

Universo Tucumano

Cómo, cuándo y dónde de la naturaleza tucumana, contada por los lilloanos

Gustavo J. Scrocchi, Claudia Szumik

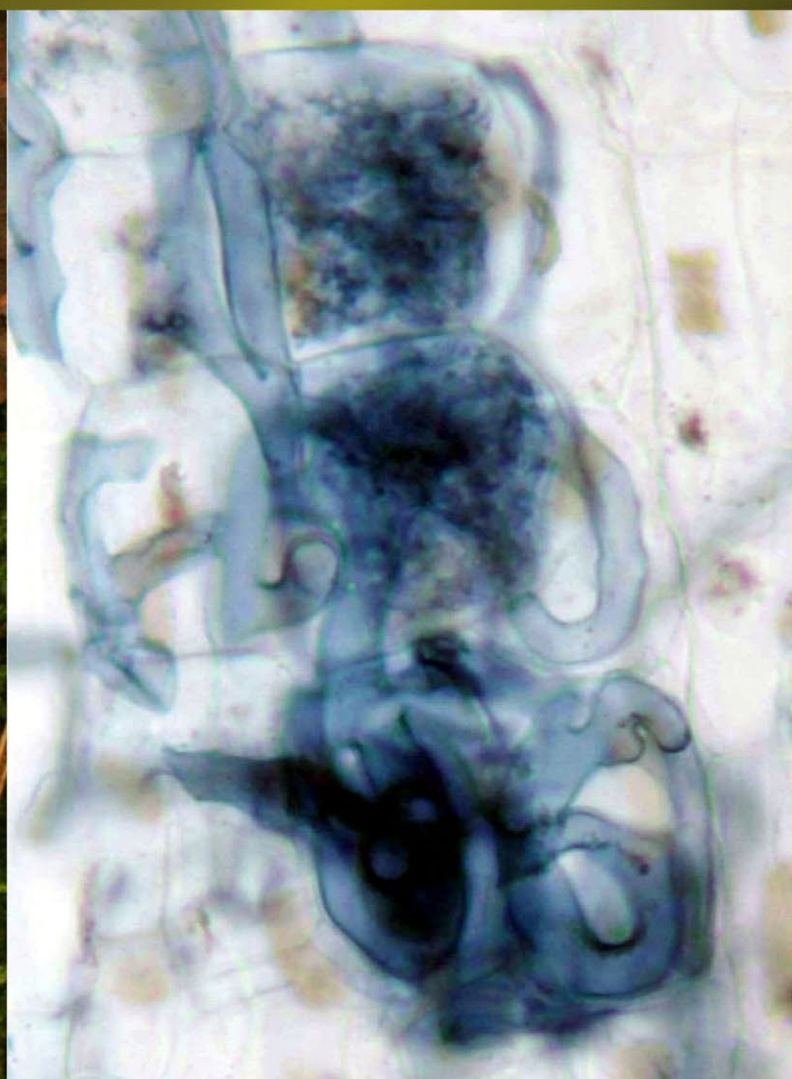
— Editores —

75

Micorrizas

Relación entre hongos y raíces de plantas

Patricia L. Albornoz, Myriam del Valle Catania



Los estudios de la naturaleza tucumana, desde las características geológicas del territorio, los atributos de los diferentes ambientes hasta las historias de vida de las criaturas que la habitan, son parte cotidiana del trabajo de los investigadores de nuestras Instituciones. Los datos sobre estos temas están disponibles en textos técnicos, específicos, pero las personas no especializadas no pueden acceder fácilmente a los mismos, ya que se encuentran dispersos en muchas publicaciones y allí se utiliza un lenguaje muy técnico.

Por ello, esta serie pretende hacer disponible la información sobre diferentes aspectos de la naturaleza de la provincia de Tucumán, en forma científicamente correcta y al mismo tiempo amena y adecuada para el público en general y particularmente para los maestros, profesores y alumnos de todo nivel educativo.

La información se presenta en forma de fichas dedicadas a especies particulares o a grupos de ellas y también a temas teóricos generales o áreas y ambientes de la Provincia. Los usuarios pueden obtener la ficha del tema que les interese o formar con todas ellas una carpeta para consulta.

**Fundación Miguel Lillo
CONICET – Unidad Ejecutora Lillo**

Miguel Lillo 251, (4000) San Miguel de Tucumán, Argentina
www.lillo.org.ar

Dirección editorial:

Gustavo J. Scrocchi – Fundación Miguel Lillo y Unidad Ejecutora Lillo
Claudia Szumik – Unidad Ejecutora Lillo (CONICET – Fundación Miguel Lillo)

Editoras Asociadas:

Patricia N. Asesor – Fundación Miguel Lillo
María Laura Juárez – Unidad Ejecutora Lillo (CONICET – Fundación Miguel Lillo)

Diseño y edición gráfica:

Gustavo Sanchez – Fundación Miguel Lillo

Editor web:

Andrés Ortiz – Fundación Miguel Lillo

Imagen de tapa:

Ectomicorriza, *Russula alnijorullensis* (izquierda). Fotografía: Nicolás Niveiro
Endomicorriza, circunvoluciones en células de raíz (derecha). Fotografía: P. L. Albornoz
y M. Catania

Derechos protegidos por Ley 11.723

Tucumán, República Argentina

Universo Tucumano

Cómo, cuándo y dónde de la naturaleza tucumana, contada por los lilloanos

G. J. Scrocchi, C. Szumik, P. N. Asesor, M. L. Juárez

— Cuerpo editorial —

75

Relación entre hongos y raíces de plantas *Micorrizas*

Patricia L. Albornoz^{1,2}

Myriam del Valle Catania³

¹ Instituto de Morfología Vegetal, Fundación Miguel Lillo.

