

# Micorrizas arbusculares y endófitos septados oscuros en tres especies de Rosáceas de Argentina

Albornoz, Patricia L.<sup>1,2</sup>; Omar Varela<sup>3,4</sup>; Juan C. Díaz Ricci<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Morfología Vegetal, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) Tucumán, Argentina.

<sup>2</sup> Cátedra de Anatomía Vegetal, Facultad de Ciencias Naturales e I.M.L., Universidad Nacional de Tucumán. Miguel Lillo 251, (4000) Tucumán, Argentina.

<sup>3</sup> Instituto de Ecología, Fundación Miguel Lillo. Miguel Lillo 251, (4000) Tucumán, Argentina.

<sup>4</sup> Instituto de Ambientes de Montañas y Regiones Áridas, Universidad Nacional de Chilecito. La Rioja, Argentina.

<sup>5</sup> Instituto Superior de Investigaciones Biológicas (INSIBIO), CONICET – UNT. Chacabuco 461, (4000) Tucumán, Argentina.

Autor correposal: albornoz@csnat.unt.edu.ar

► **Resumen** — Albornoz, Patricia L.; Omar Varela; Juan C. Díaz Ricci. 2014. "Micorrizas arbusculares y endófitos septados oscuros en tres especies de Rosáceas de Argentina". *Lilloa* 51 (1). Las especies de la familia Rosaceae son susceptibles a la colonización por micorrizas arbusculares. Este trabajo describe los tipos morfoanatómicos de colonización micorrizica arbuscular presente en el sistema radical de tres especies de Rosáceas (*Duchesnea indica*, *Fragaria vesca* y *Potentilla tucumanensis*) que habitan en la provincia de Tucumán, Argentina. Los resultados revelan la presencia de micorrizas arbusculares de los tipos *Arum* y *Paris* y de endófitos septados oscuros en las tres especies analizadas. *D. indica* mostró la mayor colonización micorrizica arbuscular. *D. indica* y *P. tucumanensis* presentaron un tercer endófito fúngico. La coexistencia de micorrizas arbusculares y oscuros septados en las tres especies estudiadas, y la morfología tipo *Paris* en *D. indica* se describen por primera vez para Argentina.

**Palabras clave:** Micorrizas arbusculares, morfología *Arum/Paris*, endófitos fúngicos, Rosaceae.

► **Abstract** — Albornoz, Patricia L.; Omar Varela; Juan C. Díaz Ricci. 2014. "Arbuscular mycorrhizal and dark septate endophytes in three species of Rosaceae Argentina". *Lilloa* 51 (1). The species of the Rosaceae family are susceptible to colonization by arbuscular mycorrhizal fungus. This paper describes the morphonatomy types of colonization by mycorrhizal fungi in the radical system of three species of Rosaceae herbs (*Duchesnea indica*, *Fragaria vesca*, and *Potentilla tucumanensis*) inhabiting in the province of Tucumán, Argentina. The results reveal the coexistence of arbuscular mycorrhizae of *Arum* and *Paris* types, and septate endophytes in the three species. *D. indica* showed the highest arbuscular mycorrhizal colonization. A third fungal endophyte is found registered in *D. indica* and *P. tucumanensis*. The coexistence of arbuscular mycorrhizal fungus and dark septate in the three species studied, and the *Paris* morphology in *D. indica* are described by the first time for Argentina.

**Keywords:** Arbuscular mycorrhizas, *Arum/Paris* Type, fungal endophytes, Rosaceae.

## INTRODUCCIÓN

Las micorrizas arbusculares (MA) son asociaciones simbióticas entre raíces de plantas y hongos del suelo del Phylum Glomeromycota (Schüßler *et al.*, 2001). Alrededor del 80% de las especies de las plantas vasculares terrestres conocidas presentan micorrizas arbusculares (Wang y Qiu, 2006).

Estas presentan una distribución amplia, si bien son particularmente abundantes en suelos pobres en fósforo de regiones tropicales y subtropicales (Barea *et al.*, 2002; Read y Pérez-Moreno, 2003). Las micorrizas arbusculares se caracterizan porque el hongo coloniza intracelularmente las células corticales y epidérmicas de la raíz, formando estructuras denominadas arbuscúlos (Harrison, 1997; Harley y Smith, 1983). De acuerdo con sus características morfoanatómicas,

se diferencian dos tipos principales de colonización por micorrizas arbusculares: *Arum* y *Paris* (Smith y Read, 2008; Gallaud, 1905). La colonización tipo *Arum*, se caracteriza por hifas y vesículas intercelulares y arbusculos intracelulares que se observan en la corteza radical. En la colonización tipo *Paris*, el desarrollo fúngico es únicamente intracelular y las hifas forman circunvoluciones en las que ocasionalmente se desarrollan pequeños y numerosos arbusculos (Kubota *et al.*, 2005; Selvaraj y Chellappan, 2006).

Además de las micorrizas arbusculares es frecuente encontrar en las raíces de plantas otro grupo de hongos denominados endófitos septados oscuros (ESO), del grupo de Acomycetes anamorfos dematiáceos. Estos se caracterizan por presentar hifas septadas melanizadas y microesclerocios (Peterson *et al.*, 2004), que colonizan inter e intracelularmente los tejidos de las raíces formando asociaciones simbióticas que van desde el mutualismo al parasitismo (Jumpponen, 2001). Dichos hongos se asocian con angiospermas, gimnospermas, helechos y licofitas y, a menudo, coexisten con micorrizas arbusculares. Los endófitos septados oscuros crecen en el parénquima cortical y en los elementos de vasos del cilindro vascular central (Barrow y Aaltonen, 2001; Barrow, 2003).

