

## **Inferencias paleoecológicas a partir del análisis de microfósiles fúngicos en una turbera pleistoceno-holocena de Tierra del Fuego, Argentina**

Lorena Laura MUSOTTO<sup>1</sup>, María Virginia BIANCHINOTTI<sup>2</sup> & Ana María BORROMEI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INGEOSUR-CONICET, Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur. San Juan 670, B8000ICN Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. [loremusotto@criba.edu.ar](mailto:loremusotto@criba.edu.ar); [borromei@criba.edu.ar](mailto:borromei@criba.edu.ar) <sup>2</sup>CERZOS-CONICET Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur. San Juan 670, B8000ICN Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. [vbianchi@uns.edu.ar](mailto:vbianchi@uns.edu.ar)

**Abstract: Palaeoecological inferences from the analysis of fungal microfossils of a mire in Tierra del Fuego, Argentina.** This paper presents the fungal remains recovered from the fossil peat sequence at La Correntina mire (S 54° 33' - W 67°), located in the central part of Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina. Newly recognised fungal microfossils have distinctive morphological features that allow their systematic classification. Representatives of Glomeromycota (1), Ascomycota (7), mitosporic fungi (4) and three types of spores without taxonomic rank are identified and described. This study represents a contribution to the knowledge of the fossil fungal remains and provides data about their ecological implications.

**Key words:** Palynology, fungal remains, palaeoecology, Quaternary mire, Tierra del Fuego.

**Resumen:** En este trabajo se dan a conocer los restos fúngicos recuperados en el perfil fósil de la turbera La Correntina (S 54° 33' - O 67°), ubicada en el centro de la Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina. Los microfósiles fúngicos reconocidos presentan rasgos morfológicos distintivos que permiten ubicarlos sistemáticamente. Se identifican y describen representantes de Glomeromycota (1), Ascomycota (7), hongos mitosporicos (4) y tres tipos de esporas a las cuales no se les asigna rango taxonómico. Este estudio representa un aporte al conocimiento de los restos fúngicos fósiles y proporciona información acerca de sus implicancias ecológicas.

**Palabras clave:** Palinología, restos fúngicos, paleoecología, turbera del Cuaternario, Tierra del Fuego.

### INTRODUCCIÓN

Entre los palinomorfos no polínicos (PNP) los restos fúngicos fueron durante mucho tiempo ignorados, a pesar que su aparición en muestras polínicas es frecuente superando muchas veces en abundancia a otros microfósiles de pared orgánica. En los últimos años, los estudios y publicaciones sobre hongos han aumentado considerablemente debido a la revalorización de estos organismos como indicadores ambientales (van Geel, 2001), de manera que su análisis constituye un excelente complemento para el estudio de los registros polínicos y la evaluación ambiental del depósito. En general, el material fúngico que suele encontrarse en las muestras palinológicas comprende restos de micelio, distintos tipos de esporas, cuerpos reproductivos o fragmentos de ellos e hifopodios. Sólo algunos grupos taxonó-

micos son hallados en el registro fósil y el grado de preservación depende principalmente de las características de las paredes celulares. En general, se conservan aquellas esporas de hongos que poseen pared gruesa y/o melanizada. La mayoría de las esporas pequeñas, de paredes delgadas y hialinas, reconocidas en los estudios aeromicológicos, raramente se fosilizan (van Geel, 2001). Diversos estudios sobre microfósiles fúngicos han demostrado que las esporas que se registran en un ambiente son, en la mayoría de los casos, estrictamente de ocurrencia local (van Geel & Aptroot, 2006). Ellas se fosilizan cerca del lugar donde fueron producidas o bien son depositadas a corta distancia del sitio de esporulación (Medeanic & Silva, 2010).