² Cátedra de Anatomía Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, UNT.

³ Instituto Criptogámico, Laboratorio de Micología, Fundación Miguel Lillo.

La simbiosis es un tipo de asociación que se establece entre dos organismos para beneficiarse mutuamente; las micorrizas son un tipo de asociación simbiótica entre las raíces de algunas plantas y ciertos hongos de suelo. El término micorriza proviene del griego “mykes”: hongo y “rhiza”: raíz, en alusión a dicha asociación (Harrison, 1997). Fueron descubiertas por el botánico alemán Albert B. Frank en 1885, en las raíces de algunos árboles forestales. En el año 1900 Noël Bernard puso de manifiesto su importancia estudiando las orquídeas.

El 90 % de las especies vegetales terrestres son susceptibles de ser micorrizadas, es decir formar una asociación con los hongos, y están ampliamente distribuidas en la naturaleza. Los grupos de plantas que pueden formar esta asociación son las angiospermas (plantas con semillas protegidas, a las que comúnmente conocemos como plantas con flores), gimnospermas (plantas con semillas expuestas, que incluyen a pinos, abetos y sus parientes), pteridofitas (helechos) y musgos (Smith y Read, 2008). Los hongos micorrízicos son más de 5.000 especies que pertenecen a los principales grupos que se conocen. La asociación micorrícica se considera

como uno de los fenómenos mas asombrosos de la naturaleza y es lo que facilitó la colonización de la superficie terrestre por las plantas (Redecker *et al.*, 2000). Debajo del suelo se genera una red de micelio —cuerpo del hongo formado por filamentos delgados llamados hifas— que se interconectan entre sí y con diferentes plantas, semejante a una red de internet subterránea, que permite la comunicación para proporcionar azúcares a las plantas jóvenes y así tener mayor probabilidades de sobrevivir. Por lo que las micorrizas tienen un papel esencial en la recuperación de los ecosistemas degradados y es necesario tenerlas en cuenta cuando se cultivan plantas en vivero para reforestaciones (Fig. 1).