La familia Rosaceae incluye varias especies que son susceptibles a la colonización por micorrizas arbusculares (Ahulu *et al.*, 2005). En Argentina, esta familia se encuentra representada por 19 géneros y 74 especies, de las cuales 11 son endémicas y 5 adventicias (Zardini, 1973, 1999). Entre las formas herbáceas que habitan en la Provincia de Tucumán se encuentran especies emparentadas con la frutilla cultivada (*Fragaria ananassa*), tales como *Duchesnea indica* (Andrews) Focke y *Fragaria vesca* L. que son naturalizadas y *Potentilla tucumanensis* Castagnaro & Arias que es endémica (Arias *et al.*, 1998; Castagnaro *et al.*, 1998; Arias *et al.*, 2001). La información sobre micorrizas en estas especies así como en Rosáceas, en general, es escasa. Estudios previos sólo mencionan la presencia de MA en los géneros *Duchesnea*, *Fragaria* y *Potentilla* (Bran-

dán de Weht *et al.*, 2002; Albornoz *et al.*, 2007). Con excepción del estudio de algunos autores (Menoyo *et al.*, 2007), donde se describe la anatomía del tipo *Arum* en *Duchesnea indica*, no hay información sobre los tipos de colonización fúngica en otras especies de Rosáceas. El conocimiento de la flora endomicorrícica nativa es de potencial aplicación como fuente de inóculos para cultivos de frutilla en Tucumán, provincia que aporta el 40 % de la producción de frutilla en Argentina. Este estudio tiene como objetivos describir el tipo morfoanatómico de colonización micorrícica arbuscular presente en el sistema radical de *D. indica*, *F. vesca* y *P. tucumanensis* y cuantificar, en cada especie vegetal, las micorrizas arbusculares en diferentes ambientes de la provincia de Tucumán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El estudio de campo se realizó durante el período 1999-2003 en diferentes sitios de la provincia de Tucumán (Fig. 1; Tabla 1). Se tomaron muestras de 12 sitios ubicados entre los 760 y 2300 msnm, en los Departamentos Yerba Buena, Burruyacú, Trancas, Tafí del Valle y Tafí Viejo. El relieve en los diferentes sitios incluye llanuras y montañas. Las precipitaciones medias anuales oscilan entre 550 mm en la zona oriental más seca y 1200 mm en la zona occidental más húmeda (Sesma *et al.*, 1998). Los sitios incluyen diferentes tipos de vegetación, tales como, selva, bosques montanos y, pastizal, entre otros (Tabla 1).

### DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES EN ESTUDIO

*Duchesnea indica* y *Fragaria vesca* son hierbas perennes, rastreras, estoloníferas, trifoliadas, con flores solitarias y bisexuales; amarillas en *D. indica* y blancas en *F. vesca*. El fruto es un poliaquenio con receptáculo rojo, carnoso, globoso e insípido en *D. indica* y cónico y dulce en *F. vesca* (Zardini, 1973; Arias, 2007). *D. indica* se distribuye entre los 600 y 2200 msnm mientras que *F.*

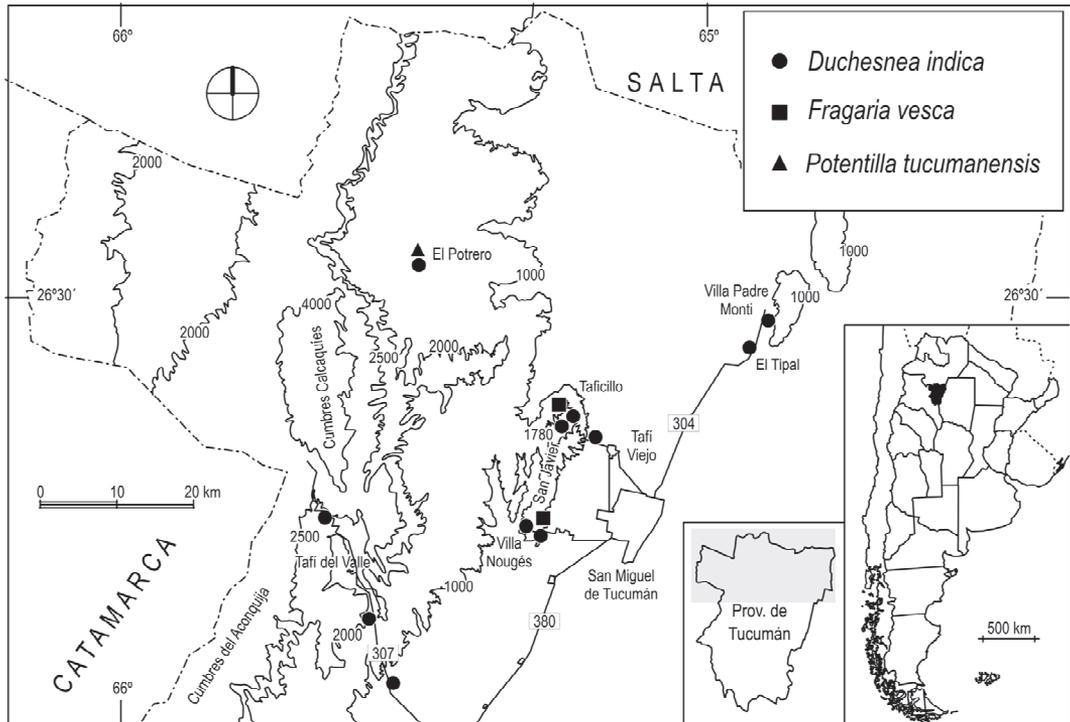


Fig. 1. Ubicación de los sitios de muestreo de *Duchesnea indica*, *Fragaria vesca* y *Potentilla tucumanensis* en la provincia de Tucumán.

*vesca* se encuentra por arriba de los 1300 msnm (Arias *et al.*, 1998). Ambas especies crecen en zonas húmedas, umbrías, próximas a cursos de agua, en bordes de caminos y en pastizales abiertos (Arias, 2007). *Potentilla tucumanensis* es una especie endémica, anual, herbácea, erecta, trifoliada, con flores solitarias, bisexuales y amarillas. El fruto es un poliaquenio con receptáculo marrón, seco (Arias, 2007). Las tres especies se distribuyen en la ecoregión de las Yungas.

