

Primeros resultados palinológicos en la Formación Zorritas, Devónico-Carbonífero de Sierra de Almeida, Región de Antofagasta, Chile

Claudia Rubinstein

Unidad de Paleopalínología, Departamento de Geología y Paleontología, IANIGLA-CRICYT,
Casilla de Correo 131, 5500 Mendoza, Argentina

Hans Niemeyer

Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Casilla de Correo No. 1280,
Antofagasta, Chile

Felipe Urzúa

Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte, Casilla de Correo No. 1280,

Antofagasta, Chile. Dirección actual: BHP Minerals, División Exploraciones,

Avda. Apoquindo 4499, Piso 12, Santiago, Chile

RESUMEN

En una muestra proveniente del Miembro Medio de la Formación Zorritas se identificó una abundante asociación palinológica constituida por más de 50 especies de esporas y escasos acritarcos. No obstante su pobre preservación, la microflora permite precisar el límite Devónico-Carbonífero (Struniano-Tournaisiano) en esta formación, sobre la base de una correlación mundial. De acuerdo a la zonación de miosporas utilizada en Europa, la asociación correspondería a la Zona de *Vallatisporites verrucosus-Retusotriletes incohatus* (VI). Se trata de la primera asociación microflorística citada en el Paleozoico de Chile.

Palabras claves: Palínología, Microflora (esporas, acritarcos), Formación Zorritas, Devónico-Carbonífero, Sierra de Almeida, Chile.

ABSTRACT

First palynological results from the Zorritas Formation, Devonian-Carboniferous of Sierra de Almeida, Antofagasta Region, Chile. A single palynological sample from the Middle member of Formación Zorritas was examined. A rich, but poorly preserved palynological association was identified in this sample. It is formed by more than 50 species of spores and a few acritarchs. A great accuracy was obtained in the determination of the systemic boundary between Devonian and Carboniferous (Strunian-Tournaisian), on the basis of a worldwide correlation. According to the European miospores zonation, this assemblage could correspond to the *Vallatisporites verrucosus-Retusotriletes incohatus* (VI) Zone. This palynological association is the first cited for the Paleozoic of Chile.

Key words: Palynology, Microflora (spores, acritarchs), Formación Zorritas, Devonian-Carboniferous, Sierra de Almeida, Chile.

INTRODUCCION

Diversos autores han reconocido con anterioridad la transición entre el Devónico y el Carbonífero en la Formación Zorritas, sobre la base de macrofauna (Breitkreuz, 1986; Dutro e Isaacson, 1991; Isaacson *et al.*, 1985; Niemeyer *et al.*, 1985; Urzúa, 1989).

Con el objeto de controlar tal transición, se recolectó exploratoriamente una muestra palinológica dentro del Miembro Medio de la Formación Zorritas, en su lugar tipo. Este se ubica 20 km al oriente del Salar de Punta Negra, en el extremo sur de Sierra de Almeida, Región de Antofagasta, Chile (Fig. 1).

La muestra ha proporcionado palinomorfos principalmente de origen terrestre (esporas) que, aunque mal preservados, presentan gran valor estratigráfico. También se detectó escaso microplancton marino (aproximadamente 1% de acritarcos), sin valor estratigráfico.



FIG. 1. Ubicación de la localidad tipo de la Formación Zorritas, Precordillera de Antofagasta, Chile.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA

El material microfloreístico fue separado de la muestra Z-128, extraída de la sección central del Miembro Medio de la Formación Zorritas.

Se construyó una columna a partir del Perfil estratigráfico D, levantado en Quebrada Zamolana (Fig.

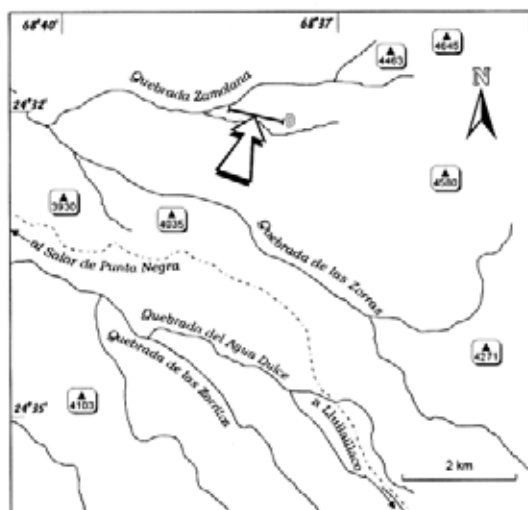


FIG. 2. Ubicación del perfil estratigráfico D correspondiente a la columna estratigráfica D, en Quebrada Zamolana, ilustrada en la figura 3.

2), el cual no alcanza a cubrir la totalidad del Miembro Medio de la Formación Zorritas. El detalle litológico, así como también sus estructuras sedimentarias y orgánicas se ilustran en la figura 3. A continuación se la describe con detalle, incluyendo desde el techo hacia la base las siguientes subunidades:

Techo: no aflora

d18- fangolitas de color gris verdoso oscuro y pátina verde amarillenta oscuro, que poseen algunas concreciones calcáreas, fosilíferas, de color negro. Se intercalan lentes de areniscas de grano muy fino, menores que 12 cm de espesor, los cuales poseen base coquinoidea y ondulítica, e interior laminado ondulado. La macrofauna contenida en esta subunidad consiste en: *Septemirostellum? chavelensis* (Amos), ammonites, conuláridos, crinoideos y trazas fósiles de *Zoophycos* sp. 59 m

d17- cuarzoarenitas de grano fino a muy fino, de color gris claro medio y pátina gris pardo claro. En la base ocurre un conglomerado de 10 cm de espesor, sostenido por la matriz y con clastos angulosos a redondeados de cuarzo, cuarcita, arenisca de grano fino y grueso, fangolita y pórfido riolítico. 7 m