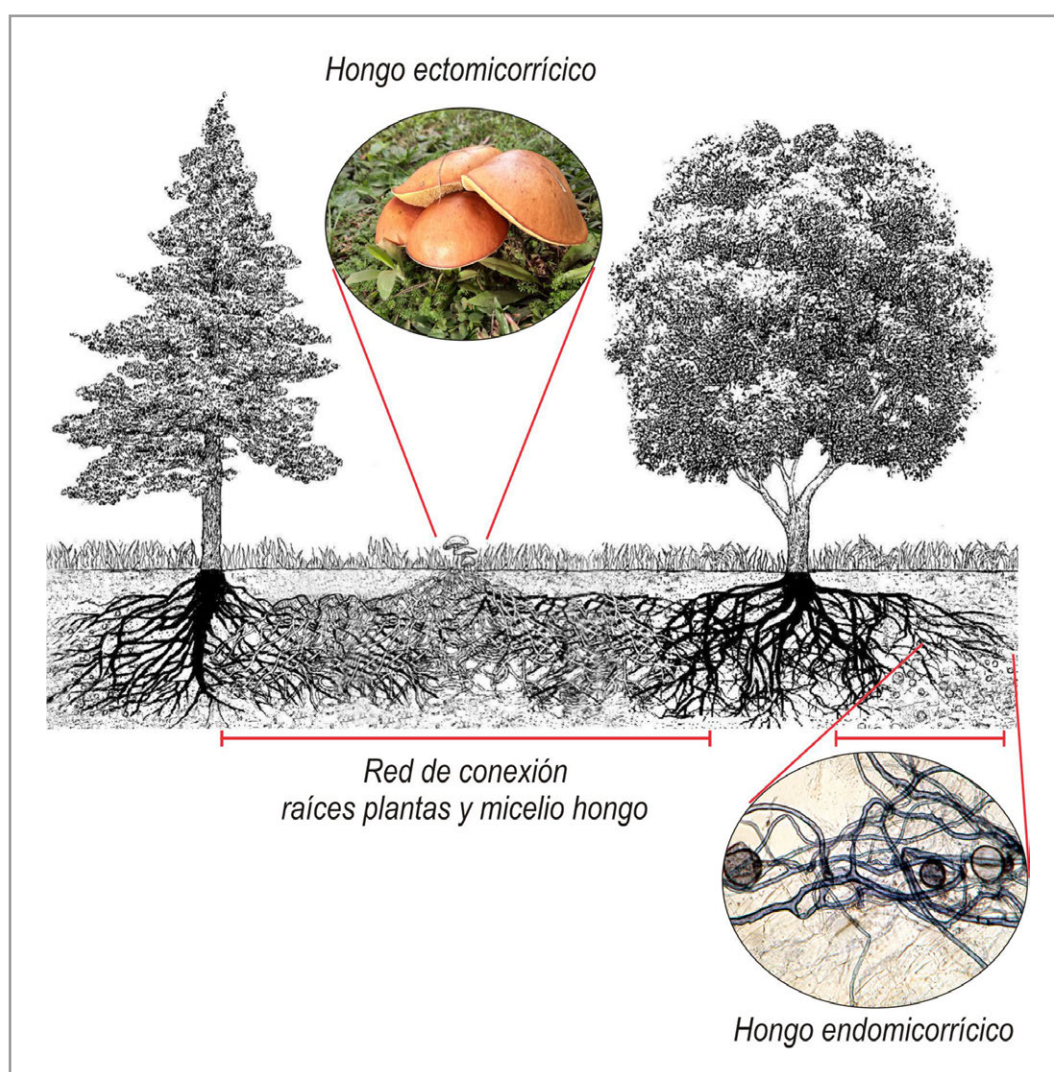


Fig. 1. Micorrizas. Red de conexión subterránea entre raíces de plantas y micelio de hongos. Esquema: I. Jaume y M. Catania. Fotografías: P. L. Albornoz y M. C. Gallo.

Historia

Hace 480 millones de años, en el Ordovícico, las plantas se asociaron con hongos para establecerse en la superficie terrestre (Wellman *et al.*, 2003). La asociación entre hongos micorrícicos y plantas terrestres se conoce en el registro fósil desde el comienzo del período Devónico, hace más de 460 millones de años (Nicolson, 1975; Redecker *et al.*, 2000). Las endomicorrizas se describieron por primera vez en 1842 (Nägeli, 1842). Albert Frank (1885) fue el primero en estudiar las ectomicorrizas en los árboles forestales, y en 1887 diferenció las ectomicorrizas y endomicorrizas. En 1910 se comenzó el estudio de las mismas en plantas cultivadas. La primera inoculación (= es la introducción de microorganismos que crecerán y se reproducirán) exitosa con endomicorrizas la realizó Mosse en el año 1953, posteriormente, en su publicación de 1955 se comienza a reconocer la importancia de esta simbiosis. Cuando se descubrieron las micorrizas se pensó que se trataba de hongos parásitos, hasta que advirtieron los beneficios que proporcionaban a las plantas. Aunque se conocen desde hace tiempo, la aplicación de estos hongos en la agricultura es relativamente reciente.

Función

El hongo invade la corteza de la raíz sin causar daño, integrándose a ella, y también coloniza el suelo que rodea la raíz a través de un conjunto de filamentos o hilos delgados que forman el cuerpo del hongo —denominado micelio—. De este modo el hongo ayuda al hospedante (la planta) a adquirir nutrientes minerales y agua, mientras que la planta proporciona al hongo azúcares que proceden de la fotosíntesis. Así, las micorrizas expanden la superficie que pueden explorar las raíces de las plantas en el suelo. Este tipo de relación donde ambos individuos (hongo y planta) se benefician se denomina simbiosis mutualista.

Importancia

En el ecosistema natural las micorrizas desempeñan un rol esencial que beneficia a muchas plantas y cultivos. Se encuentran en todos los suelos y tipos de climas. Contribuyen al establecimiento y protección de plantas en suelos poco productivos, afectados por la desertificación, la contaminación por metales pesados, la salinización y además brindan protección ante organismos patógenos (microorganismos capaces de producir enfermedad en otros organismos) (Van Tichelen *et al.*, 2001; Azcón-Aguilar *et al.*, 2002).

Beneficios de las micorrizas

En las plantas: se incrementa la actividad fisiológica — funcionamiento interno de las plantas — generando mayor cantidad de hojas en la parte aérea y de raíces en el sistema radicular (Figs. 2–3); aumenta la captación de agua y nutrientes (fósforo, nitrógeno, potasio y calcio) del suelo; presentan mayor tolerancia a temperaturas extremas y acidez del suelo causadas por la presencia de aluminio, magnesio y azufre; brindan protección contra ciertos hongos patógenos y nemátodos, entre otros.

En el hongo: recibe principalmente azúcares (carbohidratos) y vitaminas desde la planta.



Fig. 2. Plantas de *Potentilla tucumanensis*. A) Plantas no inoculadas. B) Plantas inoculadas con endomicorrizas mostrando mayor cantidad de hojas. Fotografías: P. L. Albornoz y M. Catania.



Fig. 3. Plantas de *Potentilla tucumanensis*. A) Plantas no inoculadas. B) Plantas inoculadas con endomicorrizas mostrando mayor cantidad de raíces y micelio del hongo (flecha).

Fotografía: P. L. Albornoz y M. Catania.