#### MUESTREO DEL SISTEMA RADICAL

Durante las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera, se tomaron muestras del sistema radical de plantas adultas de *D. indica*, *F. vesca* y *P. tucumanensis*. En cada sitio y dentro de un área de aproximadamente 1 ha, se tomaron muestras al azar del sistema radical de 5 plantas adultas de cada especie. El material obtenido se acondicionó en bolsas de nylon y se mantuvo en heladera a 4 °C hasta su procesamiento.

En el laboratorio las raíces fueron tratadas según la técnica de Phillips y Hayman (1970), posteriormente fueron teñidas con Azul tripán en glicerina al 0,05%, y preservadas en glicerina con unas gotas de ácido fénico hasta su montaje. La cuantificación de las micorrizas arbusculares se realizó siguiendo el método de intersección magnificada (McGonigle *et al.*, 1990) utilizando un microscopio óptico Olympus con aumento de 200x. Del sistema radical de 5 individuos de cada especie, se seleccionaron al azar 30 fragmentos de 1 cm de longitud y en cada fragmento se examinaron 5 intersecciones (150 intersecciones por cada individuo). En relación a los hongos septados oscuros sólo se registró su presencia en cada especie vegetal estudiada.

*Muestreo de Suelo.*— De cada sitio se extrajeron 5 muestras de suelo de los primeros 15 cm de profundidad que fueron almacenadas en bolsas plásticas etiquetadas. Las muestras fueron sometidas a un análisis físico-químico

**Tabla 1.** Características de los sitios de muestreos.

SITIOS DE ESTUDIO	DEPARTAMENTO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	ALTITUD (msnm)	TIPO DE VEGETACIÓN DOMINANTE	ECORREGIÓN
Villa Nougues (VN1)	Yerba Buena	26° 51' 25"S - 65° 21' 50"W	1128	Selva	Yungas
Villa Nougues (VN2)	Yerba Buena	26° 51' 22"S - 65° 22' 18"W	1273	Selva (estrato herbáceo)	Yungas
Villa Nougues (VN3)	Yerba Buena	26° 50' 41"S - 65° 23' 04"W	1480	Bosque	Yungas
Villa Padre Monti (VPM)	Burrucacú	26° 30' 26"S - 64° 59' 54"W	840	Estrato herbáceo	Ecotono Yungas-Chaco
El Típal (TIP)	Burrucacú	26° 30' 26"S - 64° 59' 54"W	840	Estrato herbáceo	Ecotono Yungas-Chaco
Potrero (PTR)	Trancas	26° 26' 26"S - 65° 33' 55"W	1548	Chacra	Yungas
Tafí del Valle (TVS)	Tafí del Valle	26° 04' 50"S - 65° 39' 53"W	767	Selva	Yungas
Tafí del Valle (TVB)	Tafí del Valle	26° 59' 16"S - 65° 39' 46"W	1632	Bosque	Yungas
Tafí del Valle (TVP)	Tafí del Valle	26° 49' 41"S - 65° 42' 31"W	2336	Pastizal	Yungas
Taficillo (TFS)	Tafí Viejo	26° 43' 06"S - 65° 17' 24"W	950	Selva	Yungas
Taficillo (TFB)	Tafí Viejo	26° 41' 43"S - 65° 19' 41"W	1650	Bosque	Yungas
Taficillo (TFP)	Tafí Viejo	26° 41' 59"S - 65° 20' 27"W	1860	Pastizal	Yungas

donde se evaluaron los siguientes parámetros: pH en agua destilada (relación 1:2,5) mediante métodos colorimétricos y potenciométricos (Atkins, 1989); Carbono orgánico (%) y materia orgánica (MO%) mediante el método de Walkley-Black (1934); Carbonatos mediante el método vasométrico; Fósforo extraíble, mediante el método de Bray I (Bray, 1948); Capacidad de intercambio catiónico (pH= 7,0; meq/100 gr), mediante el método de acetato de amonio (Jackson, 1982), cationes intercambiables: Calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ , meq/100 g de suelo), Magnesio ( $\text{Mg}^{+}$ , meq/100 g de suelo), Sodio ( $\text{Na}^{+}$  meq/100 g de suelo), y potasio ( $\text{K}^{+}$ , meq/100 g de suelo); Porcentaje de textura mediante el método densimétrico de Bouyoucos (Etchevehere, 1976).

