

Micorriza para la vida entre metales tóxicos

L. Gilarly **Acosta-Lizárraga**
Ana Angélica **Feregrino-Pérez**

Las ventajas de una sociedad industrializada también han traído problemas ambientales de gran importancia. La Revolución Industrial permitió el avance de la ciencia y la tecnología, que hicieron posible una mejor calidad de vida. Como consecuencia, se generó un crecimiento acelerado de la población a nivel mundial. De la mano de este crecimiento, vino la demanda de energía que, a su vez, trajo el incremento en la cantidad de industrias y la contaminación (Cachada *et al.*, 2018).

Hoy en día, el problema de la contaminación de suelos con metales tóxicos es el resultado de sostener a una población en crecimiento que, antes que energía, requiere de alimento.

La demanda de alimento pronostica un crecimiento de entre 35 % y 56 % hacia 2050, por lo que el sector agrícola debe enfrentarse a la realidad de producir más en menos área o producir en suelo contaminado (van Dijk *et al.*, 2021).

Desafortunadamente, para los consumidores esto puede representar una situación de riesgo, pues se sabe que dichas sustancias son capaces de causar daños graves a la salud humana. Por eso es necesario alentar el conocimiento científico que aporte a la solución de esta problemática. Es ahí donde se inscribe el estudio de la micorriza.



© Gabriela Torres Ruiz. Sin título. Fotografía digital, 2019.

LA MICORRIZA

La micorriza es un tipo de simbiosis dada entre hongos y plantas, en la que el suministro de agua y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo mejoran, mientras las plantas, a cambio, proveen al hongo hasta el 20 % del carbono que han fijado.

Más del 80 % de las plantas terrestres se encuentran en una relación simbiótica con algún hongo, unión que data del periodo Ordovícico, hacia el inicio de la era Paleozoica, más de 200 millones de años antes de la aparición de los dinosaurios.

Esto ha llevado a creer que los hongos micorrícicos fueron de suma importancia para permitir la evolución de las plantas primitivas hacia las formas que conocemos hoy en día (Lalica y Tomescu, 2022).

Existen dos tipos de interacción simbiótica entre hongos y plantas, según la naturaleza de la relación entre las células de ambos individuos.

La interacción superficial entre el hongo y la pared celular de las raíces de la planta se conoce como

ectomicorriza, situación que se da con familias de plantas leñosas como la Myrtaceae, a la que pertenece el guayabo (*Psidium guajava*); la Pinaceae, a la que pertenecen pinos como el ayacahuite (*Pinus ayacahuite*); o la Rosaceae, a la que pertenece el manzano (*Malus domestica*). Esta relación se da con hongos pertenecientes a los Basidiomycota, Ascomycota y Mucoromycota. El otro tipo de interacción es conocida como *endomycorriza* debido a que los hongos (de la clase Glomeromycetes) son capaces de entrar en las células de las raíces de la planta.

Este tipo incluye: 1) las micorrizas arbusculares, encontradas en el 80 % de las plantas vasculares; es decir, plantas que cuentan con un sistema vascular para el transporte de agua y otros nutrientes; 2) las micorrizas ericoides, simbiosis dada en plantas del orden de las Ericales, del cual se destacan especies de importancia comercial como el té (*Camellia sinensis*) o el mamey (*Pouteria sapota*); y 3) la micorriza orquideoide, en la que la interacción de los hongos se da con plantas de la familia Orchidaceae, a la que pertenecen las orquídeas (Khaliq *et al.*, 2022).



© Gabriela Torres Ruiz. Sin título. Fotografía digital, 2013.

MECANISMOS DE LA MICORRIZA

La interacción dentro la micorriza ha probado ser beneficiosa para la planta y el suelo de diversas maneras. En el caso de plantas que no cuentan con una relación simbiótica como esta, la absorción de nutrientes del suelo sucede a través de moléculas transportadoras localizadas en las raíces, lo que limita la absorción al área donde las raíces se extienden. Por otro lado, para plantas simbiotes, la toma de nutrientes del suelo la realiza el hongo a través de sus hifas (pequeños filamentos parecidos a las raíces de las plantas), las cuales pueden extenderse más de 25 cm como parte del crecimiento del hongo y llegar a lugares fuera de la zona de alcance de nutrientes de la planta.

