

Microbiología Agrícola

**Un aporte de la Investigación
en Argentina**

SEGUNDA EDICIÓN

Ada S. Albanesi
editor



ediciones
 **MAGNA**

Biodiversidad de hongos formadores de micorrizas arbusculares reportada para Argentina

Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi recorded for Argentina

Marta Cabello

Resumen

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares constituyen una asociación simbiótica con la mayoría de las plantas terrestres, acuáticas, epífitas y con talos de briofitas, siendo de amplia distribución geográfica. La composición de las comunidades de hongos arbusculares afecta la estructura y funcionamiento de las comunidades de plantas. El reconocimiento de las especies es fundamental para el entendimiento de cómo su diversidad afecta los procesos ecosistémicos.

En la actualidad los hongos formadores de micorrizas arbusculares están agrupados en el phylum Glomeromycota, Clase Glomeromycetes y se reconocen 4 Ordenes, 11 Familias, 26 géneros y cerca de 220 especies. Las características más sobresalientes que los reúnen en este grupo es el carácter de organismos biotrofos obligados que penetran intracelularmente las células de la corteza radical y forman estructuras típicas llamadas arbusculos.

El propósito de esta revisión es señalar las principales características morfológicas a tener en cuenta para una correcta identificación de las especies (= morfoespecies, taxa, morfotaxa) y su distribución en diferentes ecosistemas de Argentina.

Palabras clave: micorrizas arbusculares, taxonomía, Glomeromycota, biodiversidad.

Introducción

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) phylum Glomeromycota, Clase Glomeromycetes son organismos biotrofos obligados, que se

Instituto de Botánica Spegazzini, FCNyM-UNLP Avenida 53# 477, 1900 La Plata
Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires.
Mail: mcabello@netverk.com.ar

asocian a las raíces de las plantas vasculares terrestres, epífitas, acuáticas y también a rizoides y talos de briofitas formando una relación simbiótica mutualista denominada micorriza arbuscular (MA) y micotalia, para vegetales con y sin raíces respectivamente.

En los últimos años se les ha prestado especial atención debido al papel que estos hongos cumplen en la adquisición de nutrientes por las plantas, fundamentalmente del fósforo (P) que es uno de los elementos limitantes en la mayoría de los cultivos agronómicos.

Los suelos naturales, con las más diversas coberturas vegetales, contienen naturalmente comunidades HFMA asociados a las raíces de las plantas. Determinar la diversidad y los factores que afectan la estructura y función de esas comunidades y su contribución para el crecimiento de diversas plantas cultivadas o nativas ha sido el objetivo de numerosas investigaciones realizadas en nuestro país. De este modo se han efectuado estudios tendientes a las identificaciones de las comunidades fúngicas y su relación con las comunidades de plantas y factores ambientales en ecosistemas naturales y prácticas agronómicas empleadas en los agroecosistemas. Cuanto más exacta sea la identificación de las especies, mayores serán las chances de comprender su ecología y el efecto de los factores bióticos y abióticos sobre ellos. En este capítulo se abordarán aspectos básicos de la biología y morfología de los Glomeromycota como así también la diversidad reportada para Argentina.

Características de los Glomeromycota

Los Glomeromycota forman un grupo monofilético de hongos clasificados en 4 Ordenes, 11 familias y 26 géneros (Redecker et al., 2013) con cerca de 220 especies descritas.

Como características fundamentales del phylum podríamos señalar: *i*) micelio cenocítico o espaciadamente septado; *ii*) habitat hipogeo, a veces epigeo y *iii*) clamidosporas (esporas) blásticas formadas en el extremo de la hifa, seguido por engrosamientos de los componentes estructurales de la pared y ocluido por un septo, engrosamiento de la pared de la espora o deposición de un tapón amorfo en el lumen de la hifa sustentora (o esporógena).

Morfología de la colonización

Existen tres componentes fundamentales en el sistema radical micorrizado – la raíz y los dos sistemas miceliares asociados: uno dentro de la raíz: el intraradical y otro en el suelo: micelio extraradical. Las descripciones e ilustraciones del micelio interno fueron realizadas por Janse en 1897. Detalles de las interacciones

fúngicas con las células y tejidos vegetales fueron publicados por Gallaud en 1905. En sus observaciones Gallaud describió 2 tipos básicos en la colonización, el *Arum* y el *Paris*. El tipo *Arum*: “típica micorriza arbuscular” se da en un sistema radical de rápido crecimiento. El hongo se dispersa rápido en la corteza de la raíz mediante hifas intercelulares; ramas cortas y laterales penetran las células y desarrollan los típicos arbusculos. En el tipo *Paris* la colonización se caracteriza por un extenso desarrollo de hifas “coils” intracelulares, las cuales se dispersan de célula a célula entre la corteza. Estos “coils” (también llamados circunvoluciones), más que los arbusculos, predominan en gametofitos de *Psilotum*, en la briofita aclorófila *Cryptothallus mirabilis* y en raíces de miembros aclorófilos de las Gentianaceae y Burmanniaceae.

