo, dificultando o evitando la formación de micorrizas.

Dados los beneficios que tiene la simbiosis MA para las plantas, hay empresas que comercializan inóculos de hongos MA seleccionados para su aplicación en sustratos donde los hongos MA naturales no estén o estén en poca cantidad. Son productos biológicos relativamente caros para su aplicación extensiva, por lo que se recomiendan sobre todo para la inoculación de superficies de suelo pequeñas y de sistemas de cultivo que utilicen cantidades bajas de sustrato, como semilleros y viveros.

Por ejemplo, se ha demostrado que la inoculación MA en viveros aumenta el porcentaje de material enraizado, modifica la morfología del sistema radicular, que muestra una mayor ramificación (figura 9), y mejora la supervivencia en el transplante.

El inoculante debe aplicarse en la fase inicial de desarrollo de las plantas. La dosis de aplicación dependerá del producto comercial y del tipo de cultivo, y debe venir indicada por el fabricante.

El manejo sostenible de los agroecosistemas debería incluir siempre técnicas con un mínimo impacto sobre los hongos formadores de micorrizas.



Figura 9. Efecto de las micorrizas arbusculares en el enraizamiento de estacas de camelia.