

**ALGUNOS HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES  
DEL ESTADO DE TLAXCALA, MÉXICO\***

por Arturo Estrada-Torres\*\*  
Lucía Varela\*\*\*  
Laura Hernández-Cuevas\*\* y  
Mayra E. Gavito\*\*\*

**SOME ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI FROM  
THE STATE OF TLAXCALA, MEXICO**

**SUMMARY**

Fourteen species of arbuscular mycorrhizal fungi, isolated from several agroecosystems, are recorded from the Volcano La Malintzin, Tlaxcala, Mexico: *Glomus claroides*, *Gl. etunicatum*, *Gl. mosseae*, *Sclerocystis clavispora*, *S. rubiformis*, *S. sinuosa*, *Acaulospora delicata*, *A. laevis*, *A. mellea*, *A. splendida*, *Gigaspora gigantea*, *G. margarita*, *Scutellospora dipurpurascens* and *Sc. pellucida*. With exception of *Glomus etunicatum* and *Sclerocystis sinuosa*, all the species are described with notes about their distribution and affinity with other species of Glomales. *Gl. claroides*, *Gl. etunicatum*, *Gl. mosseae*, *A. delicata*, *A. laevis*, *G. gigantea*, *G. margarita*, *Sc. dipurpurascens* and *Sc. pellucida* were propagated in pot pure cultures.

**RESUMEN**

Se registran 14 especies de hongos micorrízicos arbusculares aisladas de diferentes agroecosistemas del Volcán La Malintzin, Tlaxcala, México: *Glomus claroides*, *Gl. etunicatum*, *Gl. mosseae*, *Sclerocystis clavispora*, *S. rubiformis*, *S. sinuosa*, *Acaulospora delicata*, *A. laevis*, *A. mellea*, *A. splendida*, *Gigaspora gigantea*, *G. margarita*, *Scutellospora dipurpurascens* y *Sc. pellucida*. Con excepción de *Gl. etunicatum* y *S. sinuosa*, el resto de las especies son ampliamente descritas, proporcionando datos sobre su distribución y afinidades con otras especies de Glomales. *Gl. claroides*, *Gl. etunicatum*, *Gl. mosseae*, *A. delicata*, *A. laevis*, *G. gigantea*, *G. margarita*, *Sc. dipurpurascens* y *Sc. pellucida* se lograron propagar en macetas de cultivo puro.

\* Trabajo financiado por DGICSA, SEP. Convenio 90-01-441

\*\* Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala, Tlaxcala, México.

\*\*\* Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Apartado postal 26-393, 02860 México, D.F.

## INTRODUCCIÓN

Aun cuando los hongos micorrízicos arbusculares tienen distribución mundial y se encuentran presentes en prácticamente todos los suelos, no fue sino hasta 1953 cuando Mosse en Inglaterra descubrió las esporas de estos hongos y estableció la manera de cultivarlos en macetas. Cuando se observó que estos hongos ejercían un efecto benéfico sobre la nutrición de las plantas, y que la mayoría de las familias de angiospermas presentaban especies capaces de formar asociaciones micorrízicas con ellos (Trappe, 1987), se incrementó el interés por estudiarlos.

La clasificación de estos hongos está basada casi exclusivamente en criterios morfológicos de las esporas (Morton, 1988) y recientemente se han hecho estudios para demostrar que aunque la mayoría de las especies tienen amplia distribución, las características fisiológicas de una misma especie son totalmente diferentes dependiendo de la procedencia de los aislamientos (Bethelenfalvay *et al.*, 1989). Morton y Benny (1990) revisaron la clasificación de estos organismos proponiendo la segregación de un nuevo orden, Glomales, en el cual se incluyeron todas las especies que forman micorriza arbuscular.

Morton (1990) propuso un esquema teórico para clarificar conceptos sistemáticos y evolutivos de los hongos micorrízicos arbusculares; sin embargo, dicho esquema estuvo basado principalmente en el conocimiento de las especies de las zonas templadas y no será hasta que se consideren las especies de zonas tropicales que dicho esquema podrá validarse. Considerando que nuestro país tiene una ubicación privilegiada, por ser una zona de confluencia de dos importantes regiones biogeográficas, el conocimiento de la composición de sus especies puede tener un gran impacto en la clarificación de las relaciones filogenéticas y biogeográficas de estos hongos y por consecuencia de su esquema de clasificación.

Actualmente se conocen a nivel mundial 152 especies de estos hongos (Schenck y Pérez, 1990), de las cuales cuatro han sido descritas de México. No obstante, se han hecho pocos trabajos sobre hongos micorrízicos arbusculares mexicanos (Martínez *et al.*, 1984; Berch *et al.*, 1989; Varela y Vázquez, 1989) y sólo se han citado 20 especies de la República Mexicana. Otros estudios realizados en el país han intentado demostrar el efecto benéfico de estos hongos, pero en todos los casos se han utilizado cepas exóticas o aislamientos de hongos nativos sin identificar (Palacios-Mayorga *et al.*, 1986, 1987), por lo que estos ensayos no son reproducibles y no pueden ser comparados con los resultados de otros estudios. Debido a lo anterior es necesario conocer qué hongos micorrízicos arbusculares crecen en nuestro país, con qué especies vegetales están asociados y establecer cultivos puros de especies nativas que

puedan utilizarse en estudios fisiológicos, bioquímicos, genéticos, de biología molecular o de aplicación práctica.

#### ÁREA DE ESTUDIO

El material estudiado fue aislado de muestras de suelos procedentes de terrenos agrícolas de temporal, ubicados en las partes bajas (entre 2 500 y 3 000 m snm) de la ladera este del Volcán La Malintzin, aproximadamente a los 19° 14' de latitud Norte y entre los 97° 54' y los 97° 59' de longitud Oeste. El clima predominante en la zona corresponde al templado subhúmedo con lluvias en verano y un porcentaje de precipitación invernal menor de 5 (C (w<sub>2</sub>) (w)). Los suelos se clasifican como fluvisoles eútricos y regosoles eútricos (Je + Re), con una superficie gravosa (1) (Anónimo, 1986).

Las características físicas y químicas del suelo en el área de estudio presentan pocas modificaciones. El pH va de ligero a moderadamente ácido, con pequeñas variaciones a lo largo del año. La materia orgánica en general es medianamente rica, aunque puede ser relativamente pobre en algunos sitios. La textura del suelo es muy homogénea, siendo del tipo de los migajones arcillo-arenosos. El porcentaje de nitrógeno es bajo, mientras que el contenido de fósforo disponible puede variar de mediano a alto (Gavito, 1991).

#### MATERIALES Y MÉTODOS

La separación de esporas y esporocarpos del suelo se hizo directamente de la muestra o de macetas trampa sembradas con pasto o alfalfa, usando la técnica de tamizado húmedo y decantación de Gerdemann y Nicolson (1963) y centrifugación en gradiente de sacarosa (60% y 20%). Las esporas obtenidas fueron montadas en preparaciones permanentes usando alcohol polivinílico con y sin reactivo de Melzer. Las especies fueron determinadas usando el manual de Schenck y Pérez (1990). La nomenclatura para la designación de especies se hizo siguiendo el criterio de estos autores, excepto en el caso del género *Scutellospora* para el cual se consideró el criterio de Walker (1991). Se tomaron diapositivas y fotografías de las esporas utilizando microscopía de campo claro y de contraste de interferencia de Nomarski (CIN), con un microscopio marca Nikon modelo Optiphot. Los colores anotados en las descripciones fueron determinados usando como referencia el manual de Methuen (Kornerup y Wanscher, 1978) y las tablas de Munsell (U.S. Dept. Agriculture, 1975) y se expresan con la notación correspondiente de cada obra.

Se hicieron cultivos puros en maceta de las especies aisladas siguiendo la técnica propuesta por Varela y Vázquez (1989).

Preparaciones, diapositivas y esporas en formol al 5% fueron depositadas como ejemplares de referencia en la colección micológica de la Universidad Autónoma de Tlaxcala, con algunos duplicados en el Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB).

## RESULTADOS

### DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

#### FAMILIA GLOMACEAE

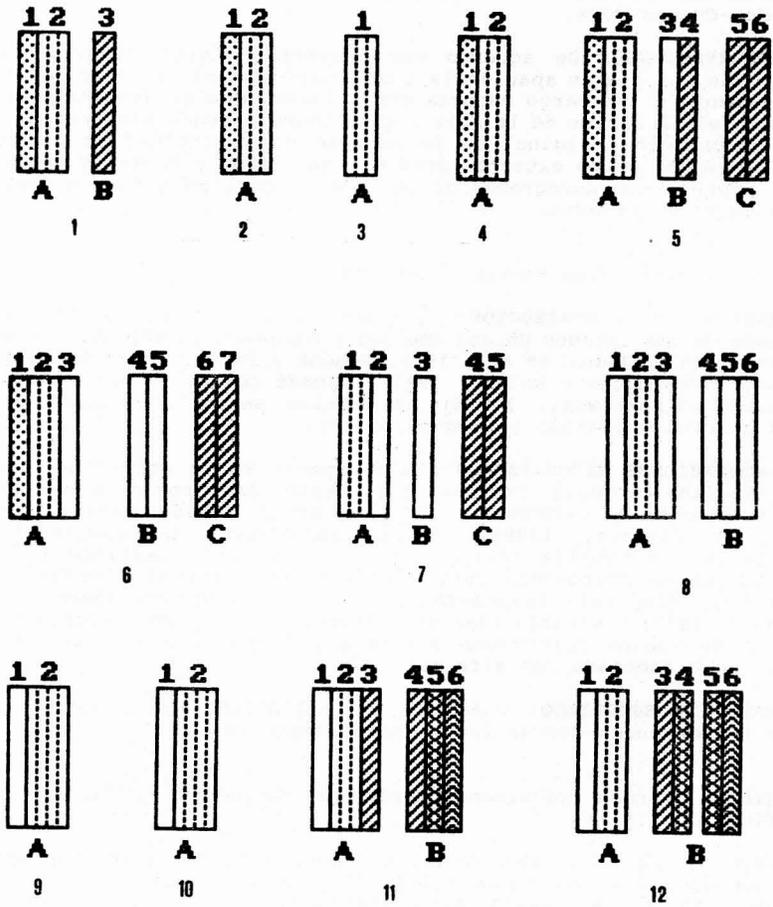
*Glomus claroides* Schenck & Smith  
Figs. 1 y 13-14.