En Argentina los estudios relacionados a los diferentes tipos de colonización dan como resultados que el tipo *Arum* está presente en el 90% de las especies vegetales analizadas en el Parque Nacional el Palmar (Velázquez y Cabello, 2010). Este resultado coincide con los hallazgos de Frachia et al., (2009), quienes también encontraron este tipo de colonización como el más abundante en los bosques del Chaco Serrano. El tipo *Paris* fue dominante en la vegetación de la Selva de las Yungas (Becerra et al., 2007) y en bosques de *Polylepis* (Menoyo et al., 2007). Aunque la formación de los tipos *Arum* y *Paris* está principalmente bajo el control genético de la planta hospedadora (Jacquelinet-Jeanmougin y Gianinazzi-Pearson, 1983), existiendo una fuerte relación entre el tipo de colonización y la identidad de las familias vegetales (Yamato 2004), existen evidencias que la especie fúngica puede tener también su efecto en la determinación del tipo de colonización (Cavagnaro et al., 2001).

Esporas

Los Glomeromycota producen esporas con características únicas en el Reino Fungi. La organización de las paredes en las esporas es uno de los principales atributos morfológicos utilizados en su caracterización con fines taxonómicos. Cada espora producida por hongos arbusculares es una única célula multinucleada, y los fenotipos de los caracteres subcelulares que constituyen las paredes de la espora presentan alta variabilidad que no es encontrada en otros grupos fúngicos. Diversas características morfológicas y ontogenéticas de las esporas son utilizadas para describir y clasificar a estos hongos.

Mediante microscopía electrónica de barrido se han confirmado observaciones realizadas con microscopios ópticos relativas a las ornamentaciones de las paredes de las esporas (Figura 1A, B y C). Con microscopía electrónica de transmisión las investigaciones han revelado variaciones en la arquitectura fina de componentes de paredes e hifas.

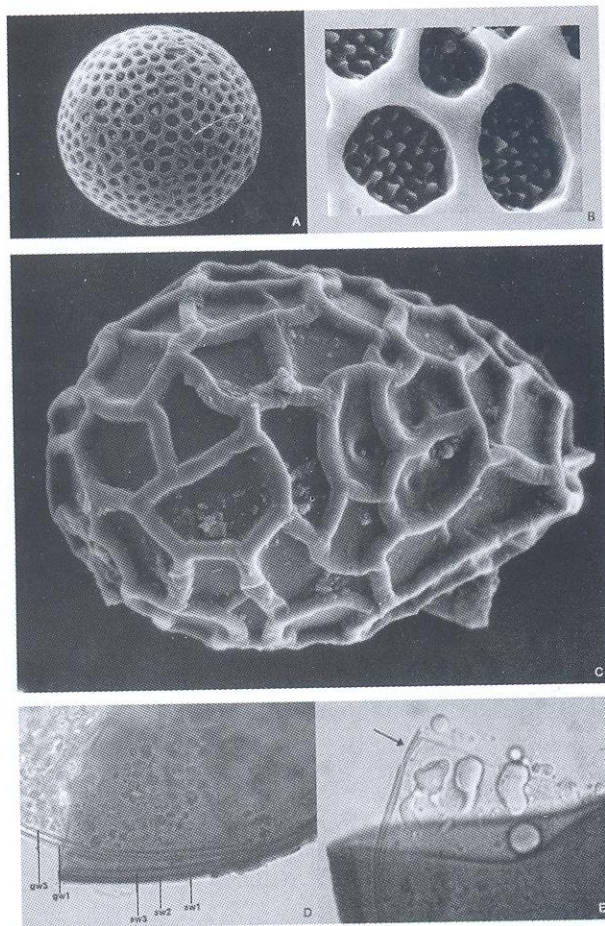


Figura 1A, B y C. Microfotografías de microscopio electrónico de barrido mostrando ornamentaciones en las paredes: A- espora de *Acaulospora birreticulata*; B- detalle de la ornamentación de la espora; C- *Acaulospora excavata*; D y E microfotografías de microscopio óptico mostrando los grupos de paredes: D- *Acaulospora entreriana* mostrando los grupos de paredes (sw1-3) y paredes germinales (gw1 y 3); E- *Acaulospora* sp. la flecha señala el grupo de paredes germinales.

Los Glomeromycota no poseen mecanismos de reproducción sexual, se reproducen por esporas asexuales o clamidosporas. Estas esporas son unidades biológicas preprogramadas, en estado de quiescencia, que necesitan ser activadas para desencadenar los procesos normales de su biología celular y las funciones metabólicas que sustentan su germinación y crecimiento de la fase filamentosa. No se conocen los mecanismos exactos por los cuales las esporas se activan e ini-

cion el proceso de germinación, aunque se sabe que contienen los factores biológicos requeridos para germinar. No poseen los sistemas genéticos y metabólicos para su crecimiento continuo y esporulación a menos que se asocien a células de raíces vivas.

La taxonomía tradicional de los Glomeromycota se basa en la morfología de las esporas. Actualmente, las identificaciones de las especies se están corroborando con asistencia de técnicas moleculares las cuales proveen las evidencias filogenéticas que soportan su filogenia.