Tipos de micorrizas

Los dos tipos más comunes de micorrizas son las ectomicorrizas y las endomicorrizas, que se diferencian de acuerdo a la relación de las hifas —filamentos delgados que forman el cuerpo del hongo o micelio— con las células de la corteza de la raíz de la planta hospedante. En ambos casos, en el suelo pueden encontrarse estructuras que sirven para propagar el hongo, como por ejemplo hifas, fragmentos de raíces colonizadas por el hongo, o esporas (estructuras de reproducción que dan lugar a un nuevo individuo).

En las ectomicorrizas las raíces finas presentan ensanchamientos y ramificaciones diferentes, que se distinguen fácilmente cuando se observan con microscopio estereoscópico (= lupa) (Figs. 4A–B; 5A) y con microscopio óptico (Fig. 4C).

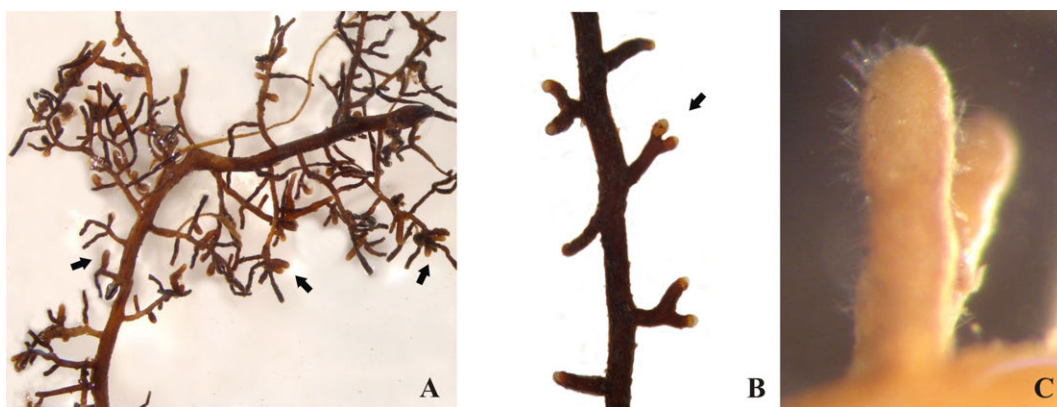


Fig. 4. A) Raíces de *Quercus robur* inoculada con el hongo *Tuber uncinatum*. B) Raíces de *Pinus halepensis* inoculada con *Tuber borchii*. C) Detalle de raíz de *Quercus robur* inoculada con *Tuber aestivum*. Fotografías: P. L. Albornoz y M. Catania.

La superficie de la raíz está rodeada por un entramado denso de hifas, denominado “manto”. Las hifas se desarrollan únicamente en los espacios ubicados entre las células de la corteza de la raíz, formando una red llamada “red de Hartig”; éstas nunca ingresan al interior de las células (Smith y Read, 2008). El “manto” y la “red de Hartig” sólo se pueden observar con microscopio óptico (Figs. 5A, 6).

Las ectomicorrizas se presentan principalmente en especies vegetales de las familias Betulaceae (*Alnus acuminata* “aliso”), Nothofagaceae (*Nothofagus pumilio* “lenga”), Pinaceae (*Pinus elliottii* “pino”), además de otras familias (Smith y Read, 2008). Entre los hongos se encuentran principalmente los basidiomicetes por ejemplo, *Cortinarius tucumanensis*, *Lactarius* aff. *omphaliformis* y *Russula alnijorullensis* (Figura izquierda de la Tapa) asociados con *Alnus acuminata* “aliso” (Becerra *et al.*, 2005); *Suillus* sp. asociado a bosques cultivados de *Pinus elliottii* (Fig. 7); y algunos ascomicetes tales como *Tuber aestivum* y *T. uncinatum* inoculadas en *Quercus robur*; *Tuber melanosporum*

