



Los microorganismos del suelo contribuyen al funcionamiento de los ecosistemas terrestres y desempeñan un papel importante en la agricultura, permitiendo la recuperación de suelos dañados y el reemplazo parcial o total de fertilizantes químicos o minerales, además de su bajo costo de producción y la posibilidad de ser producidos a partir de recursos renovables. Entre estos microorganismos se encuentran las micorrizas, una simbiosis mutualista que se establece entre hongos y raíces de las plantas que puede ser de dos tipos distintos: la ectomicorriza, que forma un manto compacto alrededor de las raicillas laterales de algunas plantas, y la endomicorriza, que invade el citoplasma de las raíces de la mayoría de las plantas en la agricultura.

Entre las segundas, la endomicorriza vesículo arbuscular es la más común, ya que se presenta en alrededor de 85% de las especies vegetales del planeta, en todos los ecosistemas, así como en muchos tipos de suelo y climas, lo que indica que están adaptados a diversos hábitats; evidentemente, hay factores físicos y químicos del suelo que pueden restringir su distribución.

Los hongos formadores de micorriza arbuscular comprenden aproximadamente 150 especies, reubicadas taxonómicamente en un nuevo phylum

llamado *Glomeromycota*, con cuatro órdenes y ocho familias. La morfología de las esporas o propágulos producidos por los hongos son la base para la identificación de especies; la forma, la estructura superficial, la estructura citoplasmática, el color, el número y grosor de las paredes son las características que se estudian de las esporas.

Las micorrizas son factores determinantes en la estabilidad de las comunidades de plantas en los ecosistemas y pueden contribuir en la generación de soluciones para enfrentar problemas como la pérdida de productividad en los agroecosistemas, los procesos acelerados de erosión de los suelos y el cambio climático. Su importancia radica en que logran un incremento en la absorción de nutrientes, en la producción de hormonas y clorofila, la vida útil de las raíces y la tolerancia al estrés (abiótico y biótico), mejoran las condiciones del suelo y ayudan al establecimiento de relaciones sinérgicas con otros microorganismos.

Interacción en la rizósfera

El suelo es la capa externa y poco compacta de la superficie terrestre en la que se sustenta la vida vegetal pues en ella las plantas obtienen nutrientes. Es uno de los sitios más dinámicos en interacciones biológi-

cas, en donde los hongos constituyen la biomasa dominante. Su abundancia depende de las características físicas y químicas del suelo, y su supervivencia está influida por la profundidad del suelo, ya que son más abundantes en los primeros 20 cm, y el número de esporas y el grado de radical son menores conforme aumenta la profundidad, al igual que sus posibilidades de colonizar o no los tejidos internos de la planta durante su ciclo de vida.

Se denomina rizósfera a la zona del suelo que rodea la raíz de las plantas y donde se genera la interacción dinámica de raíces y microorganismos; su formación depende de las condiciones físicoquímicas y bio-



lógicas de los suelos, ya que los sistemas radicales sufren modificaciones y cambian el volumen de suelo que tocan, en tiempo y espacio determinados.

Para que la planta crezca en altura requiere un sistema radical que le permita anclaje, colonización del suelo, absorción de nutrimentos, así como su defensa contra patógenos y enfermedades, entre otros. Para desarrollar raíces, la planta parte del carbono orgánico almacenado en la semilla y, tan pronto empieza a fotosintetizar, continúa a partir de las moléculas producto, fotosintatos que, además de formar raíces y permitir su metabolismo, liberan una parte al suelo a través de exudados radicales que son compuestos repelentes, inhibidores o biocidas segregados por las raíces, conocidos como rizodeposiciones, es decir, sustancias o estructuras celulares que son cedidas por las raíces

al suelo rizosférico. Los exudados cumplen diferentes funciones en el establecimiento de la interfase raíz-suelo-raíz y originan un efecto rizosférico multipropósito. La colonización de los suelos por los hongos micorrízicos arbusculares y la formación de la micorriza depende del establecimiento de la rizósfera para la colonización del suelo.

La presencia de las micorrizas puede ser nula o escasa en suelos con problemas de erosión debido a que la superficie donde habitan los hongos se pierde, al igual que en aquellos fumigados o con aplicaciones de plaguicidas en grandes cantidades y en suelos perturbados por la actividad mineral. Así también, el grado de compactación del suelo repercute en la presencia y supervivencia de los hongos micorrízicos.

Los hongos saprobios, aquellos que obtienen sus nutrimentos a partir de materia-

les orgánicos inertes como restos vegetales y animales, al igual que las bacterias, desintegran la materia orgánica. Son los agentes más importantes en la descomposición de la celulosa, hemicelulosa, pectina y lignina provenientes de los residuos vegetales. Las enzimas que descomponen la lignina (peroxidases) también contribuyen a la descomposición de xenobióticos (compuesto químico que no forma parte de la constitución de los organismos vivos) como plaguicidas, fertilizantes químicos e hidrocarburos que se encuentren contaminando el suelo.