- d16-** intervalos de fangolitas de color verde-oliva grisáceo y pátina verde-amarillento oscuro, con laminaciones mal definidas, las cuales contienen algunas intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino. 8 m
- d15-** cuarzoarenitas de grano grueso a muy grueso, de color gris oliva claro y pátina pardo claro, con base conglomerádica de clastos redondeados a angulosos de cuarzo, cuarzoarenita, arenisca y granito. 3 m
- d14-** areniscas de grano muy fino, de color verde oscuro y pátina verde grisáceo, finamente laminadas en planos irregulares. Presenta un canal de base erosiva irregular, de areniscas conglomerádicas, con clastos subredondeados de pórfido cuarífero, arenisca, pelita y cuarzo. 8 m
- d13-** intercalaciones de cuarzoarenitas de grano muy fino, cuarcíticas, de color gris oliva y gris oliva claro, con fangolitas bioturbadas de similar color, en intervalo estratocreciente. Contienen crinoideos, conuláridos, bivalvos, trazas fósiles de *Zoophycos* sp. y braquiópodos correspondientes a *Septosyringothyris* n. sp., *Septemirostellum? chavelensis* (Amos), *Trichoconetes* n. sp. (in Dutro e Isaacson, 1991), '*Schuchertella*' sp. y *Pseudosyrinx?* sp. 10 m
- d12-** areniscas de grano muy fino de color verde oscuro y pátina pardo-oliva, en capas irregulares de 8 cm de espesor, con intercalaciones de fangolitas de color gris-verdoso oscuro y pátina gris-claro medio, bioturbadas y con trazas fósiles no identificadas. 20 m
- d11-** fangolitas de color negro y pátina verde-amarillento oscuro, en laminaciones mal definidas. 11 m
- d10-** areniscas de grano muy fino de color gris oliva, mal estratificadas, en capas delgadas, con algunas intercalaciones de banquitos de limolitas piríticas de color oliva-grisáceo y pátina rojo-negra. 10 m
- d9-** cuarzoarenitas de grano muy grueso, de color blanco y pátina pardo rojizo moderado, masivas, las cuales contienen clastos aislados de cuarcita y pelita, con tamaños que no sobrepasan los 4 cm. 5 m
- d8-** intercalaciones de fangolitas, con laminaciones irregulares, y areniscas de grano muy fino en capas delgadas, estas últimas con laminaciones onduladas, microestratificación cruzada, laminaciones 'hummocky' y ondulitas de olas. Las fangolitas contienen formas indeterminadas de bivalvos, gastrópodos, conuláridos, crinoideos, braquiópodos correspondientes a *Trichoconetes* n. sp., '*Schuchertella?*' sp., y trilobites (probablemente *Phillipsia* sp.). Del techo de esta subunidad proviene la muestra Z-128, analizada palinológicamente en el presente trabajo (Fig. 3). 39 m
- d7-** limolitas de color gris oliva, bioturbadas, en capas delgadas irregulares, con algunas concreciones fosilíferas. El conjunto es portador de *Trichoconetes* n. sp., '*Schuchertella?*' sp., crinoideos, trazas fósiles, gastrópodos y bivalvos no identificados. A los 6 m de la base se recolectó un ejemplar de goniatite correspondiente a *Eocanites* sp. 18 m
- d6-** intercalaciones de fangolitas gris oliva a pardo amarillento, con laminaciones irregulares y areniscas de grano muy fino, micáceas, de color gris oliva claro, en capas delgadas, con laminaciones onduladas y ondulitas de olas. En la parte basal, se reconocen bivalvos indeterminados, trazas fósiles, crinoideos y braquiópodos identificados como *Trichoconetes* n. sp. 34 m
- d5-** fangolitas de color verde oscuro y pátina verde amarillento oscuro, con escasas intercalaciones de areniscas de grano muy fino, micáceas, en capas delgadas. El intervalo es portador de *Posidoniella* sp., *Bellerophon* sp., *Trichoconetes* n. sp. y crinoideos, junto a ejemplares indeterminados de amonites, gastrópodos y bivalvos. Cerca de la base se encontró un trilobite muy bien conservado, probablemente *Phillipsia* sp. 23 m
- d4-** secuencia de limolitas de color verde oscuro en capas irregulares, con algunas intercalaciones de cuarzoarenitas de grano muy fino a medio, micáceas, de color gris oliva. Las limolitas son portadoras de crinoideos, goniatites, trazas fósiles y *Posidoniella?* sp. 38 m
- d3-** limolitas cuarcíticas de color verde-amarillento oscuro y pátina pardo-rojizo moderado, bien laminadas, con intercalaciones de areniscas de grano medio a grueso, micáceas, en bancos delgados a gruesos. 19 m