Características morfológicas de las esporas

Las identificaciones taxonómicas de las especies se hace sobre las siguientes bases: modo de formación de la espora, forma, color y dimensiones de las esporas y de la hifa sustentadora (=hifa esporógena), color, engrosamiento y estructuras de las paredes de la espora, reacciones histoquímicas de las paredes con reactivo de Melzer. Esta última característica está relacionada directamente con la composición química de las capas de paredes, cambiando el color cuando se combina con el iodo y se torna amarillenta (inamiloide) rosa pálido a púrpura oscuro (dextrinoide) o azulado a negro (amiloide).

En Glomeromycota existen tres modos ontogenéticos de formación de las esporas: en el extremo de la hifa eporógena = morfotipo glomoide (Figura 2A); sobre una base bulbosa en la hifa esporógena = morfotipo gigasporoide (Figura 2B) o a partir de un sáculo esporífero o vesícula madre = morfotipo acaulosporoide (Figura 2C).

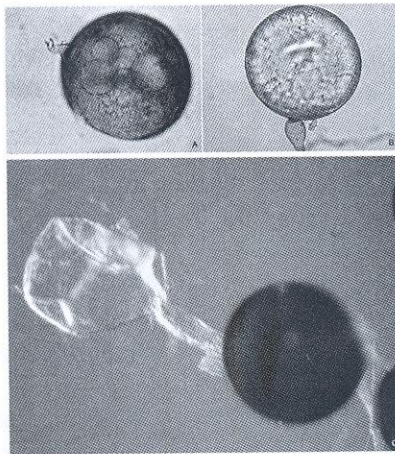


Figura 2 A- *Funneliformis mossea* (morfotipo glomoide) con hifa de sustentación; B- *Racocetra fulgida* (morfotipo gigasporoide) mostrando base bulbosa de la hifa de sustentación; C- *Acaulospora entrieriana* (morfotipo acaulosporoide) observar el sáculo colapsado sobre la espora

Las esporas son típicamente unicelulares y presentan uno o varios grupos de paredes, la más externa es el soporte esquelético y de protección del contenido protoplasmático, a estas se las denomina pared de la spora (Figura 1D, E). Las capas más internas, generalmente flexibles, son responsables de la formación de tubos germinativos directamente o bien por la formación de estructuras más elaboradas, es por ello que se las llama paredes germinativas (Fig 1D, E).

El morfotipo glomoide es compartido por los géneros *Claroideoglopus*, *Diversispora*, *Funneliformis*, *Glomus*, *Pacispora*, *Paraglopus*, *Rhizophagus*, *Sep-toglopus* y *Sclerocystis*.

El morfotipo gigasporoide se forma en las especies de *Cetraspora*, *Gigaspora*, *Racocetra* y *Scutellospora*.

El morfotipo acaulosporoide está presente en especies de *Acaulospora* y *Entrophospora*; y en *Archaeospora* y *Ambispora* están presentes, simultáneamente, los morfotipos glomoide y acaulosporoide.

Walker (1983) fue el primero en proponer una nomenclatura para los diferentes caracteres subcelulares que constituyen las esporas y que denominó paredes. Estas paredes pueden ser representadas gráficamente en los murogramas. Las paredes formadas en las esporas durante el proceso de maduración también son usadas con fines clasificatorios. Así podemos definir los diferentes tipos de paredes como sigue de acuerdo con de Souza et al., (2010).

Evanescente – aquella que es efímera, desapareciendo con la madurez de la spora. Esta pared puede ser única o con múltiples capas; generalmente tiene aspecto gelatinoso, pudiendo aglutinar detritos del suelo.

Unitaria – aquella que se presenta rígida, dando forma a la spora, única, no laminada, pudiendo ser lisa u ornamentada, pigmentada o hialina.

Laminada – formada por varias lamelas finas y rígidas íntimamente adheridas, presentando función estructural. El número de lamelas y el espesor de la pared pueden aumentar con la madurez de la spora. Puede ser pigmentada o hialina, lisa u ornamentada.

Expansiva – se trata de una pared única o laminada que se expande, cuando entra en contacto con medio ácido de montaje (como las resinas PVL e PVLG).

Membranosa – pared fina, 0,5-2,0µm espesor, flexible, generalmente hialina, que colapsa en medios hipertónicos. En *Acaulospora*, la pared más interna presenta una capa membranosa dotada de granulaciones en la superficie externa, siendo denominada membranosa “*beaded*”.

Coriácea – pared flexible, significativamente más espesa que el tipo anterior (2,0-5,0µm) y más resistente también. Cuando entra en contacto con soluciones hipertónicas, la superficie externa se torna rugosa, aparentemente áspera.

Amorfa – pared flexible, puede ser resistente, afectada por líquidos preser-

vativos, como glicerina y formaldehído. Éstos modifican su plasticidad, confiriéndole aspecto rígido, típico de las paredes unitarias. El espesor de esta pared varía de acuerdo con el líquido preservativo y medio de montaje. Su superficie externa frecuentemente colapsa, a semejanza de la pared membranosa.