Esporas formadas individualmente en el suelo, globosas, de (64-) 108 - 113 (-149)  $\mu\text{m}$  de diámetro, a subglobosas, de 118 - 137 X 113 - 144  $\mu\text{m}$ , raramente elípticas, amarillas (Methuen: 3A6) cuando jóvenes a amarillo naranja (Methuen: 4A6), con un halo periférico de color café rojizo (Methuen: 8C8) cuando maduras. Conjunto de paredes de la espora de 6.8 - 11.7  $\mu\text{m}$  de grosor total, compuesta de 3 paredes en dos grupos (A y B). Grupo A formado por 2 paredes (1 y 2); pared 1: evanescente, blanco amarillenta (Methuen: 1A2), de 1.0 - 1.5  $\mu\text{m}$  de grosor, llegándose a observar solo restos en algunas esporas; pared 2: laminada, de color naranja pardo (Methuen: 5C6) a amarillo pardo (Munsell: 10YR6/8) cuando vieja, de 6.8 - 8.8 (-11)  $\mu\text{m}$ . Grupo B formado por una sola pared (3), membranosa, hialina, hasta de 0.5  $\mu\text{m}$ . Murónimo: A (EL) B (M). Contenido de la espora globular, hialino.

Hifa suspensora recta, hialina, septada, de 7.8 - 13.7  $\mu\text{m}$  de diámetro, con paredes que van de 1.0 - 1.5  $\mu\text{m}$ , alcanzando hasta 4.0  $\mu\text{m}$  en los puntos de unión con la espora.

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Esta especie se ha citado de Florida y Carolina del Sur en Estados Unidos (Schenck y Smith, 1982).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** *Gl. claroides* fue aislado originalmente de un suelo cultivado con soya [*Glycine max* (L.) Merr.] y obtenido en cultivo puro asociado con pasto bahía (*Paspalum notatum* Flugge) (Schenck y Smith, 1982). En Tlaxcala se aisló de suelo rizosférico de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y se propagó en cultivo puro asociado con alfalfa (*Medicago sativa* L.).



Figs. 1-12. Murogramas de las especies consideradas. 1: *Glomus claroides*. 2: *Gl. mosseae*. 3: *Sclerocystis clavispora*. 4: *S. rubiformis*. 5: *Acaulospora delicata*. 6: *A. laevis*. 7: *A. mellea*. 8: *A. splendida*. 9: *Gigaspora gigantea*. 10: *G. margarita*. 11: *Scutellospora dipurpurascens*. 12: *Sc. pellucida*.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Hernández-Cuevas 2084.

**OBSERVACIONES:** De acuerdo con Schenck y Smith (1982), la especie más cercana en apariencia a *Gl. claroides* es *Gl. clarum*, la cual presenta sin embargo esporas más grandes, que generalmente se forman en el interior de la raíz y que tienen paredes más gruesas. En la descripción original de la especie no se incluyó la pared evanescente del grupo externo, pero Morton (1989) y Morton y Benny (1990) presentaron murogramas de la especie considerando las tres paredes aquí observadas.

*Glomus etunicatum* Becker & Gerdemann

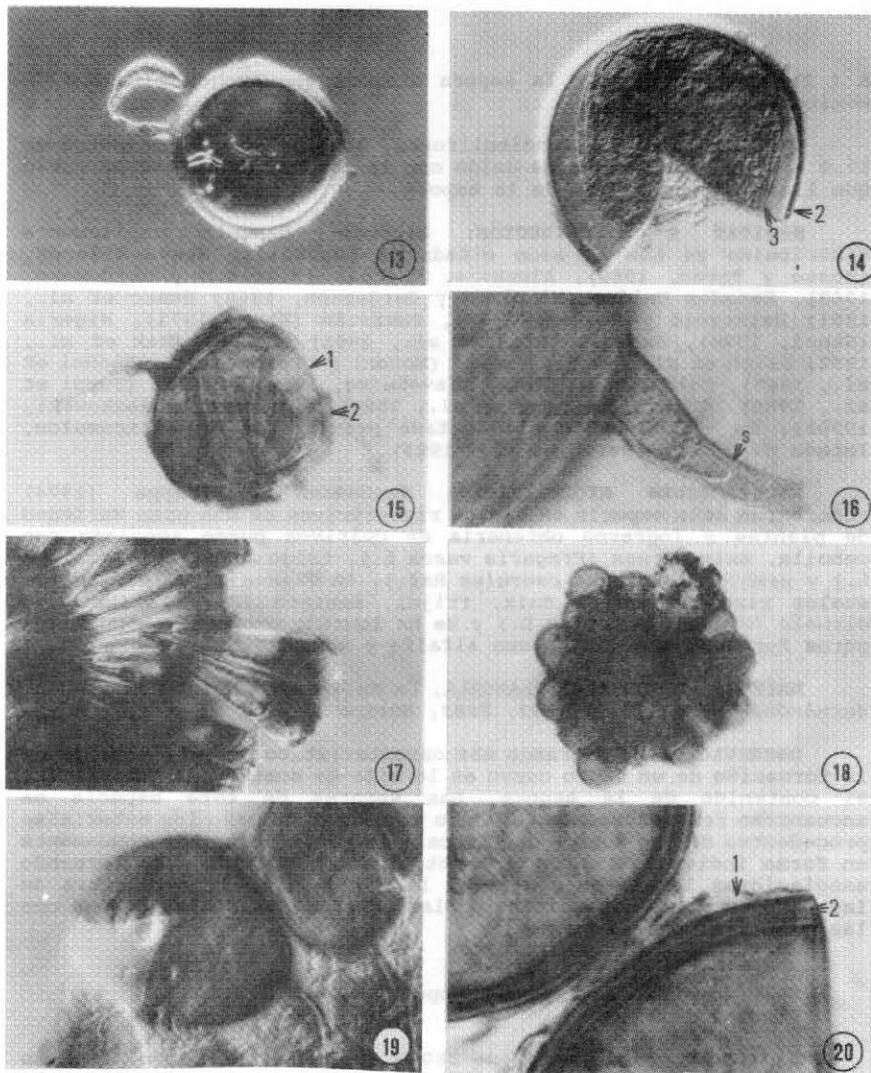
**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. *Gl. etunicatum* se ha reportado de los Estados Unidos (Becker y Gerdemann, 1977; Nicolson y Schenck, 1979; Nemeček et al., 1981; Schenk y Smith, 1981; Hetrick y Bloom, 1983; Bloss y Walker, 1987), Canadá (Dalpé et al., 1986) y Polonia (Błaszczowski, 1990a). En México se ha registrado de Cocoyoc, Morelos (Varela y Vázquez, 1989).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** Esta especie se ha encontrado en campo asociada con maíz (*Zea mays* L.), pasto (*Andropogon scoparius* Michx.) (Becker y Gerdemann, 1977) y arroz (*Oryza sativa* L.) (Varela y Vázquez, 1989). Se ha comprobado la asociación micorrízica con cebolla (*Allium cepa* L.), ajo (*A. aestivum* L.), chile (*Capsicum frutescens* var. *longum* Sendt), trébol (*Trifolium repens* L.), *Gleditsia triacanthos* var. *inermis* Willd. (Becker y Gerdemann, 1977) y alfalfa (Varela y Vázquez, 1989). En Tlaxcala se encontró en suelos cultivados con maíz y frijol y se propagó en cultivo puro asociado con alfalfa.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. Ixtenco, Gavito 6, Hernández-Cuevas 2085, Montoya-Esquível 1113.

*Glomus mosseae* (Nicolson & Gerdemann) Gerdemann & Trappe  
Figs. 2 y 15-16.

Esporas que se forman individualmente o en agrupaciones muy laxas en el suelo, hialinas cuando inmaduras a amarillo claro (Methuen: 2A5) hasta amarillo limón (Methuen: 3AB8) cuando maduras, globosas a ligeramente subglobosas, de 83 - 114 X 78 - 114  $\mu\text{m}$ . Conjunto de paredes de la espora de 5.0 - 7.8 (-9.3)  $\mu\text{m}$  de grosor total, formado por dos paredes (1 y 2) en un solo grupo (A). La pared 1 es evanescente, hialina, tiñéndose de color rojo rubí (Methuen: 12D8) con reactivo de Melzer, de 1.0 - 3.0  $\mu\text{m}$ ; pared 2: laminada, de amarilla (Munsell: 5Y8/6) cuando muy joven a amarilla grisácea (Methuen: 3B7) cuando madura, llegando a ser de color café olivo (Methuen: 4D8) cuando muy vieja, de 4.0 - 6.4  $\mu\text{m}$ . Murónimo:



Figs. 13-20. 13 y 14: *Glomus claroides*. 13: Espora (CIN X 500). 14: Espora rota mostrando la pared laminada (2) del grupo A y la pared membranosa (3) del grupo B (CIN X 1000). 15-16: *Gl. mosseae*. 15: Espora montada con reactivo de Melzer donde se observa la pared evanescente (1) teñida y la pared laminada (2) (X 250). 16: Hifa suspensora donde se observa el septo curvo (s). 17: *Sclerocystis clavispora*, arreglo radial de las esporas (CIN X 500). 18-20: *S. rubiformis*. 18: Esporocarpio (X 250). 19: Esporas (CIN X 1000). 20: Detalle de las paredes, evanescente (1) y laminada (2) (X 2500).

A ( EL ). Contenido de la espora hialino con muchos glóbulos de aceite.

Hifa suspensora infundibuliforme, hialina, con un diámetro de 17.6 - 44  $\mu\text{m}$ , en la zona de unión con la espora, con un septo curvo que limita el contenido de la espora.