#### ANÁLISIS DE DATOS

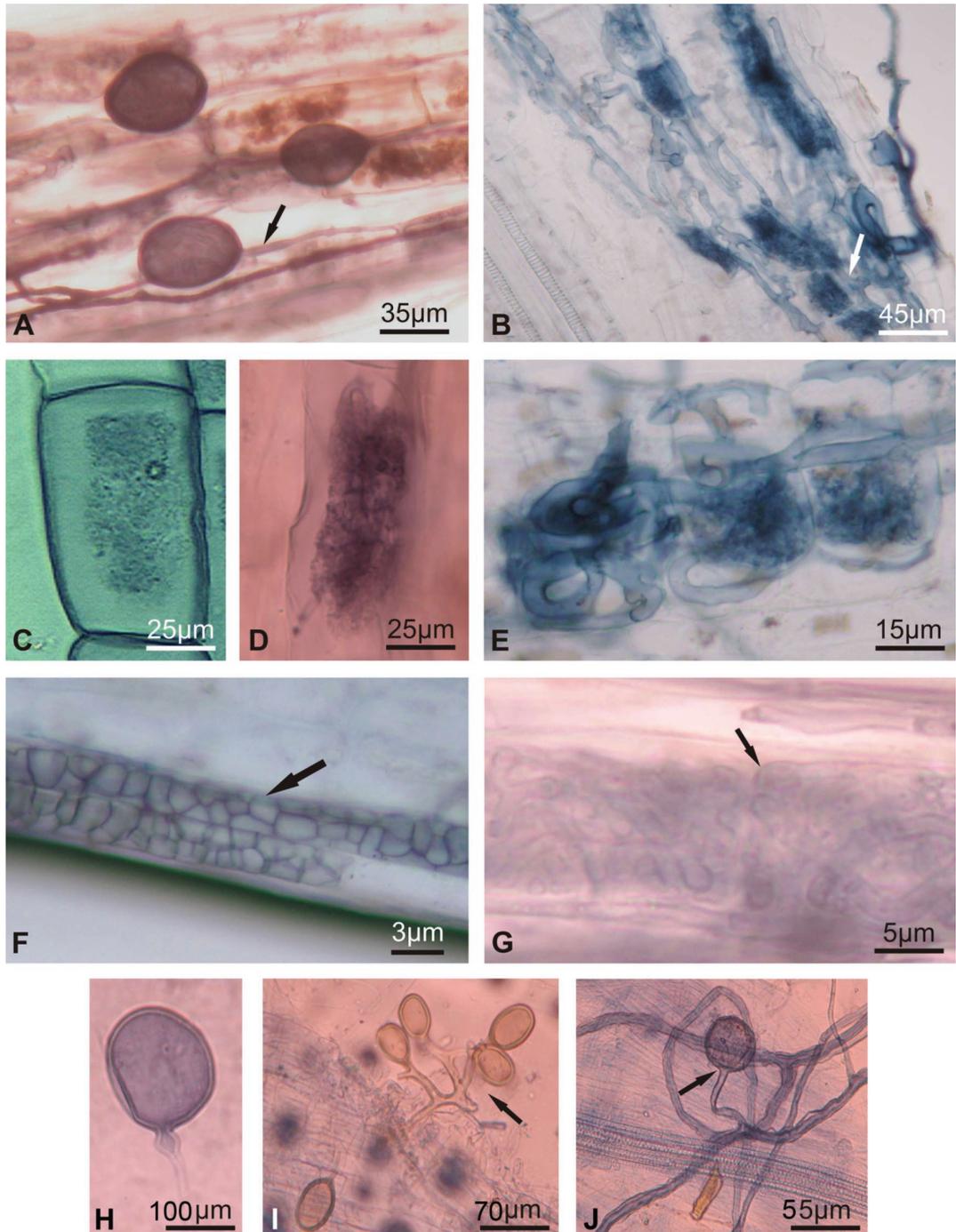
Para cada individuo se cuantificó el porcentaje de colonización por hifas y arbusculos. Debido a la gran variabilidad en los porcentajes de colonización de cada parámetro se aplicaron pruebas no paramétricas de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis (Quinn y Keough, 2002) para comparar la colonización de micorrizas arbusculares (hifal y arbuscular) entre localidades y estaciones. Cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó *a posteriori* la prueba de comparaciones múltiples de Dunn (Quinn y Keough, 2002).

## RESULTADOS

### MORFOLOGÍA DE LA COLONIZACIÓN

En los sistemas radicales de *D. indica*, *F. vesca* y *P. tucumanensis* se observó colonización micorrícica arbuscular con dos tipos morfoanatómicos simultáneos, *Arum* y *Paris*, predominado el segundo en *F. vesca*. El ingreso del simbionte a la raíz puede ocurrir a través o entre las células epidérmicas típicas y por los pelos radicales. En el tipo *Arum* se observaron dos espesores de hifas intercelulares: HIFAS DELGADAS, que pueden portar vesículas en posición terminal (Fig. 2A, *D. indica*; Fig 3A, *F. vesca*; Fig 4A, *P. tucumanensis*) o intercalar (Fig. 3B, *F. vesca*) y por otro lado, HIFAS GRUESAS con estructuras en «H» (en las tres especies), que recorren longitudinalmente la corteza radical, y forman arbusculos laterales intracelulares (Fig. 2B y C; Fig. 3C y D; Fig. 4B y C). En el tipo *Paris* sólo se observaron HIFAS GRUESAS intracelulares que forman circunvoluciones, en las tres especies (Fig. 2E; Fig. 3E y F; Fig. 4D). Además, *D. indica* presentó arbusculos en las circunvoluciones (Fig. 2D y E).

Los tres hospedantes registraron endófitos septados oscuros en las células parenquimáticas de la corteza. Estos hongos poseen hifas y microesclerocios de color castaño, con hifas intercelulares que recorren las células corticales de la raíz en forma paralela al eje



**Fig. 2.** *Duchesnea indica*. A) Micelio fino intercelular con vesículas terminales. B) Colonización micorrícica por hifas gruesas intercelulares con arbusculos laterales (tipo *Arum*). C) Detalle de arbusculo tipo *Arum*. D y E) Circunvoluciones intracelulares con arbusculos (tipo *Paris*). F) Microesclerocio de hongos septados oscuros. G) Tercer endófito con hifas septadas intracelulares ovilladas. H) *Gigaspora* sp. I) Esporocarpio de *Glomus* sp. J) Espora de *Glomus* sp.

longitudinal de la misma y en ciertos lugares penetra, intracelularmente, formando los microsclerocios (Fig. 2F; Fig. 3G; Fig. 4E). Se detectó, además, en las células corticales de *D. indica* y *P. tucumanensis* un tercer endófito con hifas septadas intracelulares muy ovilladas (Fig. 2G; Fig. 4F). Adheridos a las raíces *D. indica* y *F. vesca* se encontraron esporas y esporocarpos, pertenecientes a los géneros *Gigaspora* y *Glomus* (Fig. 2H-J; Fig. 3H).

### COMPARACIÓN DE MA

#### ENTRE LOCALIDADES Y ESTACIONES

Los porcentajes de colonización micorrícica entre sitios y estaciones fueron diferentes según las estructuras analizadas. Al comparar la colonización entre sitios, los mayores porcentajes para *D. indica* correspondieron a Villa Nougés (VN1, 1128 m snm), Taficillo pastizal (TFP, 1860 m snm) y Villa Padre Monti (840 m snm) para la colonización hifal, mientras que en Villa Nougés (VN1, 1128 msnm) lo fue para la colonización arbuscular (Tabla 2). Para *F. vesca*, la colonización por MA entre los sitios Taficillo Pastizal y Villa Nougés no mostró diferencias en la colonización hifal, como tampoco

**Tabla 2.** Colonización micorrícica arbuscular (MA) en *Duchesnea indica*. Comparación entre localidades. Letras distintas indican diferencias significativas.