Germinativa – se trata de una pared única, flexible, hialina o pigmentada, generalmente fina, que origina papilas redondeadas, inmediatamente antes de la germinación.

El desarrollo de metodologías basadas en el análisis molecular aplicadas a los estudios de ecología y biodiversidad de Glomeromycota ha revolucionado el campo de la ecología del suelo, y evidentemente el estudio de la ecología y sistemática de hongos arbusculares. El uso de metodologías moleculares de identificación de hongos arbusculares en un sistema radical e incluso en un suelo, sin necesidad de esporas, abre un abanico de innumerables posibilidades de aplicación a estudios ecológicos.

La mayoría de los estudios de sistemática molecular se han centrado casi exclusivamente en el análisis de genes que codifican para ARN ribosómico (ADNr), principalmente la región de la subunidad pequeña (18S), denominada SSU RNA (Small SubUnit). El ADNr en eucariotas está organizado de acuerdo a un esquema general (Fig. 3) que consiste en repeticiones de una unidad básica de transcripción constituida por las regiones codificantes del ARNr 18S (SSU RNA), 5,8S y 28S (LSU RNA = Large SubUNit RNA), unidas entre sí por unidades espaciadores de transcripción interna (ITS). Cada unidad básica está separada de la anterior y posterior por una región intergénica (IGS).

De estos estudios moleculares surge una radical modernización de la taxonomía la cual será un punto de referencia para futuros estudios. Redecker et al., (2013) establecen una clasificación consensuada de los Glomeromycotas con 4 Ordenes, 11 Familias y 26 géneros.

Especies de Glomeromycota relevadas en Argentina.

La tabla 1 muestra el listado de las especies registradas para el país. El primer registro de un hongo formador de micorrizas arbusculares lo realizó Spegazzini (1887) quien colectó *Glomus fuegianum* (descrito por el autor como *Endogone fuegiana*) en Isla de Los Estados e Isla Clarence durante su viaje al sur argentino en 1882. Spegazzini describió la especie relacionándola con las trufas, no pudiendo advertir en ese momento la relación entre este hongo y las raíces de las plantas.

Tabla 1. Lista de especies de Glomeromycota identificadas en ecosistemas de la República Argentina

		Familias			
	Claroideo-glomeraceae	<i>Claroideoglomus</i>	<i>claroideum</i>	(Schenck & Sm.) Walker & Schüßler	
		<i>Claroideoglomus</i>	<i>etunicatum</i>	(Becker & Gerd.) Walker & Schüßler	
		<i>Claroideoglomus</i>	<i>luteum</i>	(Kenn., Stutz & Morton) Walker & Schüßler	
	Glomeraceae	<i>Funneliformis</i>	<i>caledonium</i>	(Nicolson & Gerd.) Walker & Schüßler	
		<i>Funneliformis</i>	<i>coronatum</i>	(Giovann.) Walker & Schüßler	
		<i>Funneliformis</i>	<i>geosporum</i>	(Nicolson & Gerd.) Walker & Schüßler	
		<i>Funneliformis</i>	<i>mosseae</i>	(Nicolson & Gerd.) Walker & Schüßler	
		<i>Glomus</i>	<i>aggregatum</i>	Schenck & Sm.	
		<i>Glomus</i>	<i>ambisporum</i>	Sm. & Schenck	
		<i>Glomus</i>	<i>antarcticum</i>	Cabello	
		<i>Glomus</i>	<i>brohultii</i>	Herrera, Ferrer & Sieverd.	
		<i>Glomus</i>	<i>deserticola</i>	Trappe, Bloss & Menge	
		<i>Glomus</i>	<i>dimorphicum</i>	Boyetchko & Tewari	
		<i>Glomus</i>	<i>fuegianum</i>	(Speg.) Trappe & Gerd.	
		<i>Glomus</i>	<i>globiferum</i>	Koske & Walker	
		<i>Glomus</i>	<i>glomerulatum</i>	Sieverd.	
		<i>Glomus</i>	<i>lacteum</i>	Rose & Trappe	
		<i>Glomus</i>	<i>magnicaule</i>	Hall	
		<i>Glomus</i>	<i>microaggregatum</i>	Koske, Gemma & Olexia	
		<i>Glomus</i>	<i>tortuosum</i>	Schenck & Sm.	
		<i>Rhizophagus</i>	<i>clarus</i>	(Nicolson & Schenck) Walker & Schüßler	
		<i>Rhizophagus</i>	<i>diaphanus</i>	(Morton & Walker) Walker & Schüßler	
		<i>Rhizophagus</i>	<i>fasciculatus</i>	(Thaxt.) Walker & Schüßler	
	<i>Rhizophagus</i>	<i>intraradices</i>	(Schenck & Sm.) Walker & Schüßler		
	<i>Septoglomus</i>	<i>constrictum</i>	(Trappe) Sieverd., Silva & Oehl		
	<i>Sclerocystis</i>	<i>coremioides</i>	Berk. Broome Gerd. &		
	<i>Sclerocystis</i>	<i>rubiformis</i>	Trappe		
	<i>Sclerocystis</i>	<i>sinuosa</i>	Gerd. & Bakshi		
	PARAGLO-MERALES	Paraglomeraceae	<i>Paraglomus</i>	<i>laccatum</i>	(Błaszk.) Renker, Błaszk. & Buscot
		Diversisporaceae	<i>Diversispora</i>	<i>spurca</i>	(Pfeiff., Walker & Bloss) Walker & Schüßler
	Acaulosporaceae	<i>Acaulospora</i>	<i>bireticulata</i>	Rothwell & Trappe	
		<i>Acaulospora</i>	<i>delicata</i>	Walker, Pfeiff. & Bloss	
		<i>Acaulospora</i>	<i>denticulata</i>	Sieverd. & Toro	
		<i>Acaulospora</i>	<i>dilatata</i>	Morton	
		<i>Acaulospora</i>	<i>elegans</i>	Trappe & Gerd.	
		<i>Acaulospora</i>	<i>entreriana</i>	Velázquez & Cabello	
		<i>Acaulospora</i>	<i>excavata</i>	Ingleby & Walker	
		<i>Acaulospora</i>	<i>foveata</i>	Trappe & Janos	
		<i>Acaulospora</i>	<i>lacunosa</i>	Morton	
		<i>Acaulospora</i>	<i>laevis</i>	Gerd. & Trappe	
		<i>Acaulospora</i>	<i>mellea</i>	Spain & Schenck	