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Especie ampliamente distribuida ya que ha sido citada de Australia, Nueva Zelanda, (Mosse y Bowen, 1968), Alemania, Escocia (Nicolson y Gerdemann, 1968), Estados Unidos (Nicolson y Gerdemann, 1968; Nemeč et al., 1981; Reinsvold y Reeves, 1986), Pakistán (Khan, 1971), Nigeria (Sanni, 1976), Senegal (Diem et al., 1981), Canadá (Zak et al., 1982; Dalpé et al., 1986), Brasil (Bononi y Trufem, 1983; Bononi et al., 1988), Colombia (Pellet y Sieverding, 1986), Italia (Puppi et al., 1986), China (Yu-Cheng et al., 1986) y Polonia (Błaszowski, 1990b). En México había sido citada previamente de Atlacomulco, Estado de México (Berch et al., 1989).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** Gerdemann y Trappe (1974) reportaron esta especie en suelos rizosféricos de una gran variedad de plantas y lograron obtenerla en cultivos puros asociada con cebolla, maíz, fresa (*Fragaria vesca* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y sambuco (*Sambucus caerulea* Raf.). En Tlaxcala fue aislada de suelos rizosféricos de maíz, frijol, manzano (*Pyrus malus* L.), ciruelo (*Prunus domestica* L.) y se ha logrado propagar en cultivos puros formando asociación con alfalfa y maíz.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Hernández-Cuevas 1142, 1143, 2082, Morton 921 A.

**OBSERVACIONES:** El rasgo más característico de esta especie es la formación de un septo curvo en la hifa de sostén, el cual limita el contenido de la espora. Las esporas de esta especie se encuentran frecuentemente formando esporocarpos pero los materiales procedentes de los suelos de Tlaxcala se presentaron más comúnmente en forma individualizada y las obtenidas en cultivo puro formando asociaciones laxas. No obstante, la morfología, la estructura de las paredes y las dimensiones de las esporas coincidieron bien con las descritas para la especie.

***Sclerocystis clavispora* Trappe**

Figs. 3 y 17.

Esporocarpos globosos, de 380 - 400  $\mu\text{m}$  de diámetro, rojizos (Munsell: 2.5YR 4/6), dando una apariencia verrucosa debido a la exposición de los ápices de las esporas; esporas compactadas entre sí y arregladas radialmente alrededor de un plexo central de 156 X 144  $\mu\text{m}$ , formado por hifas entrelazadas y fuertemente compactadas, de 1.9 (-2.9)  $\mu\text{m}$  de diámetro. Hifa de sostén de 2.7 - 3.9  $\mu\text{m}$  de

diámetro, con pared de 0.8 - 2.4  $\mu\text{m}$ . Peridio ausente. Esporas clavadas a anchamente clavadas, de 110 - 125 (-137) X 26.4 - 40  $\mu\text{m}$ , rojizas (Munsell: 2.5YR4/6). Pared única, laminada, de (5.0-) 11.7 - 19.7  $\mu\text{m}$  en la base de la espora, a 1.5 - 2.0 (-2.9)  $\mu\text{m}$  de grosor en las partes laterales, engrosándose hasta 23 - 30.4  $\mu\text{m}$  en el ápice de la espora. Murónimo: A (L). Contenido de la espora globular, lipídico.

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Fue descrito originalmente de Veracruz y Oaxaca, México (Trappe, 1977). Posteriormente ha sido registrado de Pakistán (Iqbal y Perveen, 1980) y Brasil (Bononi y Trufem, 1983).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** Inicialmente fue aislado de suelo rizosférico de pastos y caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) (Trappe, 1977). También se ha encontrado en suelos cultivados con arroz (Iqbal y Perveen, 1980). En Tlaxcala fue aislado de suelo rizosférico de maíz y no se ha logrado su propagación en cultivo puro.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Gavito 15.

**OBSERVACIONES:** *S. clavispora* es una especie fácilmente reconocible por la ausencia de peridio y las esporas claviformes, densamente compactadas. Iqbal y Perveen (1980) describieron a *S. microcarpus* como una especie muy cercana a *S. clavispora*, y de la cual se diferencia porque las esporas y los esporocarpos son de menor tamaño, sin embargo, Almeida y Schenck (1990) consideraron que *S. microcarpus* es un sinónimo de *S. clavispora*. Estos últimos autores transfirieron esta especie al género *Glomus*.

***Sclerocystis rubiformis* Gerdemann & Trappe**  
Figs. 4 y 18-20.

Esporocarpos subglobosos, de 240 X 194  $\mu\text{m}$ , rojo oscuro (Munsell: 10R3/6), semejando una pequeña mora; esporas arregladas en una sola capa y rodeando un plexo central de 180 X 120  $\mu\text{m}$ , formado por hifas amarillas (Munsell: 10YR7/8 a 8/8), arregladas laxamente, de 3.0 - 5.9 (-8.8)  $\mu\text{m}$  de diámetro. Hifa de sostén de 5.0 - 9.8  $\mu\text{m}$  de diámetro, con pared de 1.5 - 3.9  $\mu\text{m}$ . Peridio ausente. Esporas rojas (Munsell: 10R4/6), obovoides a ligeramente elipsoides, de 41 - 48 X 55 - 65  $\mu\text{m}$ . Conjunto de paredes de la espora compuesta de dos paredes (1 y 2) en un grupo (A), de 3.9 - 5.0 (-6.0)  $\mu\text{m}$  de grosor total; pared 1: evanescente, hialina, de 0.5 - 2.0  $\mu\text{m}$  de grosor; pared 2: laminada, de color café amarillento oscuro (Munsell: 10YR4/4) a color café oscuro (Munsell: 7.5YR3/2), de 2.5 - 4.0  $\mu\text{m}$  de grosor. Murónimo: A (EL). Contenido de la espora más o menos denso.

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Esta especie fue descrita de Estados Unidos por Gerdemann y Trappe (1974) quienes sugirieron que también podría encontrarse en Inglaterra y Gales. Ha sido reportada de Nueva Zelanda (Hall, 1977), Senegal (Diem et al., 1981), Canadá (Dalpé, 1984; Dalpé et al., 1986) y de la India, Taiwan y Brasil (Almeida y Schenck, 1990).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** *S. rubiformis* se ha obtenido de suelos rizosféricos de un gran número de plantas (Gerdemann y Trappe, 1974; Dalpé, 1984). En cultivo puro se ha obtenido asociada con maíz y jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (Gerdemann y Trappe, 1974) y se ha demostrado la formación de micorriza arbuscular con cempasúchitl (*Tagetes erecta* Fl.), espárrago (*Asparagus officinalis* L.) y *Allium ascolonicum* L. (Dalpé, 1984), *Coprosoma robusta* Raoul, *Lolium perenne* L. y *Lotus pedunculatus* Cav. (Hall, 1977). En Tlaxcala fue aislada de suelo rizosférico de manzano y no se ha logrado obtener en cultivo puro.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Hernández-Cuevas 2081.

**OBSERVACIONES:** De acuerdo con Almeida y Schenck (1990), *S. rubiformis* es una especie muy variable en cuanto a las dimensiones de sus esporas y esporocarpos. Se caracteriza por sus esporocarpos en forma de mora, el arreglo laxo de sus esporas y la ausencia de peridio. Podría confundirse con algunas especies del género *Glomus* como *Gl. ambisporum* Smith & Schenck y *Gl. heterosporum* Smith & Schenck cuyo arreglo de las esporas en los esporocarpos es similar a los de algunas especies de *Sclerocystis*, razón por la cual Almeida y Schenck (1990) transfirieron a *S. rubiformis* al género *Glomus*. Los mismos autores consideraron que *S. indica* y *S. pachycaulis* son conespecíficas de *S. rubiformis*. Aunque Morton (1989) señaló que todas las especies de *Sclerocystis* tienen una sola pared laminada, Almeida y Schenck (1990) indicaron la presencia de la pared evanescente en algunos esporocarpos de *Sclerocystis*, lo cual concuerda con nuestras observaciones.

#### *Sclerocystis sinuosa* Gerdemann & Bakshi

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Esta especie se ha reportado de la India (Gerdemann y Bakshi, 1976), Estados Unidos (Nicolson y Schenck, 1979; Nemeč et al., 1981), Pakistán (Iqbal y Perveen, 1980) y Brasil (como *Gl. sinuosum*) (Almeida y Schenck, 1990). En México se ha encontrado en Cocoyoc, Morelos (Varela y Vázquez, 1989).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** *S. sinuosa* se ha encontrado en campo asociada con una gran variedad de plantas (Gerdemann y Bakshi, 1976). En la zona de estudio se encontró en suelos cultivados con maíz. No se ha logrado obtener en cultivo puro.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. Ixtenco, Gavito 3.

**FAMILIA ACAULOSPORACEAE**

*Acaulospora delicata* Walker, Pfeiffer & Bloss  
Figs. 5 y 21-23.

Esporas formadas individualmente en el suelo, blanquecinas a amarillo pálido (Methuen: 2A3), ligeramente más oscuras con la edad, globosas, de 67 - 72 (-82)  $\mu\text{m}$ , a subglobosas o subelípticas, de 60 - 77 X 84 - 89  $\mu\text{m}$ . Conjunto de paredes de la espóra formado por 6 paredes en tres grupos (A, B y C). Grupo A formado por 2 paredes (1 y 2); pared 1: evanescente, blanco amarillento pálido (Methuen: 2A2), de 1.5 - 2.9  $\mu\text{m}$ ; pared 2: laminada, amarillo claro (Methuen: 3A5), de 1.5 - 2.9  $\mu\text{m}$ . Grupo B formado por 2 paredes (3 y 4); pared 3: unitaria, amarillo pastel (Methuen: 2A4), de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ ; pared 4: membranosa, hialina, hasta de 0.5  $\mu\text{m}$  de grosor. Grupo C formado por 2 paredes (5 y 6): pared 5: membranosa, con excrescencias que ornamentan la superficie externa de la pared, hialina, de 1.0 - 2.0  $\mu\text{m}$ ; pared 6: membranosa, hialina, que se tiñe de blanco violáceo (Methuen: 12A6) con reactivo de Melzer, hasta de 0.5  $\mu\text{m}$  de grosor. Murónimo: A (EL) B (UM) C (M<sub>p</sub>M). Contenido de la espóra hialino, aceitoso.