Así, el hongo puede acceder a una mayor cantidad de moléculas como fósforo o amonio, y llevarlas a través de sus hifas hasta las células de las raíces que ha colonizado, donde son dispuestas para que moléculas transportadoras de la planta las puedan tomar.

Se ha encontrado que las plantas no solo mejoran su fisiología, sino que la dinámica de nutrientes

es más eficiente, lo que hace de la micorriza un excelente fertilizante (Kalamulla *et al.*, 2022).

La micorriza también ayuda a la planta a incrementar su tolerancia ante patógenos como los nemátodos, hongos parásitos, bacterias y virus. El hongo de la micorriza es capaz de exudar sustancias que, por ejemplo, pueden reducir la introducción de nemátodos dentro de la planta, y hasta paralizarlos temporalmente.

En el caso de hongos patógenos, es la competencia por espacio y nutrientes la que disminuye la invasión y proliferación de los mismos, situación que se ha visto con hongos del género *Fusarium*, mejor conocido por el *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, causante del “mal de Panamá”, una enfermedad que devastó plantíos de plátanos (*Musa acuminata*) de la variedad Gros Michel en la década de 1950, y que obligó a parar su distribución mundial y a sustituir esa variedad por la Cavendish, la cual ha ocupado su lugar hasta el momento (Dey y Ghosh, 2022).



© Gabriela Torres Ruiz. Sin título. Fotografía digital, 2014.

LA MICORRIZA EN SUELOS CONTAMINADOS

Como ya se ha visto, la micorriza representa una ventaja para el desarrollo de la planta; no obstante, se ha identificado también que la presencia de esta simbiosis en plantas expuestas a suelos contaminados con metales tóxicos puede, de igual forma, ayudar a su supervivencia.

Diversas investigaciones han reportado que la micorriza es capaz de retener las moléculas de los metales tóxicos como plomo o cadmio disminuyendo, en consecuencia, la probabilidad de que estos entren a la planta.

Por ejemplo, un estudio realizado en Argentina en el año 2018, reveló que hongos micorrícicos de familias como la Gigasporaceae y la Glomeraceae, son capaces de realizar una detoxificación de plomo a través de sus esporas, haciendo que el elemento se absorba en estructuras del hongo y no en las de la raíz que han colonizado, reduciendo, por lo tanto, la cantidad de plomo disponible para las plantas *Bidens pilosa* (conocida como “amor

seco”), *Tagetes minuta* (conocida como “huacatay”) y *Sorgum halepense* (conocida como “sorguillo”) (Salazar *et al.*, 2018).

De igual forma, otra investigación realizada en maíz (*Zea mays*) plantado en suelo contaminado con cadmio, y en convivencia con los hongos *Glomus versiforme* y *Rhizophagus intraradices*, mostró que cada simbiosis había reducido la concentración de cadmio en raíces y tallo.

Además, se encontró una relación entre estas interacciones y un incremento en la producción de biomasa de las plantas, es decir, la micorriza no solo ayudó en la supervivencia de las plantas bajo condiciones de contaminación por cadmio, sino que favoreció a que crecieran y produjeran más que las plantas no simbiotes (Zhang *et al.*, 2019).

Cuando el hongo de la micorriza no puede defender por sus propios mecanismos a la planta hospedera, es capaz de enviar una señal que puede estimular procesos químicos dentro de la planta que la ayudan a prepararse para enfrentar la amenaza; o combatirla, si es que esta ya se encuentra dentro.



© Gabriela Torres Ruiz. Sin título. Fotografía digital, 2014.

Una de estas señales puede estimular la producción de fitoquelatinas por parte de la planta. Las fitoquelatinas son moléculas capaces de unirse a metales y, por lo tanto, pueden unirse, por ejemplo, al cadmio a través del grupo funcional formado por azufre e hidrógeno (mejor conocido como tiol), contenido en su estructura.

Así, se forma un complejo que se acumula en la vacuola y que posteriormente es transportado a partes menos sensibles para la supervivencia de la planta a través de los canales de flujo internos en el tallo conocidos como xilema y floema (Ghori *et al.*, 2019).