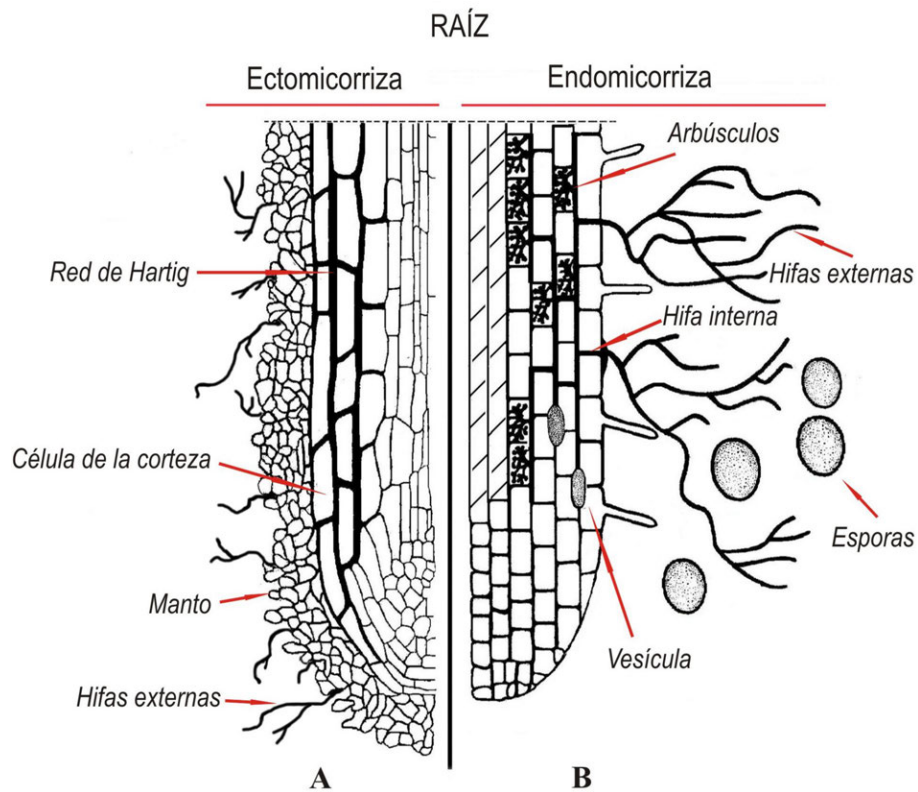


Fig. 5. Corte longitudinal de raíz con micorrizas. A) Ectomicorriza. B) Endomicorriza.
Esquema: I. Jaume y M. Catania.

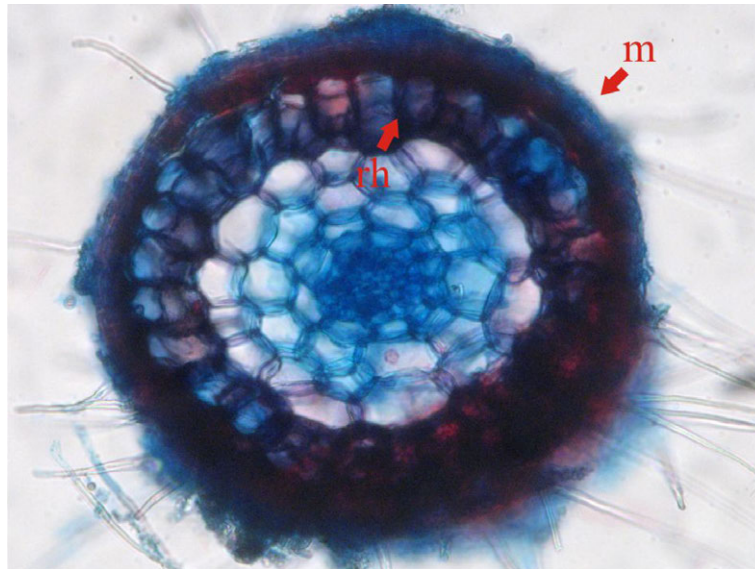


Fig. 6. Corte transversal de raíz de *Quercus robur* inoculada con *Tuber aestivum*. m: manto; rh: red de Hartig. Fotografía: P. L. Albornoz y M. Catania.



Fig. 7. *Suillus* sp. (hongo ectomicorrícico). Fotografía: M. C. Gallo.

inoculada en *Quercus ilex*; *Tuber aestivum* y *T. borchii* inoculadas en *Pinus halepensis* (Albornoz *et al.*, 2016; Proyecto, 2015).

Se estima que más de 6000 especies de hongos formadores de setas —hongo en forma de sombrero— son, a su vez, formadores de ectomicorizas. Entre algunas especies podemos nombrar a *Amanita caesarea* (oronja), *Lactarius deliciosus* (níscolo) y *Pleurotus ostreatus* (gírgola) (Martínez y De Aguilar Cormenzana, 2004).

Las endomicorizas se caracterizan por que no forman “manto” y las hifas penetran en el interior de las células de la epidermis y la corteza de la raíz. Se presentan principalmente en plantas arbustivas y herbáceas (Schüßler *et al.*, 2001).

Las endomicorizas son el tipo de micorrizas más comunes en la naturaleza y tienen amplia distribución cosmopolita, por lo que se las encuentra tanto en ambientes naturales como en casi todos los cultivos agrícolas.

La colonización endomicorrícica se caracteriza por el desarrollo de hifas intercelulares e intracelulares y estructuras microscópicas tales como *arbúsculos*, *vesículas*, *circunvoluciones* y *esporas* (Fig. 5B).

Los *arbúsculos* son arborescencias muy ramificadas que se ubican en el interior de las células de la corteza de la raíz (Fig. 8). Los arbúsculos aseguran una gran superficie de contacto entre ambos organismos (hongo-planta), en donde se produce el intercambio de nutrientes.

Las *vesículas* son órganos de reserva que contienen lípidos (grasas, aceites), entre otros componentes; se forman por hinchamiento de las hifas y se ubican entre o dentro de las células de la corteza de la raíz (Fig. 9).

Las *circunvoluciones* son hifas que se pliegan produciendo enrollamientos dentro de las células de la raíz y pueden formar arbúsculos (Fig. 10).

Las *esporas* son estructuras que permiten la supervivencia de los hongos endomicorrícicos y se ubican dentro y fuera de la raíz (Fig. 11A-B).