Continúa Tabla 1

	<i>Acaulospora</i>	<i>nicolsoni</i>	Walker, Reed & Sanders
	<i>Acaulospora</i>	<i>paulinae</i>	Blaszkowski
	<i>Acaulospora</i>	<i>rehmii</i>	Sieverd. & Toro
	<i>Acaulospora</i>	<i>rugosa</i>	Morton
	<i>Acaulospora</i>	<i>scrobiculata</i>	Trappe
	<i>Acaulospora</i>	<i>spinosa</i>	Walker & Trappe
	<i>Acaulospora</i>	<i>tuberculata</i>	Janos & Trappe
	<i>Acaulospora</i>	<i>undulata</i>	Sieverd.
	<i>Entrophospora</i>	<i>infrequens</i>	(Hall) Ames & Schneid.
Gigasporaceae	<i>Gigaspora</i>	<i>candida</i>	Bhattacharjee, Mukerji, Tewari & Skoropad
	<i>Gigaspora</i>	<i>decipiens</i>	Hall & Abbott
	<i>Gigaspora</i>	<i>gigantea</i>	(Nicolson & Gerd.) Gerd. & Trappe
	<i>Gigaspora</i>	<i>margarita</i>	Becker & Hall
	<i>Gigaspora</i>	<i>aff. margarita</i>	Becker & Hall
	<i>Gigaspora</i>	<i>rosea</i>	Nicolson & Schenck
	<i>Cetraspora</i>	<i>gilmorei</i>	(Trappe & Gerd.) Oehl, Souza & Sieverd.
	<i>Cetraspora</i>	<i>pellucida</i>	(Nicolson & Schenck) Oehl, Souza & Sieverd.
	<i>Dentiscutata</i>	<i>heterogama</i>	Nicol & Gerd.) Sieverd. Souza & Oehl
	<i>Scutellospora</i>	<i>aurigloba</i>	(I.R. Hall) Walker & Sanders
	<i>Scutellospora</i>	<i>biornata</i>	Spain, Sieverd. & S. Toro
	<i>Scutellospora</i>	<i>calospora</i>	(Nicolson & Gerd.) Walker & Sanders
	<i>Scutellospora</i>	<i>dipapillosa</i>	(Walker & Koske) Walker & Sanders
	<i>Scutellospora</i>	<i>gregaria</i>	(Schenck & Nicolson) Walker & Sanders
	<i>Racocetra</i>	<i>coralloidea</i>	(Trappe, Gerd. & Ho) Oehl, Souza & Sieverd.
	<i>Racocetra</i>	<i>fulgida</i>	(Koske & C. Walker) Oehl, Souza & Sieverd.
<i>Racocetra</i>	<i>weresubiae</i>	(Koske & C. Walker) Oehl, Souza & Sieverd.	
Pacisporaceae	<i>Pacispora</i>	<i>chimonobambusea</i>	(Wu & Y.S. Liu) Walker, Vestberg & Schüßler
	<i>Pacispora</i>	<i>patagonica</i>	(Novas & Fracchia) Walker, Vestberg & Schüßler
	<i>Pacispora</i>	<i>scintillans</i>	(Rose & Trappe) Walker, Vestberg & Schüßler
Archaeospora	<i>Archaeospora</i>	<i>schenckii</i>	(Sieverd. & Toro) Walker & Schüßler
	<i>Archaeospora</i>	<i>trappei</i>	(Ames & Linderman) Morton & Redecker
Ambisporaceae	<i>Ambispora</i>	<i>fecundispora</i>	(Schenck & Sm.) Walker
	<i>Ambispora</i>	<i>gerdemanii</i>	(Rose, Daniels & Trappe) Walker, Vestberg & Schüßler
	<i>Ambispora</i>	<i>leptoticha</i>	(Schenck & Sm.) Walker, Vestberg & Schüßler

Pasados 100 años desde este hallazgo, comenzaron a identificarse otras especies de Glomeromycota aisladas en suelos de diferentes ambientes (Cabello, 2001; Fracchia et al., 2003, Irrazabal et al., 2005; Lugo et al., 1995, 1997, 1999 ab; Mohadeb 1985, 1986).