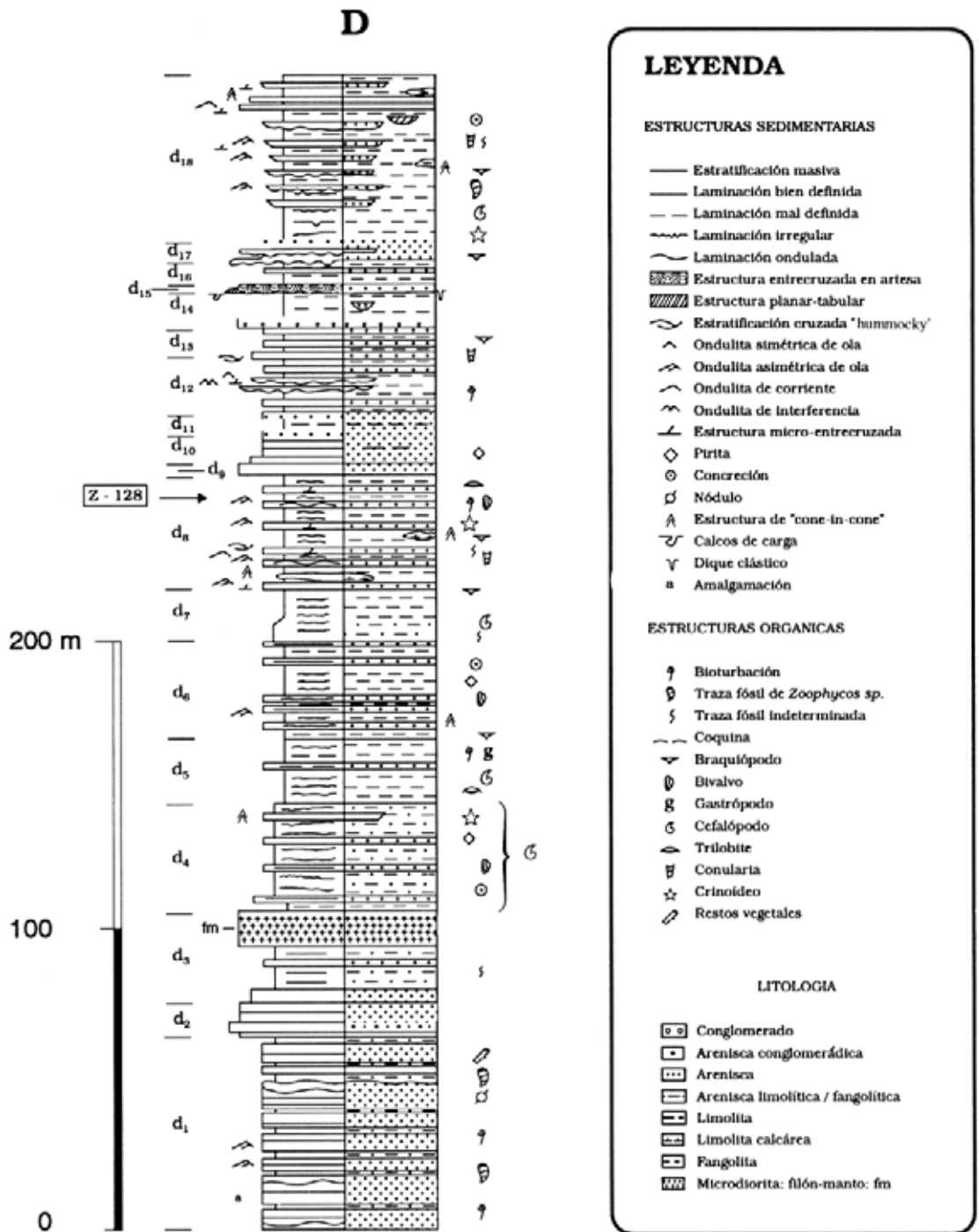


FIG. 3. Columna estratigráfica D del Miembro Medio de la Formación Zorritas, en Quebrada Zamolana. Se indica ubicación de la muestra palinológica Z-128.

d2- intercalaciones de areniscas de grano muy grueso y conglomerados arenosos, bien estratificados, en capas medias. El conjunto es de color amarillo-rosado grisáceo con abundantes estructuras de 'liesegang'.
7 m

d1- bancos de espesor medio a grueso de cuarzoarenitas de color gris-verdoso, de grano muy fino,

masivas, separadas por delgados niveles de limolitas de similar color. 67 m

Espesor total 382 m

Base: cuarzoarenitas de grano fino, masivas, en contacto concordante, pertenecientes a la parte inferior del Miembro Medio.

METODOLOGIA Y REPOSITORIO DEL MATERIAL PALINOLOGICO

La extracción palinológica fue realizada utilizando los métodos convencionales expuestos en Volkheimer y Melendi (1976), que se describen en el Apéndice.

La asociación palinológica resultó abundante en especies, pero con una preservación muy pobre, con muchos ejemplares carbonizados y fragmentados. Se han reconocido 34 géneros de esporas (5 clasificados con dudas) y 2 géneros de acritarcos. De las 47 especies de esporas diferenciadas, 7 han sido clasificadas positivamente a nivel específico, 22 han sido

clasificadas como cf. (dudosas a nivel específico) y 18 fueron dejadas en nomenclatura abierta. Los acritarcos han sido dejados en nomenclatura abierta debido a que no son de interés estratigráfico.

El material estudiado se halla depositado en la Paleopalinteca de la Unidad de Paleopalintología, Departamento de Geología y Paleontología (IANIGLA-CRICYT), Mendoza, Argentina. Los preparados en el repositorio están bajo el prefijo LPPM (Laboratorio de Paleopalintología-Paleopalinteca-Mendoza).

GENEROS Y ESPECIES DE ESPORAS Y ACRITARCOS PRESENTES

La siguiente lista contiene los géneros y especies de esporas y acritarcos reconocidos. Los géneros *Densosporites*, *Punctatisporites*, *Raistrickia* y *Veryhachium* presentan más de una especie cada uno, que no han podido ser asignadas a nivel específico y, por lo tanto, no se discriminan en el listado. La ilustración de este material aparece en las láminas 1 y 2.

• Esporas

Anapiculatisporites sp.
Anaplanisporites sp.
Aneurospora sp.
Apiculatisporites sp.
Apiculiretusispora cf. *A. microseta* Ravn, 1991
Asperispora cf. *A. acuta* (Kedo) Van der Zwan, 1980
Auroraspora macra Sullivan, 1968
Auroraspora? cf. *A. granulatisporata* (Hoffmeister, Staplin y Malloy) Turnau, 1975
Auroraspora cf. *A. solisortus* Hoffmeister, Staplin y Malloy, 1955
Baculatisporites cf. *B. fusticulus* Sullivan, 1968
Calamospora sp.