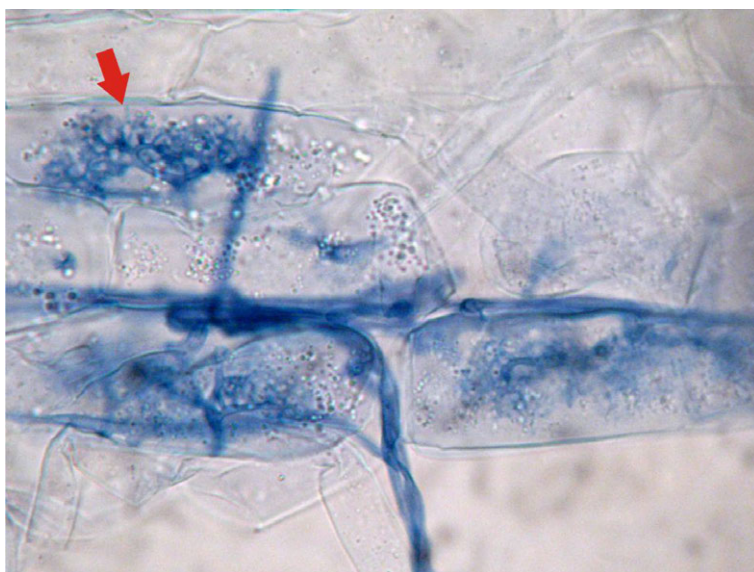


Fig. 8. Arbúsculos colonizando el interior de las células de la corteza de raíz de *Fragaria ananassa* variedad fortuna (frutilla cultivada). Fotografía: P. L. Albornoz y M. Catania.

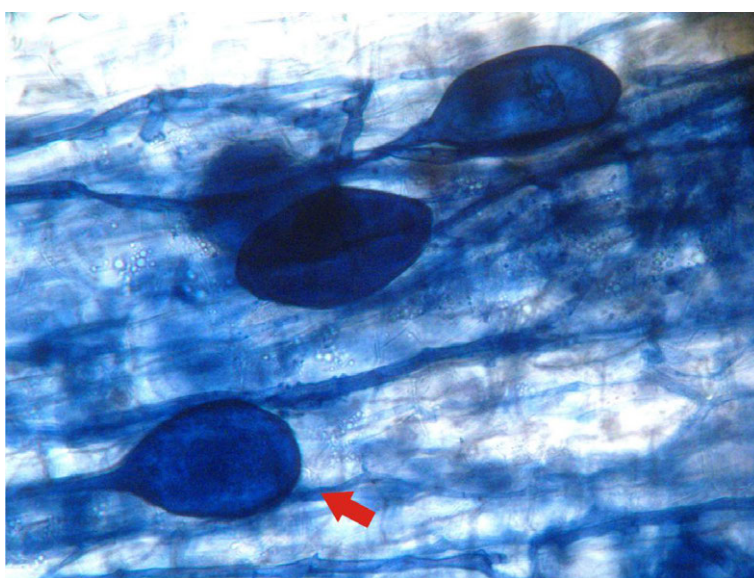


Fig. 9. Vesículas colonizando células de la corteza de raíz de *Fragaria ananassa* variedad fortuna (frutilla cultivada). Fotografía: P. L. Albornoz y M. Catania.

Las ectendomicorrizas presentan características comunes con las ectomicorrizas por la presencia del “manto” y la “red de Hartig”, y con las endomicorrizas por que las hifas penetran en las células de la corteza formando enrollamientos u ovillos (Yu *et al.*, 2001) (Fig. 12A-B). Los hongos que forman estas micorrizas son Basidiomycetes y son las menos extendidas en la naturaleza.

En la provincia de Tucumán se analizaron las ectomicorrizas y endomicorrizas en hospedantes nativos, cultivados y naturalizados.

Ectomicorrizas.— Entre las especies cultivadas podemos mencionar los estudios realizados en plantines de *Quercus robur* inoculado con especies de hongos de *Tuber aestivum* (Fig. 6) y *T. uncinatum*; en *Quercus ilex* inoculado con *Tuber melanosporum*; y *Pinus halepensis* inoculado con *Tuber aestivum* y *T. borchii* (Fig. 4) (Albornoz et al., 2016).

Endomicorrizas.— Entre las especies nativas podemos mencionar los estudios realizados en árboles de *Alnus acuminata* “aliso” y *Podocarpus parlatorei* “pino del cerro” (Nouhra et al., 2003; Leone et al., 2014); en plantas herbáceas, *Potentilla tucumanensis* (Fig. 2) (Albornoz et al., 2014); y en helechos, *Cheilanthes pruinata*, *C. myriophylla*, *Doryopteris concolor* y *Pellaea ternifolia* (Albornoz y Hernández, 2006; Hernández et al. 2008, 2010).

En hospedantes cultivados, se analizaron sistemas radiculares de *Glicine max* “soja”, *Zea mays* “maíz” y diferentes variedades de *Fragaria ananassa* “frutilla cultivada” (Figs. 8–9) (Albornoz y Catania, 1996; Catania y Albornoz, 2000; Lizarraga et al., 2015, 2016).