Schüßler et al., (2001) utilizaron especies de Gigasporaceae (*Gigaspora* aff. *margarita*, *Racocetra fulgida* y *R. weresubiae* (citadas como *Scutellospora*),

aisladas de suelos de dunas de la Provincia de Buenos Aires, para su análisis filogenético en el cual los Glomeromycota fueron reconocidos como un phylum.

A la descripción de *Glomus fuegianum* (originalmente llamado *Endogone*) como nueva especie para la Ciencia, realizada por Spegazzini, se suman actualmente las de *Glomus antarcticum* identificado en rizosfera de *Deschampsia antarctica*, Costa Danco, Península Antártica (Cabello et al., 1994); *Pacispora patagónica* (originalmente nombrada *Glomus*) descubierta en suelo rizosférico de *Bromus setifolius* cerca de Calafate, Santa Cruz (Novas et al., 2005) y *Acaulospora entrerriana* identificada en suelos del Parque Nacional El Palmar en la Provincia de Entre Ríos (Velázquez et al.; 2008)

Análisis de biodiversidad

En los 2000 comenzaron a evaluarse la composición de las comunidades de Glomeromycota; de esta manera Menéndez et al., (2001) en una parcela de 12 ha perteneciente a la Estación Experimental de INTA Castelar (provincia de Buenos Aires) relevó 17 especies fúngicas. Por su parte Schalamuk et al., (2006) en la Estación Experimental Ing. Agr. Hirshhorn, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata (prov. de Buenos Aires), describieron la influencia del monocultivo y las diferentes prácticas agronómicas sobre estos hongos, identificando 24 especies de Glomeromycota. Covacevich et al., (2006, 2007) estudian el efecto del fósforo sobre colonización y número de propágulos de hongos arbusculares en campos del SE de la Provincia de Buenos Aires.

Lugo y Cabello (2002) evaluaron el efecto del pastoreo sobre las poblaciones de esporas de Glomeromycota en pastizales de altura en Pampa de Achala, en la Provincia de Córdoba, recuperando 17 especies fúngicas; en la misma localidad Lugo et al., (2003) analizaron la colonización radical en esos pastizales. El efecto del pastoreo sobre comunidades de esporas de hongos arbusculares también fue abordado por Mendoza et al., (2011) en pastizales de Tierra del fuego, contando con una diversidad compuesta por 25 morfotaxa.

Irrazabal et al., (2004) publicaron los hallazgos de 26 especies de hongos arbusculares en bosques xéricos dominados por *Celtis tala* (tala) y *Scutia buxifolia* (coronillo) en la Reserva de Biosfera (MAB-UNESCO) en el Partido de Magdalena, Provincia de Buenos Aires y Lugo et al., (2005) estudiaron las comunidades de Glomeromycota en un ecosistema de arbustal árido denominado "Jarillal" en Centro Argentina dominado por *Larrea divaricata* donde se relevaron 7 morfoespecies.

Soteras et al., (2012) investigaron las comunidades de hongos micorrizicos y su presencia en raíces de Chaenopodiaceae a diferentes profundidades de suelo

en las Salinas de Ambargasta y Salinas Grandes en la Provincia de Córdoba, identificando 18 especies de Glomeromycota.

Becerra y Cabello (2008), Becerra et al., (2009, 2011) analizan la colonización y describen comunidades de hongos arbusculares en bosques de aliso del cerro (*Alnus acuminata*) presentes en la Selva de las Yungas de las Provincias de Catamarca y Tucumán. En estos bosques se identificaron 22 especies de hongos arbusculares.

Urcelay et al., (2009) analizaron el efecto de los tipos funcionales de vegetación sobre la presencia de Glomeromycota, registrando 13 morfotaxas.

Velazquez et al., (2008, 2010, 2011 y 2013) realizaron estudios de comunidades de hongos arbusculares en el Parque Nacional El Palmar en la Provincia de Entre Ríos. En este Parque se encontró el mayor registro de para nuestro país alcanzando un total de 55 especies identificadas.