Convolutispora cf. *C. ampla* Hoffmeister, Staplin y Malloy, 1955
Convolutispora cf. *C. vermiformis* Hughes y Playford, 1961
Crassispora cf. *C. maculosa* (Knox) Sullivan, 1964
Crassispora? sp.
Cristatisporites? cf. *C. colliculus* Playford, 1971
Cymbosporites cf. *C. catillus* Allen, 1965
Cymbosporites? sp.
Cyrtospora? cf. *C. cristifer* (Luber) Van der Zwan, 1979
Densosporites spp.
Dibolisporites cf. *D. abstrusus* (Playford) Playford, 1976
Dictyotriletes cf. *D. submarginatus* Playford, 1964
Dictyotriletes sp.
Grandispora sp.
Granulatisporites sp.
Hymenozonotriletes cf. *H. explanatus* (Luber) Kedo, 1963
Lophozonotriletes cf. *L. bellus* Kedo, 1963
Lophozonotriletes cf. *L. tuberosum* Sullivan, 1964
Lophozonotriletes sp.
Murospora? sp.2
Punctatisporites spp.

Pustulatisporites cf. *P. gibberosus* (Hacquebard) Playford, 1964

Pustulatisporites sp.

Raistrickia cf. *R. baculosa* Hacquebard, 1957

Raistrickia cf. *R. variabilis* Dolby y Neves, 1970

Raistrickia spp.

Retispora? *lepidophyta* (Kedo) Playford, 1976

Retusotriletes incohatus Sullivan, 1964

Spelaeotriletes cf. *S. owensi* Loboziak y Alpern, 1972

Spelaeotriletes sp.

Stenozonotriletes? sp.

Tholisporites cf. *T. scoticus* Butterworth y Williams, 1958

Tricidarisorites? sp.

Tumulispora rarituberculata (Luber) Playford, 1991

Vallatisporites cf. *V. vallatus* Hacquebard, 1957

Vallatisporites verrucosus Hacquebard, 1957

Vallatisporites sp.

Verrucosisorites congestus Playford, 1964

Verrucosisorites nitidus Playford, 1964

Verrucosisorites sp.

• Acritarcos

Michrystidium sp.

Veryhachium spp.

De la microflore terrestre las esporas acavadas ornamentadas (apiculadas, muromadas, patinadas) son el grupo mejor representado, constituyendo aproximadamente el 75% de la asociación. Estas esporas pertenecen principalmente a los géneros *Dictyotriletes*, *Convolutispora*, *Raistrickia*, *Apiculatisporites*, *Apiculiretusispora*, *Baculatisporites*, *Pustulatisporites*, *Verrucosisorites*, *Crassispora*, *Cyrtospora?*, *Tholisporites* y *Cymbosporites*.

Las esporas acavadas lisas, géneros *Punctatisporites*, *Retusotriletes* y *Calamospora*, conforman aproximadamente un 14% de la asociación. Las esporas zonadas, pseudosacadas y cinguladas representan el restante 11% con los géneros *Vallatisporites*, *Spelaeotriletes*, *Hymenozonotriletes*, *Auro-raspora*, *Lophozonotriletes*, *Retispora?* y *Grandispora*.

CORRELACION

La asociación microflorística puede compararse especialmente con las microfloras del Devónico Superior (Famenniano tardío) y Carbonífero Inferior del oeste de Europa, en particular con las de Irlanda (Van der Zwan, 1980; Van Veen, 1981; Clayton *et al.*, 1980; Clayton *et al.*, 1982), por la elevada coincidencia de especies, con las de la Región Ardeno-Renana de Bélgica, norte de Francia y Alemania (Streel, 1970; Combaz y Streel, 1970; Paproth y Streel, 1970; Higgs *et al.*, 1993); Bielorrusia (Avchimovitch, 1993); e Inglaterra (Turner y Spinner, 1988; Turner *et al.*, 1989; O' Liathin, 1993). En Africa puede relacionarse con las microfloras de Libia y Argelia, de edad similar (Loboziak y Clayton, 1988; Massa y Moreau-Benoit, 1976; Moreau-Benoit, 1989; Moreau-Benoit *et al.*, 1993). Presenta también algunas especies en combinación con Canadá y Australia (McGregor y Playford, 1992; Playford y McGregor, 1993).

En Sudamérica esta microflore puede relacionar-

se con las del Devónico Superior-Carbonífero Inferior de las cuencas del Amazonas y Parnaíba en Brasil (Loboziak *et al.*, 1991, 1992) y de la región del Lago Titicaca en Bolivia (Vavrdova *et al.*, 1993) con las que comparte algunas especies. Con la asociación palinológica de la Formación Retama, del Carbónico Inferior de Bolivia (Ottone y Azcuy, 1987) existe alguna similitud, pero se trata de un trabajo preliminar para poder realizar más comparaciones. No existen similitudes destacables con las biozonas establecidas para el Devónico Superior-Carbonífero Inferior de Bolivia (Lobo Boneta, 1989; Suárez Soruco, 1989).

Esta relación de la asociación estudiada con microfloras de distintas regiones del mundo coincide con lo señalado por Loboziak *et al.* (1991) respecto a que la diferencia entre asociaciones de miosporas de Gondwana y Euramérica no es conspicua durante el Carbonífero Inferior.

EDAD

La mayor parte de las especies de miosporas características del Struniano (Famenniano superior tardío) se encuentran también en el Carbonífero Inferior, al menos en el Tournaisiano inferior, en distintas regiones y por lo tanto no son útiles para precisar el límite Devónico-Carbonífero. La excepción la constituyen algunas especies de biocrón más restringido, de importancia local.

Del estudio global de palinomorfos provenientes de estratos marinos y no marinos supra y subyacentes al límite Devónico-Carbonífero, Playford (1993) indica que entre la diversidad de formas (especialmente miosporas) presentes, la especie cavada/seudocavada *Retispora lepidophyta* es en muchos casos relacionable y ampliamente aplicable al reconocimiento del límite, por su aparentemente abrupta desaparición en un nivel estratigráfico determinado, en o muy próximo al límite entre ambos sistemas. Se han registrado algunas presencias 'anómalas' de *R. lepidophyta* en el Carbonífero Inferior consideradas habitualmente como recicladas. Playford (1993) se-

ñala que indudablemente *R. lepidophyta* es propensa a ser retrabajada, teniendo en cuenta su normal abundancia *in situ* y su relativamente durable morfología (incluso ha sido encontrada como componente remanente en microfloras pérmicas y mesozoicas). A pesar de que *R. lepidophyta* puede ser considerada un buen indicador palinoestratigráfico del Devónico tardío, su presencia en algunas regiones podría extenderse al Carbonífero temprano (inmediatamente post-Struniano). La asociación de esporas se encuentra relacionada con fauna asignada al Tournaisiano (A. Boucot y P. Isaacson, comunicación escrita, 1994).