Existen microorganismos que son patógenos vegetales y producen daños considerables en los cultivos. Ciertos hongos en el suelo pueden prevenir la infección de las plantas debido a que son antagonistas a tales patógenos, esto es, compiten con ellos por nutrimentos y producen compuestos inhibi-



La micorriza arbuscular como alternativa biotecnológica en la agricultura

Damián Cárdenas Hidalgo



torios como metabolitos secundarios y enzimas extracelulares. Se ha observado que ciertos hongos del suelo producen compuestos que estimulan las defensas de las plantas y mejoran la resistencia a patógenos, y hoy día forman parte de los bioplaguicidas que representan una alternativa importante para disminuir el uso de químicos contra los fitopatógenos.

Asimilación de minerales

En la biósfera, los hongos participan en la degradación de la materia orgánica, contribuyendo así a la fertilidad del suelo pues forman parte del ciclo del carbono. Los hongos saprobios son agentes importantes en los procesos de mineralización, como la amonificación en el ciclo del nitrógeno y la transformación de moléculas de

gran tamaño a más pequeñas o hasta CO_2 .

El suelo es favorecido por la actividad de los hongos micorrízicos arbusculares; así, su estabilidad se incrementa por los filamentos cilíndricos que conforman la estructura del cuerpo de los hongos multicelulares (hifas), ya que permiten la agregación de las partículas del suelo, lo que evita su pérdida agentes de erosión. La actividad de los hongos micorrízicos hace que las poblaciones microbianas sean modificadas, esto es, participan como agentes reguladores de microbiota benéfica y patogénica e influyen en la dinámica y fertilidad del suelo.

Las micorrizas aumentan asimismo la actividad fisiológica vegetal, pues incrementan el área radical y absorben N, P, K, Ca y otros nutrientes con mayor eficiencia, producen hor-

monas y antibióticos que estimulan el desarrollo radical y merman las poblaciones microbianas adversas, y transforman ciertos complejos minerales y sustancias orgánicas del suelo en nutrientes para las plantas. El manto fúngico forma una barrera física que aumenta la tolerancia al daño mecánico, las altas temperaturas, pH extremos, toxicidad por sustancias nocivas y, sobre todo, protege del ataque de fitopatógenos.

La micorrización induce cambios morfológicos y fisiológicos en la planta, esto propicia un incremento en el área de absorción de la raíz, lo que mejora sustancialmente la de nutrientes, principalmente fósforo y agua. Las raíces micorrizadas son capaces de solubilizar fuentes insolubles de fósforo y presentan mayor longevidad y tolerancia a la contaminación por metales





pesados que las raíces no micorrizadas.

Las recomendaciones de fertilización con macronutrientes y otras prácticas agronómicas no deben realizarse solamente pensando en los altos rendimientos esperados, sino también con base en la población y actividad biológica de los diferentes microorganismos. La actividad de la biota del suelo, incluidas las micorrizas, es beneficiosa, a pesar de que no producen iguales resultados que los obtenidos con la fertilización química. El compo-

nente biológico debe considerarse dentro del manejo integrado de los suelos para alcanzar niveles de productividad rentables sin deterioro de los agroecosistemas, esto es, sustentable.

Conclusión

El estudio y la investigación que se ha realizado en los microorganismos del suelo, como las micorrizas, nos permite entender nuestro entorno natural y valorar los ecosistemas de los que el ser humano forma parte. La aplicación de microorganismos como las micorrizas en

los sistemas de producción agropecuarios es una alternativa tecnológica que disminuirá el uso irracional de fertilizantes y agroquímicos, y evitar el excesivo deterioro del medio ambiente.

Existe cierta biotecnología agrícola interesada en la generación de nuevas tecnologías con la finalidad de reducir el uso de productos químicos peligrosos y prácticas agrícolas que tienen efectos perjudiciales en el entorno, manteniendo o aumentando los rendimientos. Los beneficios que se han expuesto en cuanto al uso de micorrizas en los cultivos muestran que esta línea de investigación biotecnológica presenta grandes expectativas de desarrollo y aplicación en los sistemas de producción intensivos en nuestro país. El fin es obtener alimentos más sanos y de mayor calidad con un menor impacto ambiental, económico y social. 🌱



Damián Cárdenas Hidalgo

Centro Universitario Tenancingo
Universidad Autónoma del Estado de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, L. K. y A. D. Robson. 1991. "Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas", en *Agric. Ecosystems Environ.*, vol. 35.
- Alexander, M. 1977. *Introduction to soil microbiology*. 2a. ed. John Wiley & Sons, Nueva York.
- Bolaños, M., C. Rivillas y S. Suárez. 2000. "Identificación De Micorrizas Arbusculares En Suelos De La Zona Cafetera Colombiana", en *Mycorrhiza*, vol. 25, núm. 5, pp. 387-397.
- Schenck, N.C., J. Siqueira y R. Olvera. 1989. "Changes in the incidence of mycorrhizal fungi with changes in the ecosystems", en *Interrelationships between microorganisms and plant in soil*, V. Vancura (ed.), Elsevier, Nueva York.

Schüßler, A., D. Schwarzott y C. Walker. 2001. "A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution", en *Mycol. Res.*, vol. 104, pp. 1413-1421.

Waksman, S. A. 1961. *The Actinomycetes. Clasification, Identification and Description of Genera and Species*. William & Wilkins, Baltimore.

Wainwright, M. 1992. *An introduction to fungal biotechnology*. John Wiley & Sons, West Sussex.

IMÁGENES

P. 26 arriba: Julia; abajo: Richard Blackstar. P. 27: Chuey. P. 28 y 29: autor desconocido; abajo: Pony Reinhardt.