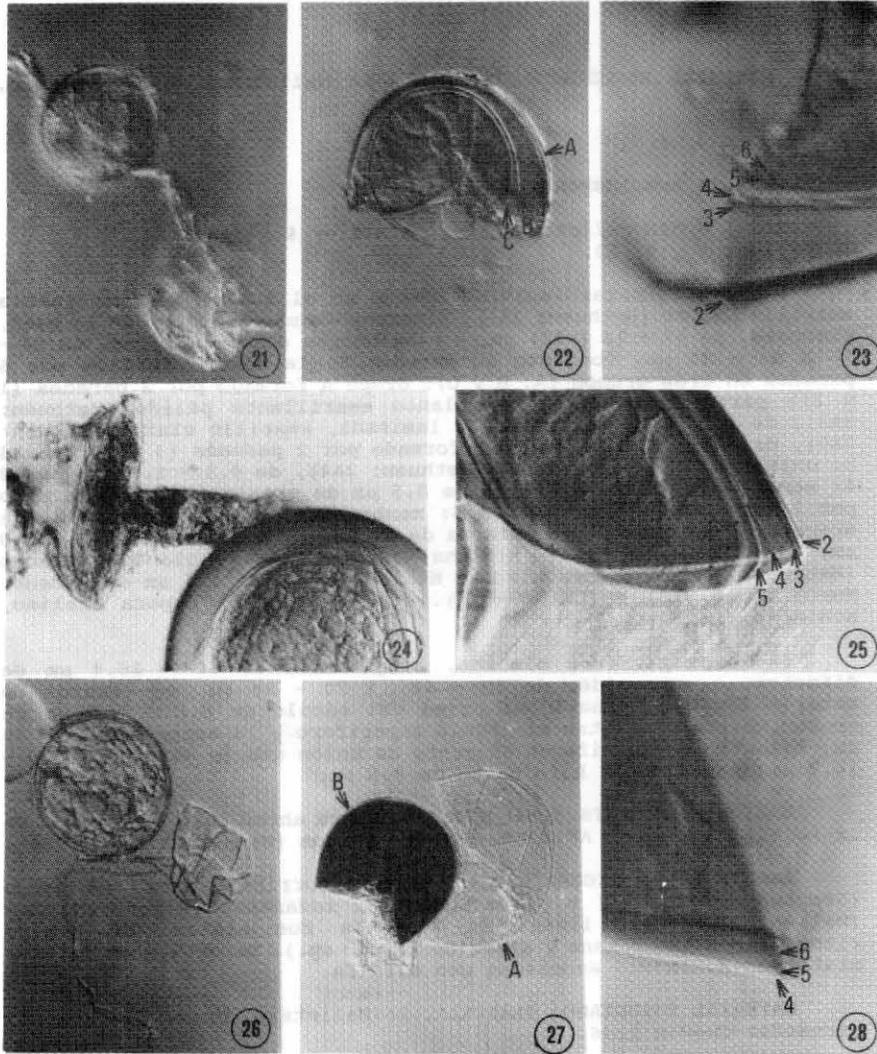
Sáculo esporífero hialino, subgloboso, de 60 - 86.4  $\mu\text{m}$  de diámetro, a subovoide, de 50 - 64 X 70 - 89  $\mu\text{m}$ , con restos de materia orgánica adheridos; pared del sáculo de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$  de grosor. Distancia entre el sáculo esporífero y la espóra de 39 - 69  $\mu\text{m}$ ; diámetro de la hifa en el punto de unión con la espóra de 7.0 - 14.7  $\mu\text{m}$ ; pared de la hifa hasta de 0.5  $\mu\text{m}$ .

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Hasta ahora sólo se conocía de la localidad tipo en Arizona, Estados Unidos (Walker et al., 1986).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** Forma micorriza típica con sorgo (*Sorghum vulgare* L.) y pasto Sudán [*S. sudanense* (Piper) Staph.] (Walker et al., 1986). En Tlaxcala fue aislada de suelos rizosféricos de manzano y alverjón (*Pisum* sp.). Se obtuvo en cultivo mixto con *A. laevis* asociadas con alfalfa.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Hernández-Cuevas 1146.

**OBSERVACIONES:** Esta especie se asemeja superficialmente a *A. trappei* Ames & Linderman, *A. nicolsonii* Walker, Reed & Sanders y *A. longula* Spain & Schenck, pero hay diferencias importantes, sobre todo en la estructura de las paredes, ya que la primera tiene



Figs. 21-28. 21-23: *Acaulospora delicata*. 21: Espora con sáculo (CIN X 500). 22: Espora rota mostrando los tres grupos de paredes (A, B y C) (CIN X 500). 23: Detalle de las paredes: laminada (2) del grupo A; unitaria (3) y membranosa (4) del grupo B, y membranosa ornamentada (5) y ornamentada (6) del grupo C (CIN X 2500). 24 y 25: *A. laevis*. 24: Espora con sáculo (CIN X 500). 25: Detalle de las paredes: laminada (2) y unitaria (3) del grupo A; unitarias (4 y 5) del grupo B, y membranosa ornamentada (6) y membranosa (7) (CIN X 1000). 26-28: *A. splendida*. 26: Espora con sáculo (X 250). 27: Espora montada con reactivo de Melzer mostrando los 2 grupos de paredes (A y B) (X 250). 28: Detalle de las paredes unitarias del grupo B (4, 5 y 6) (CIN X 2500).

una sola pared y las otras dos carecen de una pared interna ornamentada (Walker et al., 1986).

En la descripción original de *A. delicata* sólo fueron consideradas 4 paredes, sin embargo, Walker et al. (1986) ya habían sugerido la existencia de la pared unitaria (pared 3), la cual además está íntimamente adherida a una pared membranosa. Morton y Benny (1990) ilustraron el murograma de la especie incluyendo 5 paredes [ A (EL) B (U) C (M<sub>p</sub>M) ] y poco después Morton (1991) consideró la presencia de 6 paredes en esta especie.

***Acaulospora laevis* Gerd. & Trappe**

Figs. 6 y 24-25.

Esporas formadas individualmente en el suelo, anaranjadas (Methuen: 6A8) a color naranja rojizo (Methuen: 7A8), globosas a subglobosas, de 129 - 221  $\mu\text{m}$  de diámetro, con la superficie brillante y lisa. Conjunto de paredes de la espora de 6.9 - 12.3  $\mu\text{m}$  de grosor total, constituido por 7 paredes en 3 grupos (A, B y C). El grupo A está formado por 3 paredes (1, 2 y 3); pared 1: evanescente, amarillo pastel (Methuen: 3A4 a 2A4) cuando las esporas son jóvenes a amarillo claro (Methuen: 4A5) cuando son maduras, continua con la pared del sáculo, de 1.5 - 3.0  $\mu\text{m}$ ; pared 2: laminada, amarillo claro (Methuen: 4A5 a 4A6) cuando las esporas son jóvenes, amarillo naranja (Methuen: 4A8) a color naranja parduzco (Methuen: 7C7) cuando son maduras, de 1.5 - 3.0 (-5.4)  $\mu\text{m}$ ; pared 3: unitaria, hialina, de 0.5 - 1.5  $\mu\text{m}$ . Grupo B formado por 2 paredes (4 y 5) fuertemente adheridas, siendo ambas unitarias y hialinas y midiendo cada una de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ . Grupo C compuesto de 2 paredes (6 y 7); pared 6: membranosa, hialina, ornamentada con excrescencias en su superficie exterior, de 1.0 - 2.0 (-3.0)  $\mu\text{m}$  de grosor; pared 7: membranosa, hialina, hasta de 0.5  $\mu\text{m}$ . Murónimo: A (ELU) B (UU) C (M<sub>p</sub>M). Contenido de la espora más o menos denso, reticulado en apariencia.

Sáculo esporífero hialino cuando joven, de color naranja cuando maduro (Methuen: 5A7), dejando al colapsarse restos adherido a la espora, subgloboso, de 88 X 98  $\mu\text{m}$ , con pared de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ . Distancia del sáculo esporífero a la espora hasta de 78  $\mu\text{m}$ ; diámetro de la hifa en el punto de unión con la espora hasta de 8.0  $\mu\text{m}$ , pared de la hifa de 0.5  $\mu\text{m}$ .

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Especie ampliamente distribuida en el territorio de los Estados Unidos, pero también reportada de Nueva Zelanda, Pakistán y Escocia (Gerdemann y Trappe, 1974), Australia (Abbot y Robson, 1978), Brasil (Bononi et al., 1988) y Colombia (Sieverding, 1988). En México, había sido previamente registrada del norte del Estado de México (Berch et al., 1989).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** *A. laevis* ha sido encontrada en el

campo asociada con una gran variedad de plantas, obteniéndose en cultivo puro con cebolla, jitomate y maíz (Gerdemann y Trappe, 1974). Hall (1977) reportó la formación de micorriza típica con diversas especies vegetales y Nicolson y Schenck (1979) la obtuvieron en cultivos puros con pasto bahía y soya. En Tlaxcala se ha aislado de suelos cultivados con maíz, frijol, ayocote (*Phaseolus coccineus* L.), haba (*Vicia faba* L.), ciruelo, manzano y papa (*Solanum tuberosum* L.). Se ha obtenido en cultivo puro asociada con alfalfa y pasto bahía.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Gavito 14, Hernández-Cuevas 1140, 1141, 1144, 1147, 2080.