El uso de la zonación de miosporas propuesto originalmente por Higgs *et al.* en 1988 (*in Turner et al.*, 1989) para el Tournaisiano de Irlanda, se ha generalizado para las asociaciones microflorísticas del oeste de Europa. De acuerdo a este esquema y considerando la ausencia de *R. lepidophyta*, con excepción de un solo ejemplar de asignación dudosa, y las especies encontradas y su distribución estratigráfica (Tabla 1), la asociación estudiada correspon-

TABLA 1. DISTRIBUCION ESTRATIGRAFICA MUNDIAL DE LAS ESPECIES DE ESPORAS IDENTIFICADAS EN LA FORMACION ZORRITAS.

ESPORAS	Devónico		Carbonífero	
	Famenniano	Struniano	Tournaisiano	Viseano
<i>Apiculiretusispora microseta</i>				—
<i>Asperispora acuta</i>		—	—	
<i>Auroraspora macra</i>	—	—	—	—
<i>Auroraspora granulatipunctata</i>		—	—	—
<i>Auroraspora solisortus</i>	—	—	—	—
<i>Baculatisporites fusticulus</i>		—	—	
<i>Convolutispora ampla</i>				—
<i>Crassispora maculosa</i>		—	—	—
<i>Cristatisporites colliculus</i>		—	—	—
<i>Cymbosporites catillus</i>	—			
<i>Dibolisporites abstrusus</i>		—	—	
<i>Dictyotrilletes submarginatus</i>		—	—	
<i>Hymenozonotrilletes explanatus</i>		—	—	—
<i>Lophozonotrilletes bellus</i>		—	—	
<i>Lophozonotrilletes tuberosum</i>		—	—	
<i>Pustulatisporites gibberosus</i>		—	—	
<i>Raistrickia baculosa</i>		—	—	
<i>Raistrickia variabilis</i>		—	—	
<i>Retispora lepidophyta</i>		—	?	
<i>Retusotrilletes incohatus</i>	—	—	—	—
<i>Spelaeotrilletes owensi</i>		—	—	—
<i>Tholisporites scoticus</i>		—	—	
<i>Tumulispora rarituberculata</i>		—	—	
<i>Vallatisporites vallatus</i>		—	—	—
<i>Vallatisporites verrucosus</i>		—	—	—
<i>Verrucosisporites congestus</i>	—	—	—	—
<i>Verrucosisporites nitidus</i>		—	—	—

dería a la Zona de *Vallatisporites verrucosus-Retusotriletes incohatus* (VI). La base de esta zona está indicada por la desaparición de *R. lepidophyta* (límite Devónico-Carbonífero). Inmediatamente por encima se encuentra la Zona de *Krauselisporites hibernicus-Dibolisporites distinctus* (HD). En la asociación estudiada no se ha observado la presencia de *Krauselisporites hibernicus* cuya primera aparición se registra en la base de la Zona HD.

Cabe destacar la presencia de esporas correspondientes probablemente a los géneros *Murospora*

Somers y *Tricidarisporites* Sullivan y Marshall emend. Neves *et al.* (1973) descritos para estratos carboníferos.

Se debe tener en cuenta que, si bien la asociación es variada, su mala preservación dificulta la asignación temporal. La falta de continuidad en la información palinológica tanto vertical como horizontal permite sólo una comparación con palinozonas establecidas para otras regiones, pero no permite desarrollar un esquema bioestratigráfico local.

CONCLUSIONES

Este trabajo constituye el primer intento de uso estratigráfico de la palinología en secuencias devónico-carboníferas del Norte de Chile. La asociación aquí presentada correspondería a la Zona de *Vallatisporites verrucosus-Retusotriletes incohatus* (VI). La base de esta zona coincide con el límite Devónico-Carbonífero, lo que ubicaría a la asociación en el

Tournaisiano inferior basal.

Se comprueba así la transición sistémica entre el Devónico y el Carbonífero indicada anteriormente por la macrofauna. Se trata de la primera asociación microflorística que se ilustra para el Carbonífero Inferior de Chile, basándose en una correlación mundial.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), de Argentina, por financiar el procesamiento y estudio de las muestras palinológicas. A los doctores H. Bahlburg (Ruprecht-Karls-Universitat, Alemania) y C. Breitreuz (Geoforschungs Zentrum, Potsdam, Alemania) y a V. Covacevich (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile) por las sugerencias realizadas para mejorar la calidad del manuscrito.

Los autores desean expresar su agradecimiento al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), de Argentina, por financiar el procesamiento y estudio de las muestras palinológicas. A los doctores H. Bahlburg (Ruprecht-Karls-Universitat, Alemania) y C. Breitreuz (Geoforschungs Zentrum, Potsdam, Alemania) y a V. Covacevich (Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile) por las sugerencias realizadas para mejorar la calidad del manuscrito.