Sitios	Tipo de colonización	
	Hifal (%)	Arbuscular (%)
Potrero	63,26b,c,d	4,48c,d
Taficillo (bosque)	74,4a,b,c	5,23c,d
Taficillo (pastizal)	80,95a	6,93b,c,d
Taficillo (selva)	32,81d	0,7d
Tafí del Valle (bosque)	60,18c,b	11,67a,b,c
Tafí del Valle (pastizal)	60,39c,d	11,31a,b,c
Tafí del Valle (selva)	65,52b,c,d	9,82a,b,c
El Típal	70,94a,b,c	13,34a,b
Villa Nougés (1120 msnm)	81,27a	19,88a
Villa Nougés (1480 msnm)	76,72a,b	11,93a,b,c
Villa Padre Monti	80,63a	12,97a,b
Nº réplicas	5	5
Estadístico H (Kruskal-Wallis)	40,7	34,64
Grados de libertad	10	10
Probabilidad	0,0001	0,0001

**Tabla 3.** *Fragaria vesca*. Colonización micorrícica. Comparación entre localidades. Letras distintas indican diferencias significativas.

Sitios	Tipo de colonización	
	Hifal (%)	Arbuscular (%)
Taficillo (pastizal)	66,96a	1,37a
Villa Nougés (1230 msnm)	71,64a	2,77a
Nº réplicas	5	5
Estadístico U (Mann-Whitney)	3,94	1,84
Grados de libertad	1	1
Probabilidad	0,06	0,22

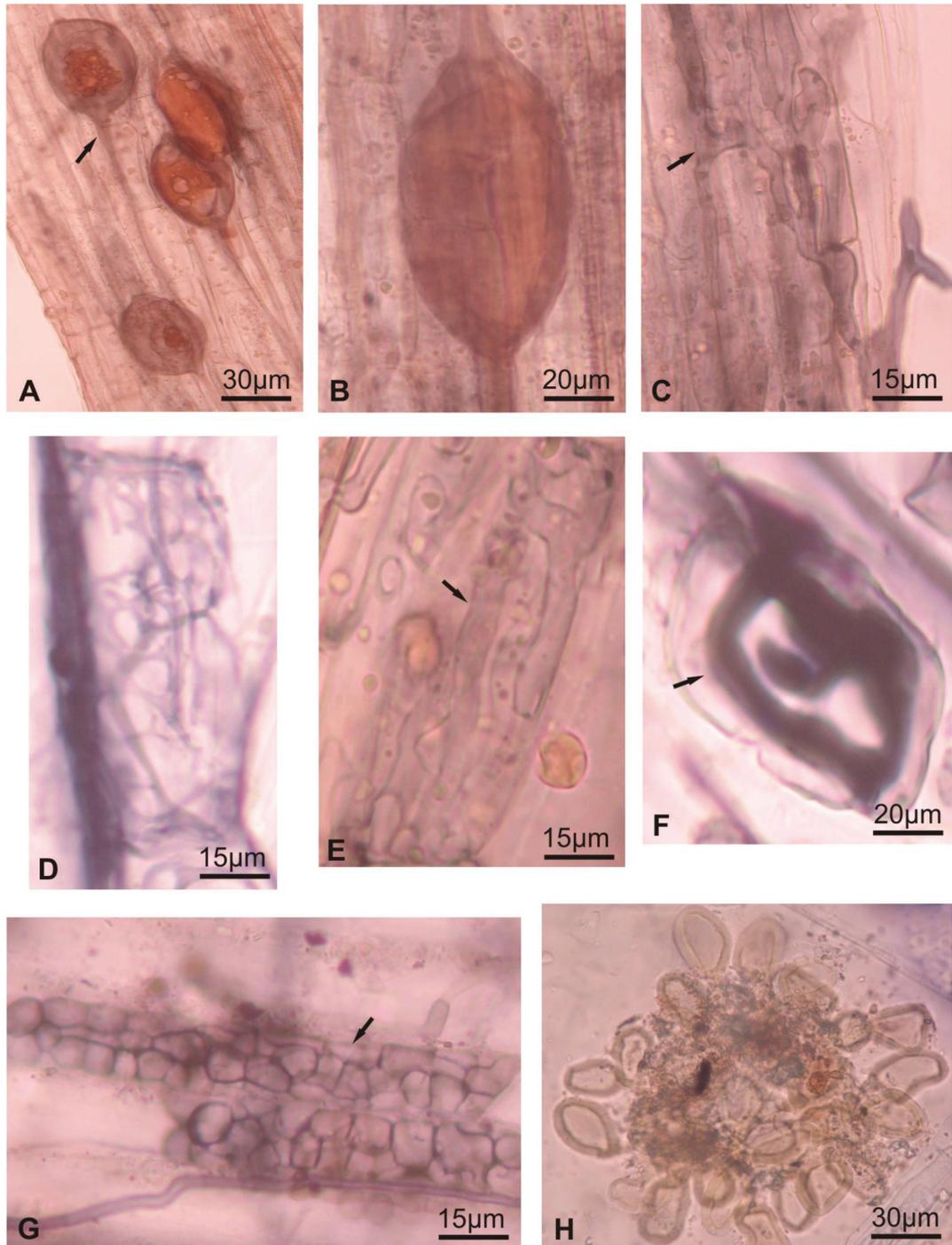
lo hizo la colonización arbuscular (Tabla 3). Al comparar la colonización MA entre estaciones, los mayores porcentajes de colonización hifal se observaron en *D. indica* y *F. vesca* evidenciando un pico máximo en la primavera. Mientras que *P. tucumanensis* en la estación invernal se mostró la mayor colonización hifal (Tabla 4).

