

Citar como:

Ortega Larrocea, Pilar. 2015. El suelo: hábitat de interacciones maravillosas. CONABIO. Biodiversitas, 122:10-13.

## EL SUELO

### hábitat de interacciones maravillosas

PILAR ORTEGA LARROCEA\*

¿Alguna vez han escuchado la palabra *micorriza*? No se refiere a los monos riendo. Alude a las interacciones que ocurren en el suelo entre algunos hongos especiales y todas, o casi todas, las plantas que crecen en el mismo. Las micorrizas, del griego *mikes* hongo y *rhiza* raíz, son las interacciones planta-microorganismo que se han dado desde la colonización del medio terrestre de las plantas en el planeta. En efecto, esta simbiosis trata de una *coevolución* ancestral en donde diversos grupos de hongos han participado en ayudar a las plantas a establecerse en el ambiente terrestre mientras, también, los suelos han evolucionado. De ahí que actualmente no se conciba la existencia de un suelo donde no haya micorrizas; de hecho, los bosques sin micorrizas no existirían. Pero *¿por qué tanta importancia a estas relaciones?* El suelo, reservorio de nutrimentos para los seres vivos, requiere la presencia de una gran cantidad de microorganismos que ayuden a reciclarlos y hacerlos accesibles a otros seres vivos. Y así ocurre con muchos hongos y bacterias degradadores que facilitan el intercambio de nutrimentos que pasan de organismo a organismo o quedan liberados en la materia orgánica en formas más disponibles. En el caso de las micorrizas, éstas ayudan a las plantas a adquirir tasas más elevadas de compuestos retenidos en el suelo y, de esta forma, el hongo recibe a cambio la energía fijada de la fotosíntesis, cobrando con bonos de carbono por su trabajo.<sup>1</sup> A la vez que las plantas reciben macronutrientes como nitrógeno o fósforo de manera más rápida a través de los hongos, también pueden absorber otros elementos cuya concentración en los suelos es todavía menor. Sin embargo, esta facilidad de absorber elementos del suelo también podría verse revertida cuando existen en el mismo en concentraciones excesivas. Y es aquí donde el hongo tiene un papel *bioprotector* porque evita que las plantas tomen en cantidades que pudieran ser nocivas a algunos elementos. El hongo retiene en sus hifas contaminantes y, de esta manera, no se traslocan o transfieren a las partes aéreas, como pueden ser los frutos, que pudieran afectar a la salud humana por su ingesta en el caso de las plantas comestibles. De ahí la importancia de que las micorrizas puedan ser utilizadas en la restauración ecológica por suelos impactados por contaminación química. Varios ejemplos podemos citar al respecto, como los suelos contaminados por



Interacción de un pino con una ectomicorriza (*Amanita muscaria*) en el suelo mostrando amplificado un ápice de la raíz modificada donde el hongo la recubre y de donde parte el micelio externo para explorar la matriz edáfica.

Ilustración: © Elem-Chou Productions

aguas residuales en el Valle del Mezquital en el estado de Hidalgo. Aquí, existe el distrito de riego más grande y antiguo del mundo en donde el aporte diario de las aguas negras provenientes de la ciudad de México aumenta las concentraciones de nutrientes en los suelos que han sido convertidos a la agricultura y