REFERENCIAS

- Avchimovitch, V. I. 1993. Zonation and spore complexes of Devonian and Carboniferous boundary deposits of Pripyat depression (Bielorussia). In Devonian-Carboniferous Boundary (Streel, M.; Sevastopulo, G.; Paproth, E.; editors). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, Vol. 115, No. 2, p. 425-451.
- Breitreuz, C. 1986. Das Palaeozoicum in den Kordilleren Nordchile (21-25°). *Geotektonische Forschungen*, Heft 70, I-II, p. 1-88.
- Clayton, G.; Johnston, I. S.; Sevastopulo, G. D.; Smith, D.G. 1980. Micropalaeontology of a Courceyan (Carboniferous) Borehole section from Ballyvergin, County Clare, Ireland. *Journal of Earth Sciences, Royal Dublin Society*, Vol. 3, p. 81-100.
- Clayton, G.; Keegan, J.B.; Sevastopulo, G. D. 1982. Palynology and stratigraphy of late Devonian and early Carboniferous rocks, Ardmore, County Waterford, Ireland. *Pollen et Spores*, Vol. 24, No. 3-4, p. 511-521.
- Combaz, A.; Streel, M. 1970. Microfossiles végétaux du Tournaisien inférieur dans le 'core-drill' de Brevillers (Pas-de-Calais, France). In *Colloque sur la Stratigraphie du Carbonifère. Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège*, Vol. 55, p. 227-240.
- Dutro, J.Th.; Isaacson, P.E. 1991. Lower Carboniferous brachiopods from Sierra de Almeida, northern Chile. In *Brachiopods through Time* (Mackinnon, D.I.; Lee, D.E.; Campbell, J.D.; editors). *Proceedings of the International Brachiopod Congress, No. 2, University of Otago/Dunedin* (1990), p. 327-332.

- Higgs, K.T.; Streef, M.; Korn, D.; Paproth, E. 1993. Palynological data from the Devonian-Carboniferous boundary beds in the new Stockum trench II and the Hasselbachtal borehole, northern Rhenish Massif, Germany. In *Devonian-Carboniferous Boundary* (Streef, M.; Sevastopulo, G.; Paproth, E.; editors). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, Vol. 115, No. 2, p. 551-557.
- Isaacson, P.; Fisher, L.; Davidson, J. 1985. Devonian and Carboniferous Stratigraphy of Sierra de Almeida, Northern Chile, preliminary results. *Revista Geológica de Chile*, No. 25-26, p. 113-124.
- Lobo Boneta, J. 1989. El límite Devónico-Carbonífero en el Subandino Sur de Bolivia. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*, Vol. 10, No. 3-4, p. 213-217.
- Loboziak S.; Clayton, G. 1988. The Carboniferous palynostratigraphy of northeast Libya. In *Subsurface Palynostratigraphy of Northeast Libya* (El-Arnauti, A.; Owens, B.; Thusu, B.; editors). *Garyounes University Publications*, p. 129-149. Benghazi.
- Loboziak, S.; Streef, M.; Caputo, M.B.; de Melo, J.H.G. 1991. Evidence of West European defined miospore zones in the Uppermost Devonian and Lower Carboniferous of the Amazonas Basin (Brazil). *Geobios*, Vol. 24, No. 1, p. 5-11.
- Loboziak, S.; Streef, M.; Caputo, M.B.; de Melo, J.H.G. 1992. Middle Devonian to Lower Carboniferous miospore stratigraphy in the central Paranaíba Basin (Brazil). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, Vol. 115, No. 1, p. 215-226.
- Massa, D.; Moreau-Benoît, A. 1976. Essai de synthèse stratigraphique palynologique du Système Dévonien en Libye occidentale. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, Vol. 31, No. 2, p. 287-332.
- McGregor, D.C.; Playford, G. 1992. Canadian and Australian Devonian spores: zonation and correlation. *Geological Survey of Canada, Bulletin*, 438, p. 1-125.
- Moreau-Benoît, A. 1989. Les spores du Dévonien moyen et supérieur de Libye occidentale: compléments-systématique-répartition stratigraphique. *Cahiers de Micropaléontologie*, Vol. 4, No. 1, p. 5-32.
- Moreau-Benoît, A.; Coquel, R.; Latreche, S. 1993. Etude palynologique du Dévonien du Bassin d'Illizi (Sahara oriental, Algérie). Approche biostratigraphique. *Geobios*, Vol. 26, No. 1, p. 3-31.
- Niemeyer, H.; Urzúa, F.; Aceñolaza, F.; González, C.R. 1985. Progresos recientes en el conocimiento del Paleozoico de la Región de Antofagasta. In *Congreso Geológico Chileno, No. 4, Actas*, Vol. 1, p. 410-438.
- O'Liathin, M. 1993. Stratigraphic palynology of the Upper Devonian-Lower Carboniferous Succession in North Devon, southwest England. In *Devonian-Carboniferous Boundary* (Streef, M.; Sevastopulo, G.; Paproth, E.; editors). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, Vol. 115, No. 2, p. 649-659.
- Ottone, E.G.; Azcuy, C.L. 1987. Datos palinológicos de la Formación Retama en la Encañada de Breu, Río Alto Beni (Bolivia). In *Congreso Latinoamericano de Paleontología, No. 4, Actas*, Vol. 1, p. 235-249. Santa Cruz de la Sierra.
- Paproth, E.; Streef, M. 1970. Corrélations biostratigraphiques près de la limite Dévonien/Carbonifère entre les facies littoraux ardennais et les facies bathyaux rhénans. In *Colloque sur la Stratigraphie du Carbonifère. Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège*, Vol. 55, p. 365-398.
- Playford, G. 1993. Miospores and organic-walled microphytoplankton. Characteristic of strata contiguous with the Devonian-Carboniferous boundary. In *Congrès International de la Stratigraphie et Géologie du Carbonifère et Permien*, No. 12, *Comptes Rendus*, Vol. 1, p. 127-160. Buenos Aires.
- Playford, G.; McGregor, D.C. 1993. Miospores and organic-walled microphytoplankton of Devonian-Carboniferous boundary beds (Brakken Formation), Southern Saskatchewan: a systematic and stratigraphic appraisal. *Geological Survey of Canada, Bulletin*, Vol. 445, p. 1-107.
- Streef, M. 1970. Distribution stratigraphique et géographique d'*Hymenozonotriletes lepidophytus* Kedo, d'*Hymenozonotriletes pusillites* Kedo et des assemblages tournaisiens. In *Colloque sur la Stratigraphie du Carbonifère. Les Congrès et Colloques de l'Université de Liège*, Vol. 55, p. 121-147.
- Suárez-Soruco, R. 1989. El Ciclo Cordillerano (Silúrico-Carbonífero Inferior) en Bolivia y su relación con países limítrofes. *Revista Técnica de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos*, Vol. 10, No. 3-4, p. 233-243.
- Turner, N.; Spinner, E. 1988. A palynological study of the Lower Carboniferous strata (Dinantian), from Titterstone Clee, Shropshire, England. *Pollen et Spores*, Vol. 30, p. 429-459.
- Turner, N.; Spinner, E.; Soanes, C. 1989. Further studies on the palynology of the Upper Devonian-Lower Carboniferous transition strata at Burrington Combe, Somerset, England. *Pollen et Spores*, Vol. 31, No. 3-4, p. 289-315.
- Urzúa, F. 1989. Estratigrafía y sedimentología de la Formación Zorritas en la Sierra Guanaqueros, extremo sur de la Sierra de Almeida, Alta Cordillera de la Región de Antofagasta-Chile. Memoria de título (Inédito), *Universidad del Norte, Departamento de Ciencias Geológicas*, 185 p. Antofagasta.
- Van der Zwan, C.J. 1980. Aspects of Late Devonian and Early Carboniferous Palynology of southern Ireland. III. Palynology of Devonian-Carboniferous transition sequences with special reference to the Bantry Bay area, Co. Cork. *Review of Palaeobotany and Palynology*, Vol. 30, No. 3-4, p. 165-286.
- Van Veen, P.M. 1981. Aspects of Late Devonian and Early Carboniferous Palynology of southern Ireland. V. The change in composition of palynological assemblages at the Devonian-Carboniferous boundary. *Review of Palaeobotany and Palynology*, Vol. 34, p. 67-97.
- Vavrdova M.; Isaacson, P.E.; Díaz, E.; Bek, J. 1993. Devonian-Carboniferous Boundary at Lake Titicaca,