En cuanto a las especies naturalizadas, es decir que fueron introducidas en la provincia, se estudiaron en plantas herbáceas de *Duchesnea indica* (Figs. 3, 10–11) y *Fragaria vesca* (Albornoz et al., 2014).

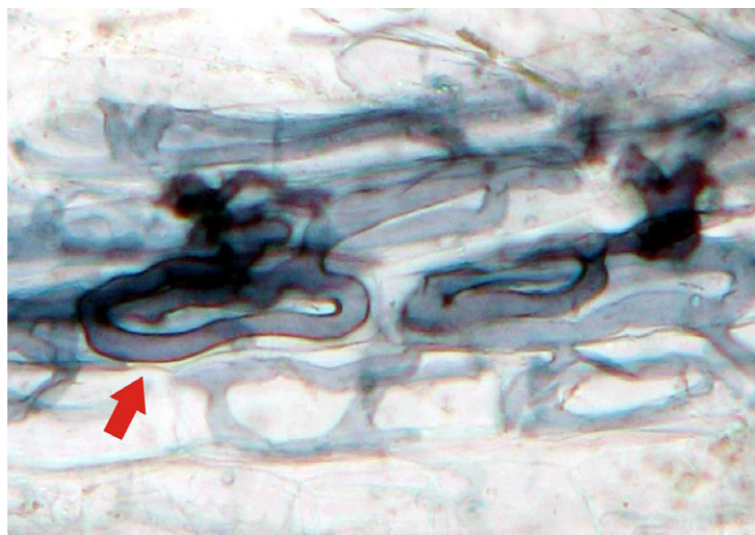


Fig. 10. Circunvoluciones colonizando células de la corteza de raíz de *Duchesnea indica* (frutilla silvestre). Fotografías: P. L. Albornoz y M. Catania.



Fig. 11. A) Esporas de *Glomus fuegianum*. B) Espora de *Glomus* sp.
Fotografías: P. L. Albornoz y M. Catania.

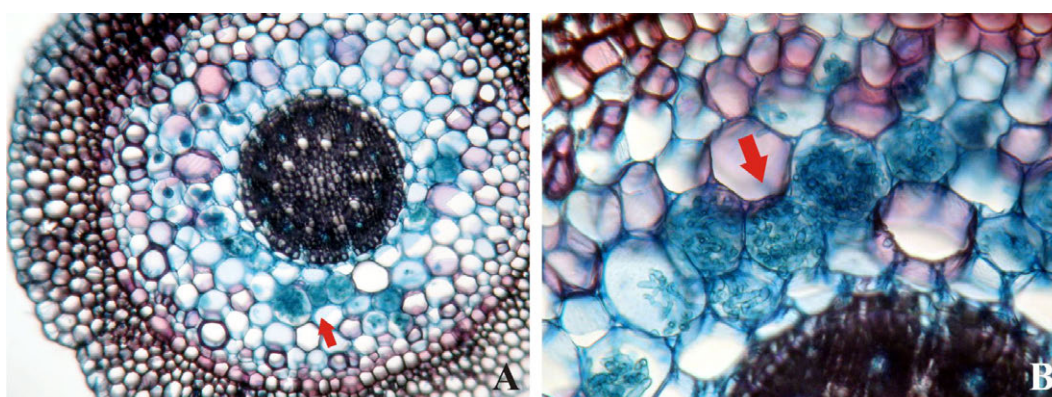


Fig. 12. Ectendomicorrizas en raíz de orquídea (*Oncidium* sp.). A) Corte transversal de la raíz. B) Detalle del micelio del hongo en el interior de las células. Fotografías: A. I. Ruiz y M. Catania.

Distribución

Las micorrizas son importantes para la supervivencia de muchas plantas en diversos ecosistemas naturales, incluyendo especies de cultivo de interés agronómico (Bethlenfalvay y Linderman, 1992). Algunas especies de endomicorrizas pueden encontrarse en los más variados tipos de suelo y regiones climáticas teniendo una distribución mundial (cosmopolitas) (Read, 1991).

En la Argentina se realizaron estudios sobre las micorrizas en las regiones del noroeste, centro norte y sur del país. En la provincia de Tucumán hay registros de la asociación ectomicorrícica y endomicorrícica en plantas nativas, silvestres y cultivadas; localizados en Amaicha de Valle, Benjamín Paz, Famailla, Los Pereyra, Sierras de San Javier, Taficillo, Tafí del Valle, Villa Nougües y Villa Padre Monti, entre otros.