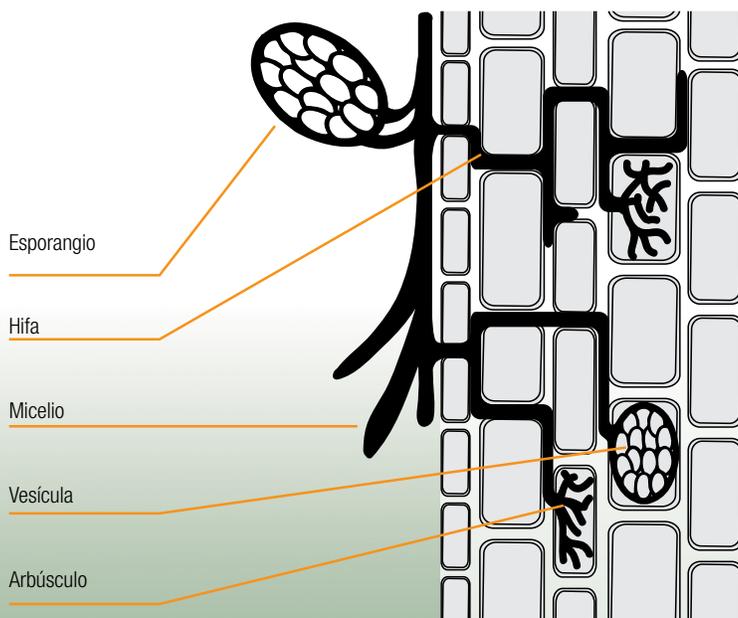
a donde llegan dichas descargas.<sup>2</sup> Tales nutrientes, como el fósforo que proviene de los detergentes y de los jabones que usamos a diario, y diversos metales pesados de los lodos residuales quedan retenidos en las raíces de las plantas siendo así menos disponibles a los tejidos aéreos de los cultivos.<sup>3, 4</sup>



En otros ecosistemas que han sufrido contaminación ambiental como los jales producto de la explotación minera, las micorrizas también tienen un papel importante. En estos residuos, la cantidad de elementos potencialmente tóxicos, como arsénico, plomo, etc., quedan disponibles al ambiente y pueden tener un efecto en la salud humana por lo que deben ser estabilizados en los jales a través de la aforestación con plantas que puedan soportar condiciones extremas y ayudadas por esta simbiosis.<sup>5</sup> Ahondando en esto, se demostró, bajo condiciones experimentales, que las micorrizas pueden regular genéticamente la toma de arsénico al absorberlo en su micelio y excretarlo en una forma menos tóxica al sustrato.<sup>6</sup>

Algunos suelos sufren otros tipos de impacto distintos al de la degradación química por contaminantes; la degradación física también puede ser asistida por las micorrizas. Tal es el caso del bosque tropical seco de Chamela, en el estado de Jalisco, donde las micorrizas desempeñan un papel muy importante en mantener la estabilidad de los agregados del suelo.<sup>7</sup> El efecto de la roza, tumba y quema, la conversión de selva a pastizal y el pisado del ganado deterioran la estructura del suelo haciéndolo susceptible a la erosión. Las micorrizas estabilizan los agregados no sólo a través de su micelio, sino también por medio de la excreción de una proteína resistente que se conserva a largo plazo en el almacén edáfico y que sirve además en el secuestro de carbono. Éste es otro papel en el que los microorganismos del suelo participan de manera crucial que va más allá de sus relaciones directas con las plantas.

Ilustración que muestra una endomicorriza arbuscular en donde se observa el hongo dentro de las capas internas de la raíz de la planta sin modificar su estructura.



En otro tipo de bosques no estacionales, como el bosque de pino encino en el corredor biológico Chichinautzin en los estados de México y Morelos, el cambio de uso de suelo y la extracción del mismo para la venta han producido un impacto considerable en los incendios forestales, en la pérdida de infiltración y de diversidad biológica, y han disminuido la abundancia de hongos micorrízicos que pueden ser usados como un recurso comestible alternativo en el lugar. Las gimnospermas requieren de las micorrizas casi de manera obligada para subsistir, sobre todo en bosques en los que los suelos pueden llegar a tener escasos centímetros de profundidad y soportan el crecimiento de árboles de unos cuantos metros de alto. El estrés hídrico que sufren los árboles en estos biomas se ve en gran parte reducido a través de las micorrizas, así como de la adquisición de nutrientes provenientes de la materia orgánica del escaso suelo. La diversidad de hongos está en función de los contenidos de carbono y nitrógeno de los suelos que, a su vez, han sufrido un proceso evolutivo que está relacionado con la antigüedad de las erupciones volcánicas.<sup>8, 9, 10, 11</sup>