Bolivia: preliminary palynological results. *In Congrès International de la Stratigraphie et Géologie du Carbonifère et Permien, No. 12, Comptes Rendus, Vol. 1, p. 187-199.* Buenos Aires.

Volkheimer, W.; Melendi, D. 1976. Palinomorfos como

fósiles guía (Tercera Parte). Técnicas de laboratorio palinológico. *Sociedad Argentina de Minería y Geología, Revista Minera Geológica y Mineralógica, Vol. 34, No. 1-2, p. 19-30.*

Manuscrito recibido: Mayo 10, 1996; aceptado: Junio 11, 1996.

APENDICE

METODO DE EXTRACCION PALINOLOGICA

La extracción palinológica fue realizada utilizando los métodos convencionales expuestos en Volkheimer y Melendi (1976), a saber: **1-** eliminación del material meteorizado; **2-** molienda (aproximadamente 2 mm) y cuarteo; **3-** remoción de carbonatos con ácido clorhídrico (10%); **4-** disgregación y ataque de los silicatos con ácido fluorhídrico puro, en frío; **5-** tratamiento del residuo con ácido clorhídrico concentrado en caliente, para evitar la precipitación de fluoruro de calcio; **6-** oxidación con ácido nítrico durante 25 minutos; **7-** remoción de los compuestos húmicos liberados por la oxidación con hidróxido de amonio al 3% durante algunos minutos; **8-** montaje del material con una mezcla de gelatina-glicerina.