#### DETERMINACIÓN ANALÍTICA DE LOS SUELOS ESTUDIADOS

En la Tabla 5 se detalla el análisis granulométrico y físico-químico realizado en los suelos procedentes de diferentes localidades de la provincia donde crecen las especies estudiadas. En relación a la granulometría, se observó que los suelos de la mayoría de los sitios analizados presentan una característica textural correspondiente a franco-arenoso. El pH de la generalidad de los suelos fue ácido con excepción de Villa Padre Monti y El Típal (pH 7,5), conteniendo además carbonato (3,52% y 0,42% respectivamente).

**Tabla 4.** Colonización hifal. Comparación estacional. Letras distintas indican diferencias significativas.

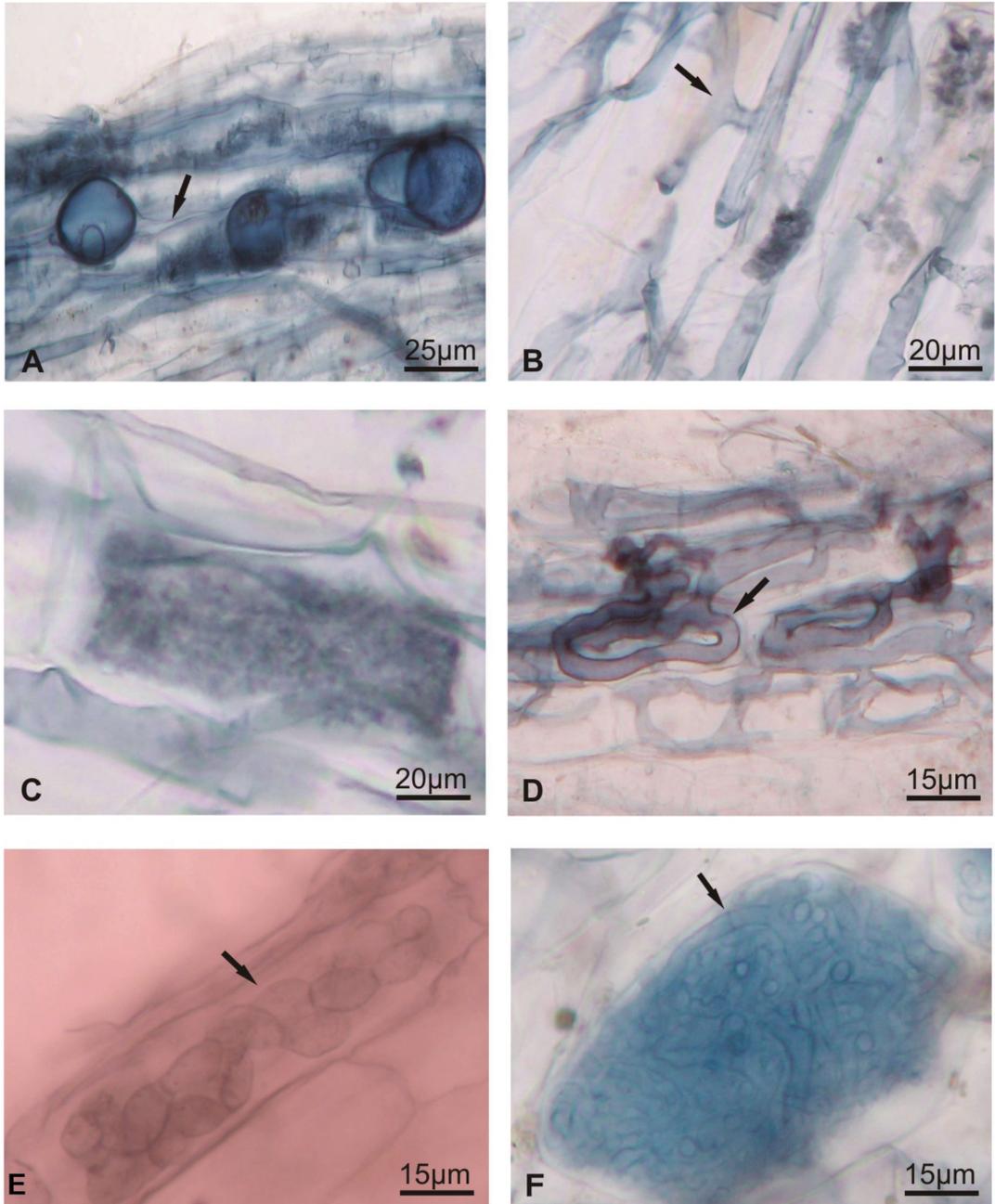
Estación	<i>Duchesnea indica</i>	<i>Fragaria vesca</i>	<i>Potentilla tucumanensis</i>
Primavera	80,48a	80,48a	47,01a,b
Verano	58,5c	53,47b	8,57b,c
Otoño	61,73b,c	60,91a,b	7,5c
Invierno	69,82a,b	70,57a,b	75,7a
Nº réplicas	5	5	5
Estadístico H (Kruskal-Wallis)	16,55	11,41	11,46
Grados de libertad	3	3	3
Probabilidad	0,0009	0,0097	0,0093



**Fig. 3.** *Fragaria vesca*. A) Micelio fino intercelular con vesículas terminales. B) Vesícula intercalar. C) Colonización micorrizica por hifas gruesas intercelulares en H (tipo *Arum*). D) Arbúsculo laterales (tipo *Arum*). E) Circunvoluciones intracelular (tipo *Paris*). F) Detalle de circunvolución intracelular (tipo *Paris*). G) Microesclerocios de hongos septados oscuros. H) Esporocarpio de *Glomus* sp.