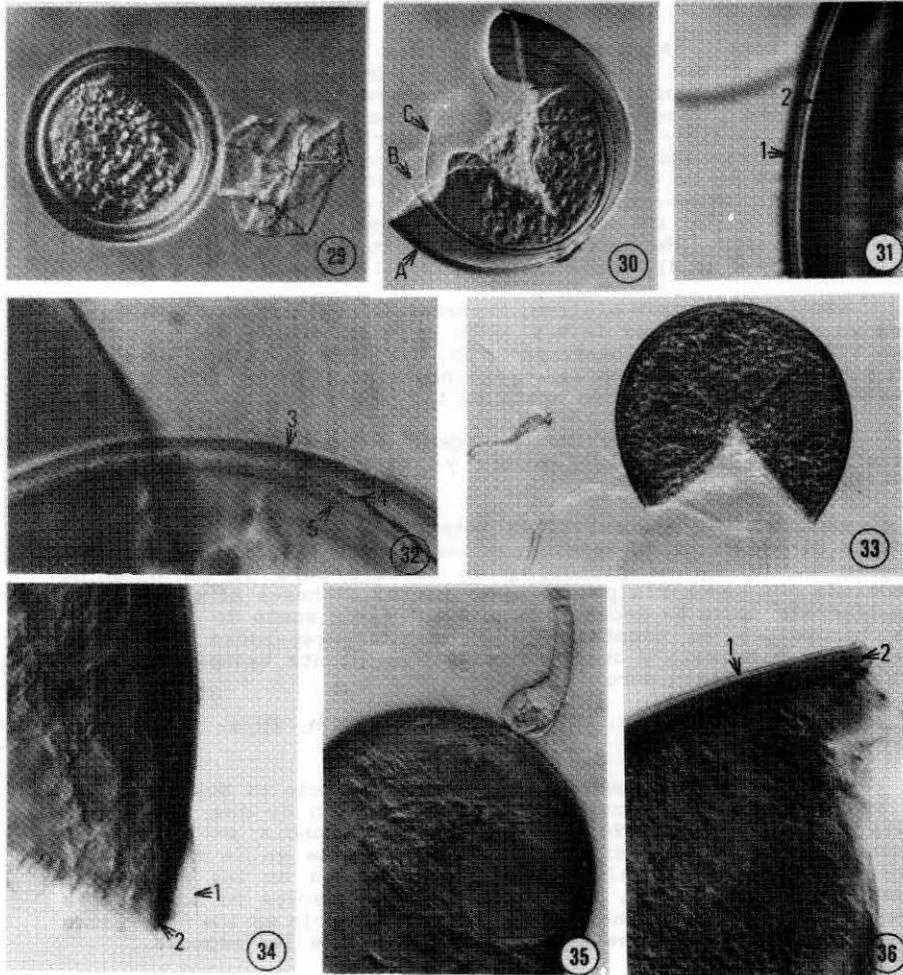
**OBSERVACIONES:** *A. laevis* se separa fácilmente de otras especies del género por su pared externa lisa y su color. Podría confundirse con *A. mellea* Spain & Schenck, sobre todo cuando el tamaño de las esporas de ambos taxa es similar. No obstante, el color de *A. mellea* es más amarillento y la estructura de las paredes de *A. laevis* es mucho más compleja y no incluye ninguna pared reactiva al Melzer como en la primera.

En la descripción original de *A. laevis* sólo se consideraron 3 paredes (Gerdemann y Trappe, 1974), las cuales seguramente correspondieron con los 3 grupos de paredes observados en los especímenes mexicanos. Berch et al. (1989) establecieron la presencia de la pared unitaria del grupo A, pero señalaron que ésta, al igual que la pared laminada también era pigmentada. Morton (1990) indicó la existencia de la pared exterior evanescente y de 2 paredes membranosas internas, estas últimas y las paredes anteriormente descritas suman un total de 6 paredes. No obstante, en los ejemplares revisados es posible observar una pared membranosa extra localizada en el grupo B e íntimamente adherida a la pared unitaria, por lo que es difícil de apreciar.

La pared membranosa del grupo B y la ausencia de color de la pared unitaria del grupo A podrían sugerir que los ejemplares de Tlaxcala representan una especie diferente, sin embargo, es necesario hacer una revisión detallada de especímenes procedentes de otras localidades, incluyendo el tipo, antes de decidir la descripción de una nueva especie, por lo que en el presente trabajo hemos considerado nuestros ejemplares como *A. laevis*.

*Acaulospora mellea* Spain & Schenck  
Figs. 7 y 29-32.

Esporas formadas individualmente en el suelo, amarillo claro (Methuen: 3A7) cuando jóvenes a amarillo rojizo (Methuen: 4A6), con el perímetro de color naranja rojizo (Methuen: 7B8) cuando maduras, globosas, de (106-) 108 - 119 (-127)  $\mu\text{m}$  de diámetro, con la superficie lisa. Conjunto de paredes de la espóra de 6.7 - 11.8  $\mu\text{m}$



Figs. 29-36. 29-32: *Acaulospora mellea*. 29: Espora con sáculo (CIN X 500). 30: Espora rota mostrando los tres grupos de paredes (A, B y C) (CIN X 1000). 31: Detalle de las paredes del grupo A: laminada (1) y unitaria (2) (CIN X 2500). 32: Detalle de las paredes de los grupos internos: unitaria del grupo B (3), y membranosa ornamentada (4) y membranosa (5) del grupo C (CIN X 2500). 33 y 34: *Gigaspora gigantea*. 33: Espora (X 250). 34: Detalle de las paredes: unitaria (1) y laminada (2) (X 1000). 35 y 36: *G. margarita*. 35: Espora (CIN X 500). 36: Detalle de las paredes: unitaria (1) y laminada (2).

de grosor total, integrado por 5 paredes en 3 grupos (A, B y C). Grupo A formado por 2 paredes (1 y 2); pared 1: laminada, amarilla (Methuen: 3A7) cuando las esporas son jóvenes, a amarillo oscuro (Methuen: 4A8), llegando hasta rojo (Munsell: 2.5YR4/8) cuando son muy viejas, de 1.5 - 3.9  $\mu\text{m}$ ; pared 2: unitaria, hialina, de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ . Grupo B formado por una pared (3), que es unitaria, hialina, hasta de 0.5  $\mu\text{m}$  de grosor. Grupo C constituido por 2 paredes (4 y 5); pared 4: membranosa, ornamentada con excrescencias granulares, hialina, de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ ; pared 5: membranosa, hialina, de color magenta grisáceo (Methuen: 13B3) con reactivo de Melzer. Murónimo: A (LU) B (U) C ( $M_pM$ ). Contenido líquido, lipídico.

Sáculo esporífero hialino, membranoso, hasta 72  $\mu\text{m}$  de diámetro, con un grosor de pared de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ . Distancia entre el sáculo esporífero y la espora hasta de 60  $\mu\text{m}$ , diámetro de la hifa de sostén en el punto de unión con la espora hasta de 11.8  $\mu\text{m}$ ; grosor de la pared de la hifa de sostén hasta de 1.5  $\mu\text{m}$ .

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. *A. mellea* fue descrita originalmente de Brasil, Colombia y La Florida (Schenck et al., 1984).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** Esta especie ha sido aislada de suelos rizosféricos de cafeto (*Coffea arabica* L.), pimienta (*Piper nigrum* L.) y varios pastos, y en cultivo puro se ha obtenido asociada con *Pueraria phaseoloides* Benth. (Schenck et al., 1984). En Tlaxcala no se ha encontrado en muestras de suelo de campo, pero ha esporulado en macetas de propagación preparadas con suelo rizosférico de maíz y usando alfalfa como planta trampa. No se ha obtenido en cultivo puro.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Gavito 12.

**OBSERVACIONES:** Superficialmente esta especie es muy semejante a *A. laevis*, pero la estructura y composición de sus paredes es diferente. Morton (1990) consideró la presencia de una pared evanescente externa, pero ésta no fue señalada en la descripción original (Schenck et al., 1984), ni observada en los ejemplares mexicanos. No obstante, la mayoría de las especies de *Acaulospora* poseen paredes evanescentes externas y su ausencia en los materiales revisados podría deberse al grado de madurez de las esporas.

*Acaulospora splendida* Sieverding, Chaverri & Rojas  
Figs. 8 y 26-28.

Esporas que se forman individualmente en el suelo, hialinas a blancas, globosas, de 127 - 240  $\mu\text{m}$  de diámetro, elipsoides o subtriangulares, ocasionalmente reniformes o irregulares, de

149 - 294 X 120 - 208  $\mu\text{m}$ , con la superficie lisa y brillante. Conjunto de paredes de la espora con un grosor total de 6 - 14  $\mu\text{m}$ , formado por 7 paredes distribuidas en 2 grupos (A y B). El grupo A se compone de 3 paredes (1, 2 y 3); pared 1: unitaria, hialina, de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ , continua con la pared del sáculo e íntimamente adherida a la segunda pared; pared 2: laminada, amarillo pálido (Munsell: 5Y7/5), tiñéndose de color rosa pálido (Methuen: 11A3) con reactivo de Melzer, de 1.5 - 3.4  $\mu\text{m}$ ; pared 3: unitaria, hialina, de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ . El grupo B está integrado por 3 paredes (4, 5 y 6); pared 4: unitaria, hialina, de 0.5 - 2.0  $\mu\text{m}$ ; pared 5: unitaria, hialina, de 1.0 (-1.5)  $\mu\text{m}$ ; pared 6: unitaria, hialina, color rojo pálido (Methuen: 10A3) a color rubí (Methuen: 12E8) con reactivo de Melzer, de 2.0 - 3.9  $\mu\text{m}$ . Murónimo: A (ULU) B (UUU). Contenido de la espora generalmente hialino y homogéneo hacia un polo y denso y globular hacia el otro.

Sáculo esporífero hialino, piriforme a subgloboso, persistente en las esporas maduras, de 125 - 246 X 84 - 216  $\mu\text{m}$ ; pared del sáculo de 1.0 - 3.0  $\mu\text{m}$  de grosor. Distancia entre el sáculo esporífero y la espora de 36 - 60 (-108)  $\mu\text{m}$ ; diámetro de la hifa en el punto de unión con la espora 25 - 29 (-54)  $\mu\text{m}$ , con un grosor de pared de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ .

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Sólo se conocía de Costa Rica (Sieverding et al., 1988).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** Se ha encontrado asociada con encino (*Quercus costarricensis* Liebm.), así como con algunas compuestas y gramíneas (Sieverding et al., 1988). En Tlaxcala se aisló de suelo rizosférico de haba y no se ha logrado su propagación en cultivo puro.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Luna-Zendejas 2.