LAMINAS 1-2

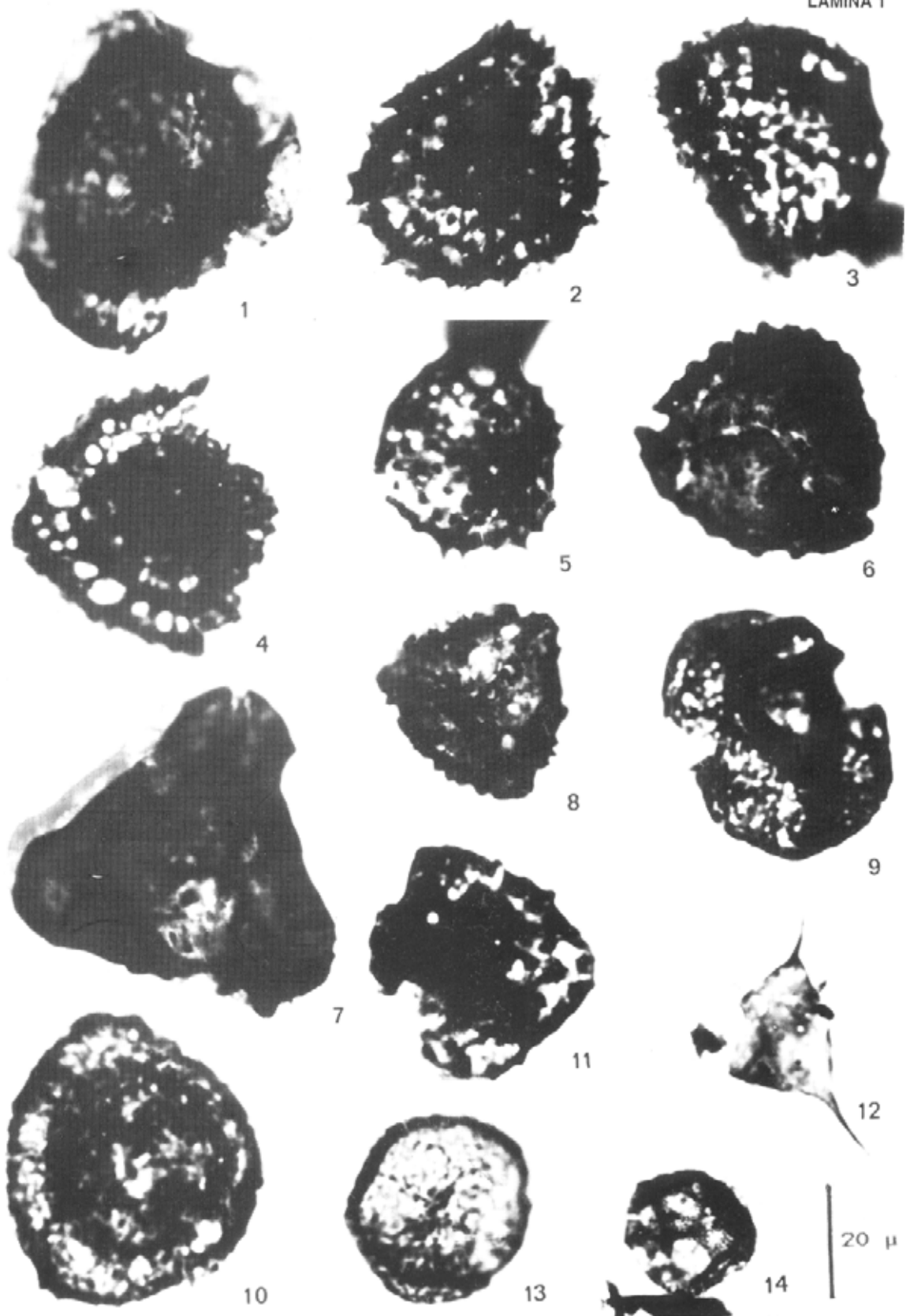
LAMINA 1

(Fotografías de las siguientes especies palinológicas reconocidas en la Formación Zorritas)

Figuras

- 1 ***Hymenozonotriletes cf. H. explanatus* (Luber) Kedo, 1963.**
LPPM 4990 (31,2/97,3 GR).
- 2 ***Vallatisporites cf. V. vallatus* Hacquebard, 1957.**
LPPM 4990 (40,4/95,2 AR).
- 3 ***Vallatisporites verrucosus* Hacquebard, 1957.**
LPPM 4990 (36,2/95,6 BR).
- 4 ***Retispora? lepidophyta* (Kedo) Playford, 1976.**
LPPM 4990 (25,2/112,9 DR).
- 5 ***Lophozonotriletes cf. L. bellus* Kedo, 1963.**
LPPM 4990 (23,9/111,2 ER).
- 6 ***Lophozonotriletes sp.***
LPPM 4990 (40,4/100,8 GR).
- 7 ***Murospora? sp.***
LPPM 4990 (45,5/93,1 ER).
- 8 ***Tricidarisorites? sp.***
LPPM 4990 (35,9/107,5 CR).
- 9 ***Convolutispora cf. C. arnpla* Hoffmeister, Staplin y Malloy, 1955.**
LPPM 4990 (34,5/94,2 ER).
- 10 ***Spelaeotriletes cf. S. owensi* Loboziak y Alpern, 1972.**
LPPM 4990 (42,1/108 FR).
- 11 ***Pustulatisporites cf. P. gibberosus* (Hacquebard) Playford, 1964.**
LPPM 4990 (39,8/109,5 IR).
- 12 ***Apiculiretusispora cf. A. microseta* Ravn, 1991.**
LPPM 4990 (28,9/108,4 BR).
- 13 ***Veryhachium sp.***
LPPM 4990 (42,1/92,7 C).
- 14 ***Dibolisporites cf. D. abstrusus* (Playford) Playford, 1976.**
LPPM 4990 (43,2/95,5 C).

LAMINA 1



LAMINA 2

(Fotografías de las siguientes especies palinológicas reconocidas en la Formación Zorritas)

Figuras

- 1 ***Dictyotriletes* cf. *D. submarginatus* Playford, 1964.**
LPPM 4990 (37,5/106,6 BR).
- 2 ***Retusotriletes incohatus* Sullivan, 1964.**
LPPM 4990 (34,5/94,2 FR).
- 3 ***Asperispora* cf. *A. acuta* (Kedo) Van der Zwan, 1980.**
LPPM 4990 (47,1/112 C).
- 4 ***Crassispora* cf. *C. maculosa* (Knox) Sullivan, 1964.**
LPPM 4990 (25,8/98,6 BR).
- 5 ***Densosporites* sp.**
LPPM 4990 (32/112,5 CR).
- 6 ***Baculatisporites* cf. *B. fusticulus* Sullivan, 1968.**
LPPM 4990 (36,3/92,8 HR).
- 7 ***Punctatisporites* sp.**
LPPM 4990 (47,5/111,8 C).
- 8 ***Verrucosisporites congestus* Playford, 1964**
LPPM 4990 (44,1/95 ER)
- 9 ***Cyrtospora?* cf. *C. cristifer* (Luber) Van der Zwan, 1979.**
LPPM 4990 (33,9/112,8 HR).
- 10 ***Tumulispora rarituberculata* (Luber) Playford, 1991.**
LPPM 4990 (33,3/109,4 HR).
- 11 ***Anapiculatiaporites* sp.**
LPPM 4990 (22,4/93,9 IR).
- 12 ***Raistrickia* cf. *R. baculosa* Hacquebard, 1957.**
LPPM 4990 (34,8/107,2 O).
- 13 ***Raistrickia* cf. *R. variabilis* Dolby y Neves, 1970.**
LPPM 4990 (45,1/105,9 HR).
- 14 ***Auroraspora* cf. *A. solisortus* Hoffmeister, Staplin y Malloy, 1955.**
LPPM 4990 (33,7/109,4 BR).
- 15 ***Raistrickia* sp.**
LPPM 4990 (43,7/112 AR).
- 16 ***Tholisporites* cf. *T. scoticus* Butterworth y Williams, 1958.**
LPPM 4990 (49,6/109,5 O).
- 17 ***Grandispora* sp.**
LPPM 4990 (31,3/95,2 A).

LAMINA 2