Consideraciones finales

Las investigaciones de hongos micorrízico-arbusculares son aún incipientes en Argentina y falta el reconocimiento de su importancia por la comunidad científica local. Esta situación no ocurre a nivel internacional, donde se hacen grandes esfuerzos por conocer la diversidad de estos organismos dada la importancia que tienen en el funcionamiento de los ecosistemas. Argentina presenta un enorme potencial a ser explorado en términos de riqueza de especies de hongos arbusculares por la extensión geográfica y la multiplicidad de regiones que posee. La diversidad de Glomeromycota reportada para nuestro país representa sólo el 34% de la diversidad conocida. Esta diversidad es el resultado de pocos estudios concentrados en regiones muy puntuales de nuestro vasto territorio. Resulta por ello importante, la urgente realización de inventarios de especies en todos los ecosistemas argentinos, acompañados de técnicas de aislamiento de los hongos obtenidos y su posterior depósito en bancos de germoplasma. Esto requiere de una urgente política de investigación sobre todo si tenemos en cuenta que en 1996 se permitió la introducción de la soja transgénica en nuestros campos. Esta introducción se hizo sin estudios de impacto ambiental independientes. Desde entonces, mes a mes, vivimos en Argentina la emergencia de un nuevo problema socioambiental debido a la invasión territorial producida por la imposición del monocultivo de soja transgénica. Los impactos de las fumigaciones, el desmonte, el desplazamiento de campesinos, aparece relacionada con la "sojización". Y junto a ello la pérdida acelerada de biodiversidad de microorganismos afectados por el herbicida utilizado para el cultivo de esta leguminosa, cuya base es el glifosato. Druille et al., (2013) reportaron que la aplicación del glifosato al suelo reduce significativamente

(entre 28 y 63%) la viabilidad de las esporas de Glomeromycota. Biomás amenazados por la creciente deforestación que viene de la mano de la "sojización", como ocurre en la Región Chaqueña, cuentan con especies aún no descritas para la Ciencia, seguramente de invaluable importancia para el mantenimiento de esos sistemas.

Bibliografía

- Becerra, A., M. Cabello, F Chiarini. 2007. Arbuscular mycorrhizal colonization of vascular plants from the Yungas forests, Argentina. *Annals Science Forest* 64: 765-772.
- Becerra, A., M. Cabello. 2008. Hongos micorrízico arbusculares presentes en bosques de *Alnus acuminata* Betulaceae de la Yunga Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 43: 197-203.
- Becerra, A., M Cabello, M Zak, N Bartoloni. 2009. Arbuscular mycorrhizae of dominant plant species in the Yungas Forests, Argentina. *Mycologia*, 101: 612-621
- Becerra, A.G., MN Cabello, NJ Bartoloni. 2011. Native arbuscular mycorrhizal fungi in the Yungas forests, Argentina. *Mycologia* 103: 273-279
- Cabello, M.N. 2001. *Glomus tortuosum* (Glomales, Zygomycetes), an arbuscular-mycorrhizal fungus (AMF) isolated from hydrocarbon polluted soils. *Nova Hedwigia*. 73 (3-4): 513-520.
- Cabello, M.N.; ML Gaspar, RJ Pollero. 1994. *Glomus antarcticum* sp. nov., a new vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus from Antarctica. *Mycotaxon*, 51: 123-128.
- Cavagnaro, T. R., LL Gao., FA Smith, SE Smith S. 2001. Morphology of arbuscular mycorrhiza is influenced by fangal identy. *New Phytologist* 151: 469-475.
- Covacevich, F., MA Marino, HE Echeverria. 2006. The phosphorus source determines the arbuscular mycorrhizal potential and the native mycorrhizal colonization of tall fescue and wheatgrass. *European Journal of Soil Biology* 42 127-138
- Covacevich, F., HE Echeverria, LAN Aguirrezabal.. 2007. Soil available phosphorus status determines indigenous mycorrhizal colonization of field and glasshouse-grown spring wheat from Argentina *Applied Soil Ecology* 35 1-9
- De Souza, F.A., SL Stürmer., R Carrenho, SFB Trufem. 2010. Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil. Eds. Siqueira, J.O., de Souza, F.A., Cardoso, E.J. y Tsai,

- S.M. Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil, Editora UFLA Lavras, Brasil 15-73.
- Fracchia, S., JM Scervino, AB Menéndez, AM Godeas. 2003. Isolation, culture and development of *Entrophospora schenckii*, a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus. *Nova Hedwigia* 77: 383-387.
- Fracchia, S., A Aranda, A Gopar, V Silvani, L Fernandez, A Godeas. 2009. Mycorrhizal status of plants species in the Chaco Serrano Woodland from Central Argentina. *Mycorrhiza* 19: 205-214.
- Gallaud, I. 1905. Etudes sur les mycorrhizes endotrophs. *Revue Générale de Botanique* 17: 5-48
- Irrazabal, G., S. Velázquez, M Cabello. 2004. Infectividad y diversidad de hongos micorrícicos arbusculares de la rizósfera de los talares de Magdalena, Provincia. de Buenos Aires, Argentina. *Boletín Micológico* 19: 49-57.
- Irrazabal, G.B., S Schalamuk, MS Velázquez, MN Cabello. 2005. Especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares, nuevas citas para la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40: 17-22.
- Jacquelinet-Jeanmougin, S., V Gianinazzi-Pearson. (1983) Endomycorrhizas I the Gentianaceae. I. The fungus associated with *Gentiana lutea* L. *New Phytologist* 95: 663-666.
- Janse, J.M. 1897. Les endophytes radicaux de quelques plantes Javanaise. *Annales du Jardin Botanique de Buitenzorg* 14: 53-212.
- Lugo, M. A, MN Cabello. 2002. Native arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) from mountain grassland (Córdoba, Argentina) I. Seasonal variations of fungal spore diversity *Mycologia*, 94: 579-586.
- Lugo, M., L Dominguez de Toledo, A Antón. 1995 *Sclerocystis sinuosa* (Glomales-Glomaceae) en cuatro Poaceae argentinas. *Kurtziana* 24: 145-152.
- Lugo, M. A., L Dominguez de Toledo, AM Antón. 1997. Seis especies de Glomales (Zygomycetes) en Poaceae Argentinas. I. *Kurtziana* 25: 391-204
- Lugo, M.A., MN Cabello, AM Antón. 1999a. Novedades en *Glomales* (Zygomycetes) de pastizales del Centro de Argentina. III. *Kurtziana*. 27: 391-401.
- Lugo, M. A., MN Cabello. 1999b. *Acaulosporaceae* (Glomales, Zygomycetes) en pastizales autóctonos del centro de Argentina. II. *Darwiniana* 37: 323-332.
- Lugo, M. A., ME González Masa, MN Cabello. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi in a mountain grassland II. Seasonal variation of colonization studied, along with its relation to grazing and metabolic host type. *Mycologia*, 95: 407-415.
- Lugo, M. A., AM Antón, MN Cabello. 2005. Arbuscular mycorrhizas in the *Larrea divaricata* scrubland of the arid "Chaco", Central Argentina. *Journal of Agricultural Technology*. 1: 163-178