**OBSERVACIONES:** La característica más peculiar de *A. splendida* es la persistencia del sáculo esporífero, rasgo único entre las especies de la familia Acaulosporaceae. A diferencia de los ejemplares de Costa Rica descritos por Sieverding et al. (1988), las esporas de los especímenes mexicanos no flotan en agua y presentan 6 paredes y no 5. Sin embargo, Sieverding et al. (1988) ya habían sugerido la presencia de la pared membranosa ubicada entre los grupos A y B. Además, la naturaleza laminar de la pared 2 del grupo A es difícil de determinar sin la ayuda de un microscopio con buena resolución. La pared más interna parece expandirse cuando se monta en alcohol polivinílico y toma una coloración más oscura en su porción más interna cuando se observa en el mismo medio de montaje y Melzer, dando la apariencia de que en realidad existen 2 paredes íntimamente adheridas. Sin embargo, la presencia de una pared extra debe confirmarse con la observación de material fresco. Otro carácter no señalado en la descripción

original de *A. splendida* es la reactividad al Melzer de una de las paredes del grupo externo. Morton (1990) no consideró la persistencia del sáculo dentro de los caracteres con los que elaboró su esquema filogenético del género *Acaulospora*, ya que cuando lo propuso no se conocía ninguna especie con esta característica. Debido a esto, *A. splendida* es una de las especies cuyo estudio podría complementar dicho esquema.

#### FAMILIA GIGASPORACEAE

*Gigaspora gigantea* Nicolson & Gerdemann  
Figs. 9 y 33-34.

Esporas formadas individualmente en el suelo, verde pálido (Methuen: 7A2) cuando jóvenes a verde amarillento (Methuen: 7A6) cuando maduras, subglobosas a raramente elipsoides, de 237 - 363 X 229 - 304  $\mu\text{m}$ , con la superficie lisa. Conjunto de paredes de la espora formado por un grupo (A), de 11.6 - 24  $\mu\text{m}$  de grosor total, integrado por 2 paredes (1 y 2); pared 1: unitaria, amarillo claro (Methuen: 3A5), de 1.5  $\mu\text{m}$ ; pared 2: laminada, amarillo rojizo (Methuen: 4A7), de 14.7 - 22.5  $\mu\text{m}$ , la cual se torna de color café violeta (Methuen: 11EF8) con reactivo de Melzer. Murónimo: A(UL). Contenido de la espora lipídico, globular.

Bulbo de la hifa de sostén amarillo claro (Methuen: 2A5), de 37.2 X 49  $\mu\text{m}$  de diámetro, con pared de 1.5  $\mu\text{m}$ , hasta 2.5 - 3.0  $\mu\text{m}$  en el punto de unión con la espora; hifa de sostén concolora con el bulbo, de 8.8 - 12.8  $\mu\text{m}$  de diámetro, con pared de 1.0 - 1.5  $\mu\text{m}$ , septada por abajo del bulbo.

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Ha sido registrada de varias localidades de los Estados Unidos (Nicolson y Gerdemann, 1968; Gerdemann y Trappe, 1974; Schenck y Hinson, 1971; Nicolson y Schenck, 1979), Nigeria (Sanni, 1976), Australia (Abbot y Robson, 1978), y Brasil (Bononi et al., 1988).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** Se ha observado asociada con maíz, fresno (*Fraxinus americana* L.), arce (*Acer negundo* L.), maple (*A. saccharum* Marsh), *Liriodendron tulipifera* L. (Gerdemann y Trappe, 1974), *Alternanthera ficoidea* (L.) R. Br., *Diodia teres* Walt., *Rynchelitrum roseum* (Ness) Stapf. & Hubb. y *Waltheria indica* L. (Bononi et al., 1988). En Tlaxcala se aisló de suelo rizosférico de frijol y se ha obtenido en cultivo puro asociada con alfalfa.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Luna-Zendejas 1; San Antonio, Mpio. de Coaxomulco, Montiel-Salero 1.

**OBSERVACIONES:** El rasgo más distintivo de *G. gigantea* y que la separa fácilmente de las otras especies del género, es su gran

tamaño, al cual debe su nombre. Por su coloración es muy similar a *G. decipiens*, pero ésta tiene paredes mucho más gruesas (Hall y Abbot, 1984).

***Gigaspora margarita* Becker & Hall**  
Figs. 10 y 35-36.

Esporas producidas individualmente en el suelo, blancas (Methuen: 1A1) a amarillo claro (Methuen: 4A4), con una zona subhialina hacia uno de los polos, globosas, de 184 - 286  $\mu\text{m}$  de diámetro, a veces elípticas, de 212 X 267  $\mu\text{m}$ , con la superficie lisa. Conjunto de paredes de la espora de 4.0 - 14.7  $\mu\text{m}$  de grosor total, formado por dos paredes (1 y 2) en un grupo (A); pared 1: unitaria, amarillo pálido (Methuen: 2A3), de 1.0 - 1.5  $\mu\text{m}$ ; pared 2: laminada, amarilla (Munsell: 10YR7/8), de 3.9 - 11.7  $\mu\text{m}$  de grosor, con un número variable de láminas, alcanzando hasta 9 en las esporas más maduras. Murónimo: A (UL). Contenido de la espora denso, con múltiples gotas lipídicas.

Bulbo de la hifa de sostén blanco amarillento (Methuen: 3A3), de 26 - 53 X 36 - 72  $\mu\text{m}$ , con pared de 1.0 - 1.5  $\mu\text{m}$ , llegando hasta 2.9  $\mu\text{m}$  en el punto de unión con la espora; hifa de sostén hialina, de 6.9 - 14.7  $\mu\text{m}$  de diámetro, con un grosor de pared de 0.5 - 1.5  $\mu\text{m}$ , septada desde la base del bulbo o cerca de éste. Zona de germinación cercana al punto de inserción de la hifa de sostén, diferenciada sólo por la presencia de una densa concentración de gotitas lipídicas; hifa de germinación amarilla (Methuen: 4A8), de 11.8 - 13.2  $\mu\text{m}$  de diámetro, septada, con pared de 0.5 - 2.0  $\mu\text{m}$  hacia el poro de germinación, 1.5 - 3.4  $\mu\text{m}$  en el resto. Células auxiliares formadas en racimos compactos, hialinas, obovoides a subglobosas, de 23.5 - 29.5 X 24.5 - 29.4  $\mu\text{m}$ , con pared amarillenta (Methuen: 2A6), de 0.5  $\mu\text{m}$  de grosor, papiladas, con ornamentación de 2.0 - 2.5 X 2.0 - 6.4  $\mu\text{m}$ .

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Conocida de los Estados Unidos (Becker y Hall, 1976; Nicolson y Schenk, 1979; Nemeč et al., 1981), Nueva Zelanda (Hall, 1977) y Cuba (Ferrer y Herrera, 1981).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** En cultivo puro forma asociación con cebolla, jitomate, maíz, soya y pasto Sudán (Becker y Hall, 1976). Encontrada también en suelos de campos cultivados con tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (Ferrer y Herrera, 1981) y cítricos (*Citrus* spp.) (Nemeč et al., 1981). En México se aisló de suelo rizosférico de frijol y se obtuvo en cultivo puro asociada con alfalfa.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, Mpio. de Ixtenco, Rodríguez-Palma 1832.

**OBSERVACIONES:** *G. margarita* puede ser fácilmente confundida con otras especies de *Gigaspora* de colores pálidos, pero *G. albida*

Schenck & Smith puede separarse por sus tintes verdosos (Schenck y Smith, 1982); *G. rosea* Nicolson & Schenck tiene tintes rosados característicos y paredes menos gruesas (Nicolson y Schenck, 1979) y *G. candida* Bhattacharjee, Mukerji, Tewari & Skoropad presenta 2 paredes laminadas (Bhattacharjee et al., 1982).

***Scutellospora dipurpurascens* Morton & Koske**

Figs. 11 y 37-40.

Esporas formadas individualmente en el suelo, de color blanco amarillento (Methuen: 1A2) a amarillo pálido (Methuen: 1A3) con la edad, globosas a subglobosas, de 133 - 163  $\mu\text{m}$  de diámetro, con la superficie lisa. Conjunto de paredes de la espora de 5.9 - 9.8  $\mu\text{m}$ , constituido por 6 paredes en dos grupos (A y B). Grupo A formado por 3 paredes (1, 2 y 3); pared 1: unitaria, hialina, de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ ; pared 2: laminada, amarillo claro (Methuen: 2A5), de 2.9 - 3.4  $\mu\text{m}$ ; pared 3: membranosa, hialina, hasta de 0.5  $\mu\text{m}$ . Grupo B formado por 3 paredes (4, 5 y 6); pared 4: membranosa, hialina, de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ ; pared 5: coriácea, hialina, la cual se tiñe de color rubí grisáceo (Methuen: 12C3) con reactivo de Melzer, hasta de 0.5  $\mu\text{m}$ ; pared 6: amorfa, hialina, de color magenta grisáceo (Methuen: 13C6) con Melzer. Murónimo: A (ULM) B (MCA). Escudo de germinación hialino, lobulado, de 63 - 127 X 98 - 122  $\mu\text{m}$ , localizado entre las paredes 4 y 5. Contenido de la espora granuloso, irregular, opaco.