Por ejemplo, cuando el hongo ha advertido la presencia de metales tóxicos, puede estimular a la planta para que libere exudados a través de sus raíces, las cuales son capaces de alterar el pH del suelo.

El pH del suelo puede incrementar o disminuir la disponibilidad de metales tóxicos y su movilidad; por ejemplo, para que el plomo pueda ingresar a la planta, este debe estar en forma soluble (Pb^{2+}), lo que se logra cuando el pH del suelo es menor a 5.2; de lo contrario, el plomo se encontrará

principalmente en forma de carbonatos, sulfatos o hidróxidos, los cuales son insolubles (Zulfiqar *et al.*, 2019).

CONCLUSIÓN

La micorriza es una interacción de gran importancia para la supervivencia y desarrollo de las plantas y los hongos simbios, pues no solo permite un mejor sistema de obtención de recursos como los nutrientes, sino que también provee a la planta de una protección ante patógenos o ante condiciones de contaminación con metales tóxicos.

El uso de micorrizas puede significar una herramienta para la restauración de suelos agrícolas, y permite obtener plantas que se adapten a las condiciones de contaminación actual. De igual forma, la absorción de metales tóxicos hacia el hongo, y no hacia la planta, disminuye un riesgo potencial a la salud de los consumidores. Por lo anterior, se considera de suma importancia alentar la investigación en este tema.



© Gabriela Torres Ruiz. Sin título. Fotografía digital, 2014.

REFERENCIAS

Cachada A, Rocha-Santos T and Duarte AC (2018). Chapter 1 – Soil pollution: an introduction to the main issues. En Duarte, A.C., Cachada A, Rocha-Santos T (Ed.), *Soil pollution. From monitoring to remediation* (pp. 1-28). Academic Press, Estados Unidos.

Dey M and Ghosh S (2022). Arbuscular mycorrhizae in plant immunity and crop pathogen control. *Rhizosphere* 22:100524.

van Dijk M, Morley T, Rau ML and Saghai Y (2021). A meta-analysis of projected global food demand and population at risk of hunger for period 2010-2050. *Nature food* 2:494-501.

Ghori NH, Ghori T, Hayat MQ, Imadi SR, Gul A, Altay V and Ozturk M (2019). Heavy metal stress and responses in plants. *International Journal of Environmental Science and Technology* 16:1807-1028.

Kalamulla R, Karunaratna SC, Tibpromma S, Galappaththi MC, Suwannarach N, Stephenson SL, Asad S, Salem ZS and Yapa N (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. *Sustainability* 14(19):12250.

Khaliq A, Perveen S, Alamer KH, Haq M, Rafique Z, Alsudays IM, Althobaiti AT, Saleh MA, Hussain S and Attia H (2022). Arbuscular

mycorrhizal fungi symbiosis to enhance plant-soil interaction, *Sustainability* 14(13):7840.

Lalica MK and Tomescu AM (2022). The early fossil record of glomeromycete fungi: new data on spores associated with early tracheophytes in the Lower Devonian (Emsian; c. 400 Ma) of Gaspé (Quebec, Canada). *Reviews in Paleobotany and Palynology* 298:104590.

Salazar MJ, Menoyo E, Faggioli V, Geml J, Cabello M, Rodriguez JH, Marro N, Pardo A, Pignata ML and Becerra AG (2018). Pb accumulation in spores of arbuscular mycorrhizal fungi. *Science of the Total Environment* 643:238-246.

Zhang X-F, Hu Z-H, Yan T-X, Lu R-R, Peng C-L, Li S-S and Jing Y-X (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi alleviate Cd phytotoxicity by altering Cd subcellular distribution and chemical forms in *Zea mays*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 171:352-360.

Zulfiqar U, Farooq M, Hussain S, Maqsood M, Hussain M, Ishfaq M, Ahmad M and Anjum MZ (2019). Lead toxicity in plants: impacts and remediation. *Journal of Environmental Management* 250:109557.

L. Gilary Acosta-Lizárraga
Ana Angélica Feregrino-Pérez
Facultad de Ingeniería
Universidad Autónoma de Querétaro
feregrino.angge@hotmail.com