- Mendoza, R., M Cabello, J Anchorena, I Garcia, L Marban. 2011. Soil parameters and host plants associated with arbuscular mycorrhizae in the grazed Magellanic steppe of Tierra del Fuego. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140: 411-418
- Menéndez, A.B., JM Scervino, AM Godeas. 2001. Arbuscular mycorrhizal populations associated with natural and cultivated vegetation on a site of Buenos Aires province, Argentina. *Biol. Fertil. Soils* 33: 373-381
- Menoyo E., AG Becerra, D Renison. 2007. Mycorrhizal associations in *Polylepis* woodlands of Central Argentina. *Canadian Journal of Botany* 85: 526-531.
- Mohadeb, I. 1985. Hongos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares en arena de dunas marítimas: I primera parte. *Ciencia del Suelo* 3: 177-179.
- Mohadeb, I. 1986. Hongos formadores de micorrizas vesículo-arbusculares en arena de dunas marítimas: II segunda parte. *Ciencia del Suelo* 2: 221-224.
- Novas, M.V., S Fracchia, A Menéndez, D Cabral, A Godeas. 2005. *Glomus patagonicum* sp. nov. (Glomerales), a new arbuscular mycorrhizal fungus from Argentina. *Nova Hedwigia* 80: 533-539.
- Redecker, D., A Schüßler, H Stockinger, S Stürmer, JB Morton, C Walker. 2013. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota) *Mycorrhiza* in press DOI 10.1007/s00572-013-0486-y
- Schalamuk, S., S. Velázquez, H Chidichimo, M Cabello.. 2006. Fungal spore diversity of arbuscular mycorrhizal fungi associated with spring wheat: effects of tillage. *Mycologia* 98 (1): 16-22.
- Schüßler, A, D Schwarzott, D. , C Walker. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* 105:1413-1421.
- Soteras, F, A Becerra, N Cofre, J. Bartoloni, M Cabello. 2012 Arbuscular mycorrhizal fungal species in saline environments of Central Argentina: seasonal variation and distribution of spores at different soil depths. *Sydowia* 64 (2): 301-311.
- Spegazzini, C. 1887. Las Trufas Argentinas. *Ann. Soc. Cientif. Argent.* 24: 120-127.
- Urcelay, C., S. Diaz, L Dominguez, DE Gurvich, III Stuart Chapin III, E Cuevas. 2009. Mycorrhizal community resilience in response to experimental plant functional type removals in a woody ecosystem *Journal of Ecology*, 97, 1291-1301
- Velázquez, M. S.;MN Cabell., GB Irrazabal, A Godeas. 2008. *Acaulosporaceae* from El Palmar Nacional Park, Entre Ríos, Argentina. *Mycotaxon* 103: 171-187

- Velázquez, M. S., F Biganzoli, MN Cabello. 2010. Arbuscular mycorrhizal fungi in El Palmar National Park (Entre Rios Province, Argentina) – a protected reserve. *Sydowia* 62: 149-163.
- Velázquez, M.S, MN Cabello. 2011. Occurrence and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in trap cultures from El Palmar National Park soils. *European Journal of Soil Biology* 47: 230-235.
- Velázquez, M.S., MN Cabello, M Barrera. 2013. Composition and structure of arbuscular-mycorrhizal communities in El Palmar National Park, Argentina. *Mycologia* 105(3): 509-520
- Walker, C. 1983. Taxonomic concepts in the Endogonaceae: spore wall concepts in species descriptions. *Mycotaxon* 18: 443-455.
- Yamato, M. 2004. Morphological types of arbuscular mycorrhizal fungi in roots of weeds on vacant lands. *Mycorrhiza* 14: 127-131.