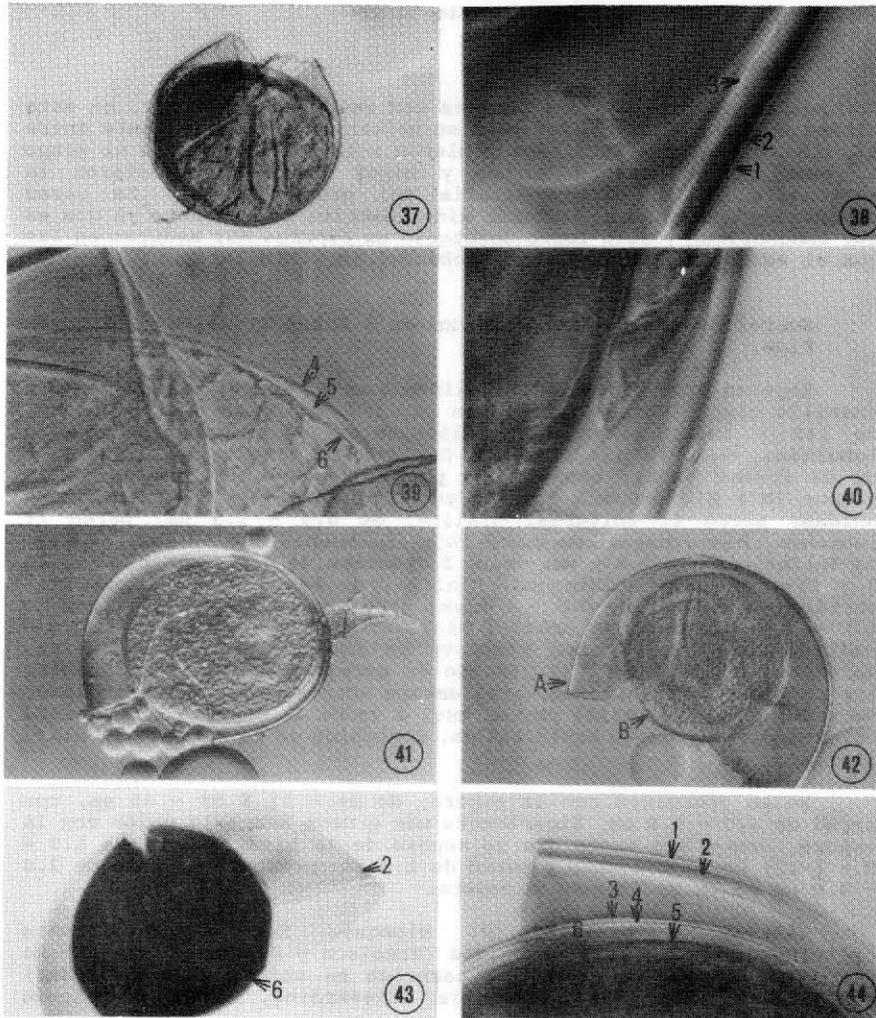
Bulbo concoloro con la espora, de 23.5 - 27.4 X 27.4 - 34  $\mu\text{m}$ , con pared de 1.0 - 2.0  $\mu\text{m}$ ; hifa hialina, de 4.4 - 7.8  $\mu\text{m}$  de diámetro y pared de 0.5  $\mu\text{m}$ . Poro de la espora en el punto de inserción de la hifa de sostén, de 1.5 - 3.0  $\mu\text{m}$ .

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Se ha citado solamente de los Estados Unidos (Morton y Koske, 1988).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** Ha sido observada asociada con diferentes pastos (*Festuca arundinacea*, *F. rubra* L., *Lotus corniculatus* L.) y trébol (*Trifolium pratense* L.) y en cultivo puro se ha obtenido con *F. arundinacea*, trébol y pasto Sudán (Morton y Koske, 1988). En Tlaxcala se ha encontrado en suelos rizosféricos de maíz y frijol, en macetas de propagación usando pasto bahía como planta trampa y en cultivo puro asociada con alfalfa.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Gavito 7, Rodríguez-Palma 1957.

**OBSERVACIONES:** *Sc. dipurpurascens* se confunde fácilmente con *Sc. pellucida* cuando las esporas de esta última son jóvenes o están pigmentadas, pero puede distinguirse fácilmente por su aspecto brillante y translúcido de color amarillo, por ser más pequeña y por la estructura diferente de las paredes. Aunque al igual que en



Figs. 37-44. 37-40: *Scutellospora dipurpurascens*. 37: Espora montada con reactivo de Melzer (X 250). 38: Detalle de las paredes del grupo A: unitaria (1), laminada (2) y membranosa (3) (CIN X 2500). 39: Detalle de las paredes del grupo B: membranosa (4), coriácea (5) y amorfa (6) (CIN X 1000). 40: Vista transversal del escudo de germinación (CIN X 2500). 41-44: *Sc. pellucida*. 41: Espora (X250). 42: Espora rota mostrando los 2 grupos de paredes (A y B) (CIN X 250). 43: Espora rota montada con reactivo de Melzer, mostrando las 2 paredes reactivas (2 y 6) (CIN X 250). 44: Detalle de las paredes del grupo A: unitaria (1) y laminada (2) y del grupo B: membranosa (3), coriáceas (4 y 5) y amorfa (6) (CIN X 1000).

*Sc. pellucida* se tiñen dos paredes con reactivo de Melzer, en esta última especie dichas paredes no se ubican en forma adyacente entre sí. Morton y Koske (1988) describieron sólo dos paredes en el grupo A, pero posteriormente Morton y Benny (1990) reconocieron la existencia de la pared unitaria del grupo externo. La pared membranosa del grupo B no había sido descrita previamente ya que es muy inconspicua y sólo logró denotarse en esporas muy maduras en las que el escudo de germinación se observó en vista lateral.

***Scutellospora pellucida* (Nicolson & Schenck) Walker & Sanders**  
Figs. 12 y 41-44.

Esporas producidas individualmente en el suelo, blanquecinas a amarillo claro (Methuen: 3A5) con la edad, globosas o subglobosas, de 142 - 194 (-242)  $\mu\text{m}$  de diámetro, a veces acorazonadas o lobuladas, de 130 - 154 X 228  $\mu\text{m}$ . Conjunto de paredes de 11.8 - 13.8  $\mu\text{m}$  de grosor total, constituido por 6 paredes distribuidas en 2 grupos (A y B). Grupo A formado por 2 paredes (1 y 2) fuertemente unidas; pared 1: unitaria, hialina, de 0.5 - 1.5  $\mu\text{m}$ ; pared 2: laminada, blanquecina, de color rojo (Methuen: 10B6.5) con reactivo de Melzer, de 1.5 - 6.9  $\mu\text{m}$ . Grupo B constituido por 4 paredes (3, 4, 5 y 6); pared 3: membranosa, hialina, de hasta 0.5  $\mu\text{m}$ ; pared 4: coriácea, hialina, de 0.5 - 1.0  $\mu\text{m}$ ; pared 5: coriácea, hialina, de 0.5 - 1.5  $\mu\text{m}$ ; pared 6: amorfa, hialina, que se tiñe de color rojo rubí (Methuen: 12D3) con reactivo de Melzer, de 1.0 - 2.0  $\mu\text{m}$ . Murónimo: A (UL) B (MCCA). Escudo de germinación localizado entre las paredes 4 y 5, hialino, ampliamente acorazonado, multilobulado, de (60-) 86 X 113 (-120)  $\mu\text{m}$ , el cual a veces se observa ligeramente coloreado y engrosado hasta 2.0  $\mu\text{m}$ . Contenido de la espora globular, lipídico.

Bulbo concoloro con la espora, de 26 - 31 X 55 - 65  $\mu\text{m}$ , con pared de 1.0 - 3.0  $\mu\text{m}$ , ligeramente más gruesa hacia la unión con la espora, con o sin septo que lo separe de la hifa, que tiene 3.9 - 9.8 (-22)  $\mu\text{m}$  de diámetro y pared de 1.0  $\mu\text{m}$ ; presenta un poro de 2.0 - 9.0  $\mu\text{m}$  en la unión con la espora.

**HÁBITAT Y DISTRIBUCIÓN:** Hipogeo. Especie ampliamente distribuida en los Estados Unidos (Nicolson y Schenck, 1979; Koske y Walker, 1986). Fuera de Norteamérica ha sido citada de Brasil (Bononi et al., 1988), Colombia (Sieverding, 1988) y Polonia (Blaszowski, 1989).

**ASOCIACIONES MICORRÍZICAS:** *Sc. pellucida* fue descrita originalmente de un suelo cultivado con soya, pero posteriormente se ha observado asociada en campo con un gran número de plantas (Koske y Walker, 1986; Blaszowski, 1989). En Tlaxcala fue aislada de suelo rizosférico de maíz y se ha obtenido en cultivo puro asociada con alfalfa.

**MATERIAL ESTUDIADO:** TLAXCALA, La Malintzin, Mpio. de Ixtenco, Gavito 5, Hernández-Cuevas 2083.

**OBSERVACIONES:** Esta especie se puede distinguir de las otras especies del género por la presencia de una pared reactiva al Melzer en el grupo externo y por la estructura característica de las paredes del grupo interno. Koske y Walker (1986) la describieron con sus paredes distribuidas en tres grupos, lo cual puede deberse a que en esporas muy maduras las paredes del grupo interno se separan fácilmente en 2 subgrupos. No obstante, este carácter parece depender del estado de maduración de la espora, ya que es muy evidente cuando se encuentra presente el escudo de germinación. Esta especie y *Sc. dipurpurascens* son difíciles de determinar con precisión al trabajar con esporas procedentes del campo, principalmente debido a que la reactividad de las paredes con el Melzer es muy variable, cosa que no sucede con las esporas obtenidas en cultivos puros, las cuales presentan una reacción más definida y constante. De esta forma, la obtención de cultivos puros es una herramienta que en algunos casos garantiza la correcta identificación de las especies de hongos micorrízicos arbusculares.

#### LITERATURA CITADA

- Abbot, L.K. y A.D. Robson, 1978. Growth of subterranean clover in relation to the formation of endomycorrhizae by introduced and indigenous fungi in a field soil. *New Phytol.* 81:575-585.
- Almeida, R.T. y N.C. Schenck, 1990. A revision of the genus *Sclerocystis* (Glomaceae, Glomales). *Mycologia* 82:703-714.
- Anónimo, 1986. *Síntesis Geográfica de Tlaxcala y Anexo Cartográfico*. INEGI, SPP, México, D.F.
- Becker, W.N. y J.W. Gerdemann, 1977. *Glomus etunicatus* sp. nov. *Mycotaxon* 6:29-33.
- Becker, W.N. e I.R. Hall, 1976. *Gigaspora margarita*, a new species in the Endogonaceae. *Mycotaxon* 4:155-160.
- Berch, S.M., R. Ferrera-Cerrato y C. González-Chávez, 1989. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from corn fields in Atlacomulco, Mexico. *Mycologia* 81:933-935.
- Bethelenfalvay, G., R.L. Franson, M.S. Brown y K.L. Mihora, 1989. The *Glycine-Glomus-Bradyrhizobium* symbiosis. IX. Nutritional, morphological and physiological responses of nodulated soybean to geographic isolates of the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Physiol. Plant.* 76:226-232.
- Bhattacharjee, M., K.G. Mukerji, J.P. Tewari y W.P. Skoropad, 1982. Structure and hyperparasitism of a new species of *Gigaspora*. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 78:184-187.