Otro ejemplo interesante en donde las micorrizas desempeñan un papel fundamental en la salud de los edafosistemas es el ecosistema protegido en la reserva urbana Ecológica del Pedregal de San Ángel, que constituye un refugio de la orquideoflora del sur del valle de México y se encuentra en las instalaciones de la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma de México. Este ecosistema corresponde a matorral xerofítico en el que existen algunas orquídeas terrestres cuya fragmentación de hábitat las hace vulnerables a la desaparición. Las orquídeas en el inicio de su ciclo de vida son completamente dependientes de las micorrizas (micotrofia obligada) en el momento de la germinación de las semillas. Sin sus micorrizas, las orquídeas no podrían llegar a establecerse como plantas adultas, y encontrar el hongo adecuado en el suelo al momento de germinar es indispensable para su reclutamiento. Algunas orquídeas en esta reserva han sido descritas como especies únicas, por lo que una alternativa para rescatar su germoplasma y a las poblaciones nativas es el aislamiento de los simbiontes micorrízicos para llevar a cabo la propagación masiva *in vitro* de las plantas.<sup>12</sup> Las plantas simbióticas o con micorrizas han demostrado tener una supervivencia significativamente mayor en el tiempo al ser reintroducidas en su hábitat natural.<sup>13, 14, 15</sup>

De hecho, un fracaso o mortalidad elevada se registran sistemáticamente en el cultivo de plantas que no ha usado las micorrizas en su propagación, y afecta

principalmente a los programas gubernamentales de reforestación de bosques.<sup>16</sup> Esto se debe no sólo a que las micorrizas permiten una mejor nutrición mineral en el momento de establecerlas en los suelos; también se debe a que, al ocupar un nicho ecológico en las raíces de las plantas, evitan que otros microorganismos, que pueden ser patógenos, se establezcan en las mismas. Sin embargo, el hecho más notable es que, cuando se establece la simbiosis, las plantas regulan sus vías metabólicas al encender genes que se ven activados con la simbiosis, lo cual no puede ser sustituido por la aplicación de ningún fertilizante químico en el suelo.<sup>17</sup> No por nada todas las plantas en cualquier ecosistema presentan micorrizas, por lo que el estudio de las plantas sin micorrizas es el estudio de artefactos.

### Agradecimientos

Proyectos PAPIIT-IT101812 y PAPIIME-PEI108915, DGAPA-UNAM.

### Bibliografía

- <sup>1</sup> Smith S.E., D.J. Read. 2010. *Mycorrhizal Symbiosis*. Ámsterdam, Elsevier Science.
- <sup>2</sup> Ortega Larrocea M.P., C. Siebe. 2009. "Historia de la utilización de las aguas residuales en el Valle del Mezquital, Hidalgo, y su efecto en la simbiosis micorrízica arbuscular", en J. Álvarez Sánchez (ed.), *Ecología de micorrizas arbusculares y restauración de ecosistemas*. México, Facultad de Ciencias-Universidad Nacional Autónoma de México.
- <sup>3</sup> Ortega-Larrocea M.P., C. Siebe, G. Bécard, I. Méndez y R. Webster. 2001. "Impact of a century of wastewater irrigation on the abundance of arbuscular mycorrhizal spores in the soil of the Mezquital Valley of México", *Applied Soil Ecology* 16(2): 149-157.
- <sup>4</sup> Ortega-Larrocea M. P., C. Siebe, A. Estrada y R. Webster. 2007. "Mycorrhizal inoculum potential of arbuscular mycorrhizal fungi in soils irrigated with wastewater for various lengths of time, as affected by heavy metals and available P", *Applied Soil Ecology* 37: 129-138.
- <sup>5</sup> Ortega-Larrocea, M.P., B. Xoconostle Cázares, I. E. Maldonado Mendoza, R. Carrillo González, J. Hernández Hernández, M. Díaz Garduño, M. López Meyer, L. Gómez Flores y M.C.A. González Chávez. 2010. "Plant and fungal biodiversity from metal mine wastes under remediation at Zimapán, Hidalgo, México", *Environmental Pollution* 158(5): 1922-1931.
- <sup>6</sup> González Chávez, M.C.A., M.P. Ortega Larrocea, R. Carrillo González, M. López Meyer, B. Xoconostle Cázares, S.K. Gomez, M.J. Harrison, A.M. Figueroa López, I.E. Maldonado Mendoza. 2011. "Arsenate induces the expression of fungal genes involved in as transport in arbuscular mycorrhiza", *Fungal Biology* 115(12): 1197-1209.
- <sup>7</sup> Cotler, H. y M.P. Ortega Larrocea. 2006. "Effect of land use on soil erosion in a Mexican tropical dry forest", *Catena* 65: 107-117.