En cuanto al carbono orgánico y la materia orgánica, las localidades de Villa Nougués (1480 msnm) y Taficillo (bosque, 1650 msnm y pastizal, 1860 msnm) presentaron

porcentajes más elevados. La cantidad de fósforo en el suelo tiene influencia directa con el grado de asociación micorrícica y en este sentido los resultados evidenciaron que



**Fig. 4.** *Potentilla tucumanensis*. A) Micelio fino intercelular con vesículas terminales. B) Colonización micorrícica por hifas gruesas intercelulares en H (tipo *Arum*). C) Detalle de arbusculo lateral (tipo *Arum*). D) Circunvolución intracelular (tipo *Paris*). E) Microesclerocio de hongos septados oscuros. F) Hifas septadas intracelulares ovilladas.

en la localidad de El Potrero, suelo agrícola donde crece *P. tucumanensis*, registró la mayor cantidad de fósforo (138,39 ppm).

#### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En las tres especies de rosáceas estudiadas se observó la coexistencia de MA y endófitos septados oscuros (ESO) con microesclerocios; similar situación fue observada por Peterson *et al.* (2004). Según Jumpponen (2001) estos septados podrían ser patógenos o benéficos dependiendo de la especie vegetal y el genotipo fúngico. Un tercer endófito septado intracelular muy ovillado se encontró en *D. indica* y *P. tucumanensis*. Según Smith y Smith (1997), el tipo de colonización micorrícica arbuscular *Arum-Paris* lo determina la planta hospedante. Sin embargo Cavagnaro *et al.* (2001) y Kubota *et al.* (2005) consideran que el tipo de colonización estaría determinado por la interacción entre los genotipos de la planta y el hongo. Ahulu *et al.* (2005) proponen que el tipo *Arum* se relacionaría con especies vegetales pioneras y el tipo *Paris* con especie sucesionales tardías. En esta investigación los sistemas radicales de las plantas herbáceas correspondientes a *D. indica*, *F. vesca* y *P. tucumanensis* presentaron colonización micorrícica arbuscular con dos tipos morfoanatómicos simultáneos (*Arum* y *Paris*); esto demuestra una diferencia en relación a lo propuesto por Ahulu *et al.* (2005). Además se evidenció, en *D. indica*, una nueva morfoanatomía (*Paris*), que se adiciona a la mencionada por Menoyo *et al.* (2007), quienes describen, para esta misma especie, la morfología *Arum* en material procedente de la provincia de Córdoba.

*Duchesnea indica* presentó los mayores porcentajes de micorrización hifal principalmente en las localidades de Villa Nougues y Villa Padre Monti en la primavera, sitios donde los niveles de fósforo fueron muy bajos (11 y 7 ppm). Una situación opuesta fue observada en *P. tucumanensis*, la cual registró una distribución limitada a un campo de cultivo (Arias *et al.*, 2001), donde los valores de fósforo inorgánico presentes en el sue-

lo rizosférico son elevados (138,39 ppm), sugiriendo que quizás sea ésta la razón por el cual esta especie mostró el menor porcentaje de colonización hifal. Cabe destacar que el contenido de fósforo disponible en el suelo es una de las condiciones necesarias por la cual una especie vegetal puede depender de la asociación con hongos MA para subsistir; ese valor se estima por debajo de 20 ppm de fósforo (Dra. M. Cabello, com. pers.; Barea *et al.*, 2002; Read y Pérez-Moreno, 2003). Sin embargo, cada especie vegetal puede tener requerimientos particulares de un nivel óptimo de fósforo soluble diferente, a partir del cual se estimularía fuertemente la colonización (Hirata *et al.*, 1988). La estrecha relación entre el fósforo disponible para las plantas, con el contenido de carbono orgánico del suelo indica el importante efecto de la materia orgánica sobre la disponibilidad del fósforo. La materia orgánica no sólo afecta el intercambio aniónico, también interviene en la dinámica del fósforo por la formación de complejos órgano-fosfatados que son fácilmente atacables por los organismos del suelo y de esa manera al mineralizarse, contribuyen al fósforo disponible (Boschetti *et al.*, 2003). En relación a esto se observó que en los ambiente de bosque y pastizal (localidad de Taficillo) y el bosque (localidad de Villa Nougues), se registraron los mayores porcentajes de carbono orgánico (7 y 8 %) y materia orgánica (11 y 14 %) coincidentemente con bajos niveles de fósforo y buenos porcentajes de colonización micorrícica hifal en comparación con el ambiente de selva para las localidades de Taficillo y Tafí del Valle. Se estima que el suelo de una selva presenta aproximadamente 4% de materia orgánica (Dr. J. A. González, com. pers.).

Se describe por primera vez para Argentina la morfología de micorrizas arbusculares y la coexistencia de septados oscuros en *F. vesca* y *P. tucumanensis*; además de la presencia de un tercer endófito fúngico en *D. indica* y *P. tucumanensis*, como la morfología tipo *Paris* y la co-ocurrencia de endófitos septados oscuros en *D. indica*.