- Blaszkowski, J., 1989. Polish Endogonaceae 1. *Acaulospora bireticulata*, *Entrophospora infrequens*, *Glomus caledonium* and *Scutellospora pellucida*. *Karst.* 29:1-10.
- Blaszkowski, J., 1990a. Polish Endogonaceae 2. *Acaulospora rugosa*, *Glomus aggregatum*, *Glomus etunicatum*, *Glomus fasciculatum* and *Glomus occultum*. *Karst.* 30:1-13.
- Blaszkowski, J., 1990b. Three Endogonaceae new to Poland. *Nord. J. Bot.* 10:109-116.
- Bloss, H.E. y C. Walker, 1987. Some endogonaceous mycorrhizal fungi of the Santa Catalina Mountains in Arizona. *Mycologia* 79:649-654.
- Bononi, B.L.R. y S.F.B. Trufem, 1983. Endomicorrizas vesículo-arbusculares do Cerrado da Reserva Biológica de Moji-Guacu, SP, Brasil. *Rick.* 10:55-84.
- Bononi, B.L.R.; L.M. Barbosa y A. Viriato, 1988. Micorrizas vesículo-arbusculares em amendoim e em plantas invasoras da cultura. *Hoeh.* 15:1-9.
- Dalpé, Y. 1984. *Sclerocystis rubiformis*. *Fungi Canadense* 284.
- Dalpé, Y., R.L. Granger y V. Furlan, 1986. Abundance relative et diversité des Endogonacées dans un sol de verger du Québec. *Can. J. Bot.* 64:912-917.
- Diem H.G., I. Gueye, V. Gianinazzi-Pearson, J.A. Fortin e Y.R. Dommergues, 1981. Ecology of VA mycorrhizae in the tropics: the semi-arid zone of Senegal. *OEcolog. Plant.* 2:53-62.
- Ferrer, R.L. y R. A. Herrera, 1981. El género *Gigaspora* Gerdemann & Trappe (Endogonaceae) en Cuba. *Rev. Jardín Bot. Mac., Habana* 1:43-66.
- Gavito, M.E., 1991. Estudio de los hongos micorrizicos arbusculares asociados al maíz en el Volcán La Malintzin, Tlaxcala. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, U.N.A.M., México, D.F.
- Gerdemann, J.W. y B.K. Bakshi, 1976. Endogonaceae of India: Two new species. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 66:340-343.
- Gerdemann, J.W. y T.H. Nicolson, 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46:235-244.
- Gerdemann, J.W. y J.M. Trappe, 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir* 5:1-74.
- Hall, I.R., 1977. Species and mycorrhizal infections of New Zealand Endogonaceae. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 83:203-208.
- Hall, I.R. y L.K. Abbot, 1984. Some Endogonaceae from south western Australia. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 83:203-208.
- Hetrick, B.A.D. y J. Bloom, 1983. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with native tall grass prairie and cultivated winter wheat. *Can. J. Bot.* 61:2140-2146.
- Iqbal, S.M. y B. Perveen, 1980. Some species of *Sclerocystis* (Endogonaceae) from Pakistan. *Trans. Mycol. Soc. Japan.* 21:57-63.
- Khan, A.G., 1971. Occurrence of *Endogone* species in West Pakistan soils. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 21:217-224.

- Kornerup, A. y J.H. Wanscher, 1978. *Methuen Handbook of Colour*. Methuen, Londres.
- Koske, R.E. y C. Walker, 1986. Species of *Scutellospora* (Endogonaceae) with smooth-walled spores from maritime sand dunes: two new species and a redescription of the spores of *Scutellospora pellucida* and *Scutellospora calospora*. *Mycotaxon* 27:219-235.
- Martínez, W., G. Guzmán y S. Riess, 1984. Estudio sobre la endomicorriza del café bajo distintas condiciones de cultivo e identificación de algunos endogonáceos. *Biotica* 12:35-41.
- Morton, J.B., 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: classification, nomenclature and identification. *Mycotaxon* 32:267-324.
- Morton, J.B., 1989. *Mycorrhizal Fungi Slide Set: Morphological Characters Important in Identifying Endomycorrhizal Fungi in the Zygomycetes*. Audiovisual Publication 2, West Virginia Univ. Agric. y For. Expt. Stn., Morgantown.
- Morton, J.B., 1990. Evolutionary relationships among arbuscular mycorrhizal fungi in the Endogonaceae. *Mycologia* 82:192-207.
- Morton, J.B., 1991. Histochemical reactions. Melzer's reagent. *INVAN* 1:7-8.
- Morton, J.B. y G.L. Benny, 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): new order, Glomales, two new suborders, Glominae and Gigasporinae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an amendment of Glomaceae. *Mycotaxon* 37:471-491.
- Morton, J.B. y R.E. Koske, 1988. *Scutellospora dipurpurascens*, a new species in the Endogonaceae from West Virginia. *Mycologia* 80:520-524.
- Mosse, B. y G.D. Bowen, 1968. The distribution of *Endogone* spores in some Australian and New Zealand soil. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 51:485-492.
- Nemec, S., J.A. Menge, R.G. Platt y E.L.V. Johnson, 1981. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi associated with Citrus in Florida and California and notes on their distribution and ecology. *Mycologia* 73:112-127.
- Nicolson, T.H. y J.W. Gerdemann, 1968. Mycorrhizal *Endogone* species. *Mycologia* 60:313-325.
- Nicolson, T.H. y N.C. Schenck, 1979. Endogonaceous mycorrhizal endophytes in Florida. *Mycologia* 71:178-198.
- Palacios-Mayorga, S., C. Salinas-Chapa y K. Shimada-Miyasaka, 1986. Incremento en el crecimiento y en la absorción de fósforo en cebolla (*Allium cepa* L.) como respuesta a la micorriza vesículo-arbuscular, en un suelo de origen volcánico. *Rev. Lat-amer. Microbiol.* 28:303-311.
- Palacios-Mayorga, S., K. Shimada-Miyasaka y C. Salinas-Chapa, 1987. Efecto de la inoculación de dos variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) con cuatro hongos endomicorrizicos, en un suelo muy deficiente en fósforo. *Rev. Lat-amer. Microbiol.* 29:329-336.
- Pellet, D. y E. Sieverding, 1986. Host preferential multiplication of fungal species of the Endogonaceae in the field, demonstrated with weeds. In: V. Gianinazzi-Pearson y S. Gianinazzi (eds.). *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae*. INRA. París.
- Puppi, G., F. Chiapperi, P. Tabacchini, A. Sanvito y F. Capirgo, 1986. Endogonaceae del Litorale Tirrenico. *Mic. Ital.* 2:7-14.

- Reinsvold, R.J. y F.B. Reeves, 1986. The mycorrhizae of *Juniperus osteoperma*: identity of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiont, and resynthesis of VA mycorrhizae. *Mycologia* 78:108-113.
- Sanni, S.O., 1976. Vesicular-arbuscular mycorrhiza in some Nigerian soils and their effect on the growth of cowpea (*Vigna unguiculata*), tomato (*Lycopersicon esculentum*) and maize (*Zea mays*). *New Phytol.* 77:667-671.
- Schenck, N.C. y K. Hinson, 1971. Endotrophic vesicular-arbuscular mycorrhizae on soybean in Florida. *Mycologia* 63:672-675.
- Schenck, N.C. e Y. Pérez, 1990. *Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi*. 3a ed. Synergistic Publications, Gainesville.
- Schenck, N.C. y G.S. Smith, 1982. Additional, new and unreported species of mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Florida. *Mycologia* 74:77-92.
- Schenck, N.C., J.L. Spain, E. Sieverding y R.H. Howeler, 1984. Several new and unreported vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (Endogonaceae) from Colombia. *Mycologia* 76:685-699.
- Sieverding, E., 1988. Effect of soil temperature on performance of different VA mycorrhizal isolates with cassava. *Angew. Botanik* 62:295-300.
- Sieverding, E., A. Chaverri e I. Rojas, 1988. *Acaulospora splendida*, a new species in the Endogonaceae from Costa Rica. *Mycotaxon* 33:251-256.
- Trappe, J.M., 1977. Three new endogonaceous: *Glomus constrictus*, *Sclerocystis clavispota* and *Acaulospora scrobiculata*. *Mycotaxon* 6:359-366.
- Trappe, J.M., 1987. Phylogenetic and ecological aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In: Safir, G. (ed.). *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*. CRC Press, Boca Raton.
- U.S. Department of Agriculture, 1975. *Munsell Soil Color Chart*. Kollmorgen Corporation, Baltimore.
- Varela F.L. y R. Vázquez, 1989. Incidencia y descripción de dos hongos micorrízicos vesículo-arbusculares aislados de un suelo cultivado con arroz. *Rev. Mex. Mic.* 5:233-240.
- Walker, C., 1991. *Scutellospora* is *Scutellospora*. *Mycotaxon* 40:141-143.
- Walker, C., C.M. Pfeiffer y H.E. Bloss, 1986. *Acaulospora delicata* sp. nov. An endomycorrhizal fungus from Arizona. *Mycotaxon* 25:621-628.
- Yu-Cheng, F., L. Yan-Rong y F. Rong, 1986. The isolation and identification of endomycorrhizal fungi on tobacco. *Acta Mycol. Sin.* 5:185-190.
- Zak, J.C., R.M. Danielson y D. Parkinson, 1982. Mycorrhizal fungal spore numbers and species occurrence in two amended mine spoils in Alberta, Canada. *Mycologia* 74:785-792.