- <sup>8</sup> Reverchon, F., M.P. Ortega Larrocea y J. Pérez Moreno. 2010. "Saprophytic fungal communities change in diversity and species composition across a volcanic soil chronosequence at Sierra del Chichinautzin, Mexico", *Annals of Microbiology* 60(2): 217-226.
- <sup>9</sup> Reverchon, F., M. P. Ortega Larrocea, J. Pérez Moreno, V.M. Peña Ramírez y C. Siebe. 2010. "Changes in community structure of ectomycorrhizal fungi associated to *Pinus montezumae* across a volcanic chronosequence at the sierra del Chichinautzin, Mexico", *Canadian Journal Forest Research* 40(6): 1165-1174.
- <sup>10</sup> Reverchon, F., M.P. Ortega Larrocea y J. Pérez Moreno. 2012. "Soil factors influencing ectomycorrhizal sporome distribution in neotropical forests dominated by *Pinus montezumae*, Mexico", *Mycoscience* 53(3): 203-210.
- <sup>11</sup> Reverchon, F., M. del Pilar Ortega Larrocea, G. Bonilla Roso y J. Pérez-Moreno. 2012. "Structure and species composition of ectomycorrhizal fungal communities colonizing seedlings and adult trees of *Pinus montezumae* in Mexican neotropical forests", *FEMS Microbiology Ecology* 80(2): 479-487.
- <sup>12</sup> Ortega Larrocea, M.P. 2008. "Propagación simbiótica de orquídeas terrestres con fines de restauración edafocológica", en J. Álvarez Sánchez y A. Monroy Ata (comps.), *Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración*. México, Facultad de Ciencias-Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 85-96.
- <sup>13</sup> Ortega Larrocea, M.P. t M. Rangel Villafranco. 2007. "Fungus-assisted reintroduction and long-term survival of two Mexican terrestrial orchids in the natural habitat", *Lankesteriana* 7(1-2): 317-321.
- <sup>14</sup> Rangel Villafranco M. y M.P. Ortega Larrocea. 2007. "Efforts to conserve endangered terrestrial orchids in situ and ex situ at two natural reserves within Central Mexico", *Lankesteriana* 7(1-2): 326-333.
- <sup>15</sup> Ortega-Larrocea M.P., A. Martínez y V.M. Chávez. 2009. "Conservación y propagación de orquídeas", en A. Lot y Z. Cano Santana (eds.), *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal*. México, Coordinación de la Investigación Científica/Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel-Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 483-495.
- <sup>16</sup> Ortega Larrocea, M.P. y D. González. 2008. "Los hongos asociados a las orquídeas terrestres en la restauración", en G. Heredia A. (ed.), *Tópicos sobre diversidad, ecología y usos de los hongos microscópicos en Iberoamérica*. Xalapa Instituto de Ecología, , pp. 219-227.
- <sup>17</sup> González D. y M.P. Ortega Larrocea. 2008. "Aplicación de métodos filogenéticos en la clasificación, identificación y conservación de los hongos anamorfos", en G. Heredia A. (ed.), *Tópicos sobre diversidad, ecología y usos de los hongos microscópicos en Iberoamérica*. Xalapa, Instituto de Ecología, pp. 129-146.

\* Departamento de Edafología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México; mpol@geologia.unam.mx