## AGRADECIMIENTOS

A la Sección Suelo de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres por facilitarme ese espacio físico, los equipos y las técnicas para la realización de los análisis físico-químicos de los suelos. En particular al Ing. Durán por el adiestramiento de los distintos procedimientos y/o protocolos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahulu E. M., Nakata M., Nonaka M. 2005. *Arum*- and *Paris*-type arbuscular mycorrhizas in a mixed pine forest on sand dune soil in Niigata Prefecture, central Honshu, Japan. *Mycorrhiza* 15: 129-136.
- Albornoz P., Arias M., Castagnaro A., Díaz Ricci J. C. 2007. Comparative root anatomy of *Duchesnea indica*, *Fragaria vesca* and *Potentilla tucumanensis* (Rosaceae) in the province of Tucumán, Argentina. *Adansonia* 29: 255-267.
- Arias M. E. 2007. Frutillas silvestres y especies relacionadas con la cultivada. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán, 125 pp.
- Arias M., Albornoz P., Díaz Ricci J. C., Castagnaro A. P., Kirschbaum D. S. 1998. Collection and characterisation of native and naturalized germoplasm of *Fragaria* and related genera *Potentilla* and *Duchesnea* in Argentina for its induction to strawberries breeding programs. In Proceedings of the Natural Resources Forum 98, June 9 and 10, Gainesville, Fla. Center for Natural Resources. Institute of food and Agriculture, University of Florida, Gainesville, FL, USA, 148 pp.
- Arias M., Díaz Ricci J. C., Castagnaro A. 2001. Changes in the distribution range of *Potentilla tucumanensis* (Rosaceae), an endangered cryptic species. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 36: 151-157.
- Atkins P. W. 1989. *Química General*. Ediciones Omega.
- Barea J. M., Azcón R., Azcón-Aguilar C. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antony van Leeuwenhoek* 81: 343-351.
- Barrow J. R., Aaltonen R. E. 2001. Evaluation of the internal colonization of *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Roots by dark septate fungi and the influence of host physiological activity. *Mycorrhiza* 11: 199-205.
- Barrow J. R. 2003. Atypical morphology of dark septate fungal root endophytes of *Bouteloua* in arid southwestern USA rangelands. *Mycorrhiza* 13: 239-247.
- Boschetti N. G., Quintero C. E., Benavidez R. A., Giuffrè L. 2003. Cuantificación de las fracciones orgánicas e inorgánicas de fósforo en suelos de la Mesopotamia Argentina. *Ciencia del Suelo* 21: 1-8.
- Brandán de Weht C. I., Brandán E. Z., Maidana J. R. 2002. *Duchesnea* sp. y *Fragaria ananassa* Duch. hospederos de endomicorrizas nativas y nemátodos en dos zonas en Tucumán, República Argentina. En: Manejo de sistemas microbianos para optimizar la producción agrícola y silvopastoril en algunas áreas del NOA. Bellone C. H., Carrizo de Bellone S., Pedraza R. O. (Eds.). Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán, pp. 105-107.
- Bray R. H. 1948. Correlation of soil tests with crop response to fertilizers and with fertilizer requirement. In: Diagnostic techniques for soils and crops. Kitchen H.B. (Ed.), Am. Potash Inst., Washington, D. C., pp. 53-86.
- Castagnaro A. P., Díaz Ricci J. C., Arias M. E., Albornoz P. L. 1998. A new species of *Potentilla* (Rosaceae). *Novon* 8: 333-336.
- Cavagnaro T. R., Gao L. L., Smith F. A., Smith S. E. 2001. Morphology of arbuscular mycorrhiza is influenced by fungal identity. *New Phytologist* 151: 469-475.
- Etchevehere P. 1976. Normas de reconocimiento de suelos. INTA Castelar. Bs. As.
- Gallaud I. 1905. Etudes sur les mycorrhizes endotrophes. *Revue Générale de Botanique* 17: 5-48, 66-85, 123-136, 223-239, 313-325, 423-433, 479-500.
- Harley J. L., Smith S. E. 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press Inc., London, UK. 483 pp.
- Harrison M. J. 1997. *The arbuscular mycorrhizal symbiosis*. Academic Press Inc. England. ISBN 0-12-325560-0.
- Hirata H., Masunaga T., Koiwa H. 1988. Response of chickpea grown on ando-soil to vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in relation to the level of phosphorus application. *Soil Science and Plant Nutrition* 34: 441-449.
- Jackson M. L. 1982. *Análisis Químico de Suelos*. 4ª Edición. Ed. Omega S.A. Barcelona.
- Jumpponen A. 2001. Dark septate endophytes are they mycorrhizal? *Mycorrhiza* 11: 207-211.
- Kubota M., McGonigle T. P., Hyakumachi M. 2005. Co-occurrence of *Arum*- and *Paris*-type morphologies of arbuscular mycorrhizal

- zae in cucumber and tomato. *Mycorrhiza* 15: 73-77.
- Menoyo E., Becerra A. G., Renison D. 2007. Mycorrhizal associations in *Polylepis* woodlands of central Argentina. *Canadian Journal of Botany* 85: 526-531.
- McGonigle T. P., Miller M. H., Evans D. G., Fairchild G. L., Swan J. A. 1990. A method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 115: 495-501.
- Peterson R. L., Massicote H. B., Melville L. H. 2004. Dark septate fungal endophytes. In "Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology", P. B. Cavers (Ed.), National Research Council of Canada, Ottawa, pp. 55-79.
- Phillips J. M., Hayman D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-161.
- Quinn G., Keough M. 2002. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. Cambridge University Press. Cambridge, UK: 553 pp.
- Read D. J., Pérez-Moreno J. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems – a journey towards relevance? *New Phytologist* 157: 475-492.
- Selvaraj T., Chellappan P. 2006. Arbuscular mycorrhizae: a diverse personality. *Journal of Central European Agriculture* 7: 349-358.
- Sesma P. J., Guido E. Y., Puchulu M. E. 1998. Clima de la provincia de Tucumán. En: Gianfrancisco M., Puchulu M. E., Durango de Cabrera J., Aceñolaza G. F. (Eds.), *Geología de Tucumán. Publicación Especial, Colegio de Graduados de Ciencias Geológicas de Tucumán, Argentina*, pp. 41-46.
- Schüßler A., Schwarzott D., Walker C. 2001. A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105: 1413-1421.
- Smith S. E., Read D. J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, San Diego, 605 pp.
- Smith F. A., Smith S. E. 1997. Structural diversity in vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *New Phytologist* 137: 373-388.
- Walkley A., Black I. A. 1934. An examination of the effect of the digestive method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Wang B., QIU Y. L. 2006. Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza* 16: 299-363. <http://dx.doi.org/10.1007/s00572-005-0033-6>.
- Zardini E. M. 1973. Los géneros espontáneos de Rosáceas de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 15: 209-228.
- Zardini E. M. 1999. Rosaceae. En: *Catálogo de las plantas vasculares de la República Argentina II. Fabaceae-Zigophyllaceae (Dicotiledoneae)*. Zuloaga F., Morrone O. (Eds.), Missouri Botanical Garden Press, St. Louis: 981-992.