Bibliografía

- Albornoz P. y M. Catania. 1996. Endomicorriza en cultivo de soja y maíz en el este tucumano. Influencia de los diferentes sistemas de labranza. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 32: 17–20.
- Albornoz P., M. Catania, N. Bulacio Gil, H. Pajot y R. Lobo Zavalía. 2016. Ectomicorrizas en hospedantes arbóreos inoculados con trufas en la provincia de Tucumán (Argentina). *XXXIII Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán*, P-097, Pág. 57.
- Albornoz P. y M. Hernández. 2006. Anatomía y endomicorrizas en *Pellaea ternifolia* (Cav.) Link Subsp. *ternifolia* (Pteridaceae) en Tucumán. *Lilloa* 43: 13–21.
- Azcón-Aguilar C., M. C. Jaizme-Vega y C. Calvet. 2002. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the control of soil-borne plant pathogens. In: *Mycorrhizal technology in agriculture*. S. Gianinazzi, H. Schüepp, J.M. Barea, & K. Haselwandter (Eds.), Birkhäuser Verlag, Germany. pp 187–197.
- Becerra A., L. Beenken, K. Pritsch, G. Daniele, M. Schlöter y R. Agerer. 2005. Anatomical and molecular characterization of *Lactarius* aff. *omphaliformis*, *Russula alnijorullensis* and *Cortinarius tucumanensis* ectomycorrhizae on *Alnus acuminata*. *Mycologia* 97: 1047–1057.
- Bethlenfalvay G. J. y J. A. Linderman. 1992. Mycorrhizae and crop productivity. *Horticultural Crops Research Laboratory*, USDA-ARS.
- Catania M. y P. Albornoz. 2000. Dinámica de micorrización vesículo-arbuscular en cultivo de granos bajo diferentes labranzas de suelo (Los Pereyra, Tucumán, Argentina). *Lilloa* 40: 87–92.
- Frank, A. B. 1885. Über die auf Wurzelsymbiose beruhende Ernährung gewisser Bäume durch unterirdische Pilze. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 3: 128–145.
- Frank, A. B. 1887. Ueber neue Mycorrhiza-formen. *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft* 5: 395–409.
- Harrison, M. J. 1997. The arbuscular mycorrhizal symbiosis. Academia Press Inc. England.
- Hernández M., P. Albornoz, F. Rodríguez y S. Serrano. 2008. Anatomía de rizoma, raíz y endomicorrizas en *Cheilanthes pruinata* Kaulf. y *Cheilanthes myriophylla* Desv. (Pteridaceae) en la provincia de Tucumán. *Lilloa* 45: 73–82.
- Hernández M. A., G. Terán y P. L. Albornoz. 2010. Morfología, Anatomía y Endomicorrizas en el esporofito de *Doryopteris concolor* (Pteridaceae). *Lilloa* 47: 74–84.
- Lizarraga S. V., A. I. Ruiz, S. M. Salazar, J. C. Díaz Ricci, P. L. Albornoz. 2015. Micorrizas vesículo-arbusculares, endófitos septados oscuros y anatomía radical en *Fragaria ananassa* var. camino real (Rosaceae), en la provincia de Tucumán. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino* 35: 11–17.

- Leone M. F., A. C. Luque, M. Almirón, P. L. Albornoz y M. E. Arias. 2014. Anatomía de la raíz y endófitos radicales en *Podocarpus parlatorei* (Podocarpaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 49: 153–160.
- Lizarraga S. V., A. I. Ruiz y P. L. Albornoz. 2016. Morfoanatomía foliar y radical en plántulas de *Fragaria ananassa* var. camino real (Rosaceae). *Lilloa* 53: 82–88.
- Martínez J. G. y J. M. de Aguilar Cormenzana. 2004. Las micorrizas, nuestras aliadas ocultas. *Fertilidad de la tierra: revista de agricultura ecológica* 17: 9–13.
- Mosse, B. 1953. Fructifications associated with mycorrhizal strawberry roots. *Nature* 171: 974–974.
- Nageli, C. 1842. Pilze im Innern von Zellen. *Linnaea* 16: 278–285.
- Nicolson, T. H. 1975. A flotation method for collecting spores of a phytomycetous mycorrhizal parasite from soil. *Phytopathology* 47: 751–752.
- Nouhra E., L. Domínguez, A. Becerra y A. Mangeaud. 2003. Colonización micorrícica y actinorrícica en plantines de *Alnus acuminata* (Betulaceae) cultivados en suelos nativos de *Alnus* ruEn la provincia de Tucumánbra. *Boletín de la Sociedad de Argentina de Botánica* 38: 1–13.
- Read. D. J. 1991. Mycorrhizas in ecosystems. *Experientia* 47: 376–391.
- Redecker D., R. Kodner y L. E. Graham. 2000. Glomalean fungi from the Ordovician. *Science* 289: 1920–1921.
- Proyecto iniciativa de transferencia de innovación. 2015. Desarrollo del Cultivo de Trufas y Terfezias en la provincia de Tucumán. Estación Experimental Obispo Colombres de Tucumán, Tucumán Argentina.
- Smith S. E. y D. J. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis, 3rd edn. Academic, London.
- Schüssler A., D. Schwarzott y C. Walker. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105: 1413–1421.
- Van Tichelen K. K., J. V. Colpaert y J. Vangronsveld. 2001. Ectomycorrhizal protection of *Pinus sylvestris* against copper toxicity. *New Phytologist* 150: 203–213.
- Wellman C. H., P. Osterloff y U. Mohiuddin. 2003. Fragments of the earliest land plants. *Nature* 425: 282–285.
- Yu T., K. N. Egger y R. L. Peterson. 2001. Ectendomycorrhizal associations – characteristics and functions. *Mycorrhiza* 11: 167–177.