Los caracteres que destacan a los hongos como indicadores paleoambientales, tales como la abundancia relativa, especificidad de huésped

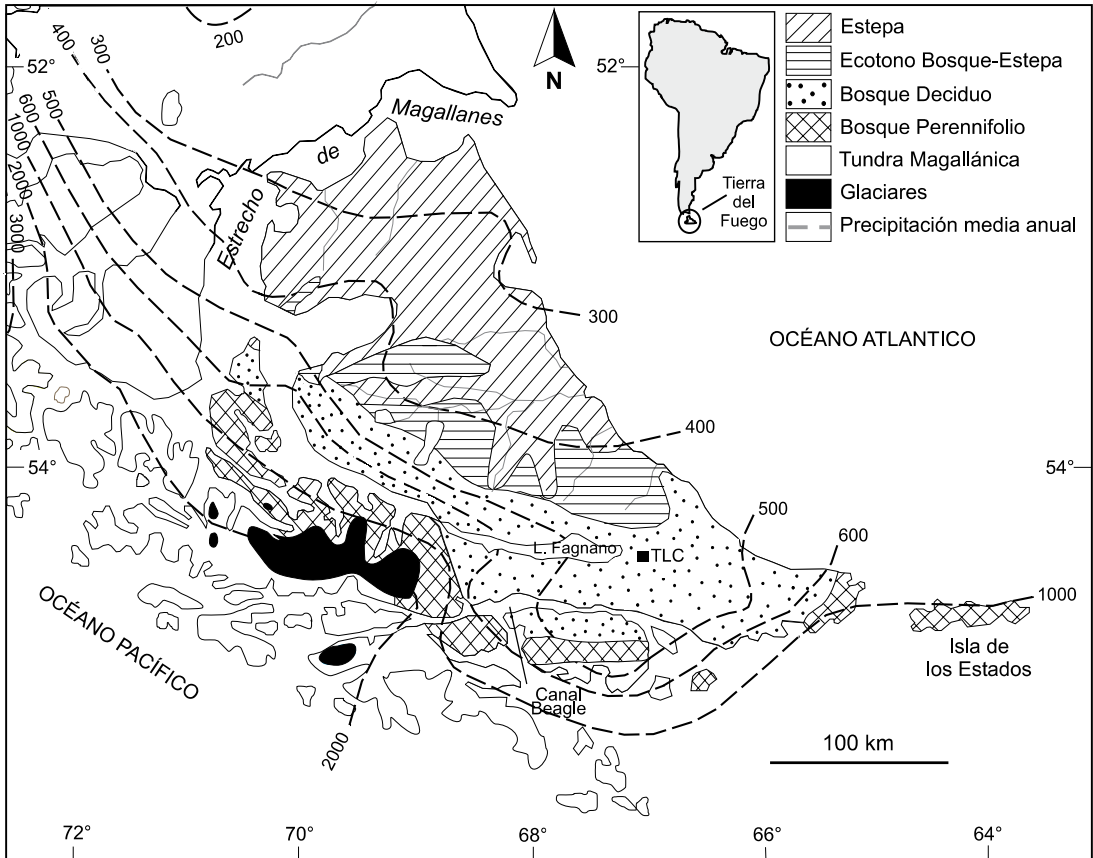


Fig. 1. Mapa de ubicación del perfil estudiado. TLC: Turbera La Correntina.

y preferencias de hábitat, tienen importantes implicancias en los estudios de reconstrucción paleoclimática (Limaye *et al.*, 2007).

En Argentina, las turberas de Tierra del Fuego han sido estudiadas principalmente a partir de su contenido polínico (Heusser, 1989, 1998, 2003; Markgraf, 1993; Borrromei, 1995; Pendall *et al.*, 2001; Borrromei *et al.*, 2007; Borrromei & Quattrocchio, 2008; Markgraf & Huber, 2010). Por el contrario, las contribuciones relativas a los registros fúngicos en estos ambientes son aún escasas. Mauquoy *et al.* (2004) realizaron el estudio de una turbera holocena ubicada en un valle interior a partir de su contenido en microfósiles fúngicos, testate amebae y macrorrestos vegetales. Borrromei *et al.* (2010) analizaron el contenido polínico y los palinomorfos no polínicos (esporas de hongos, algas, oocytos de invertebrados) de una turbera holocena ubicada en un valle glacial de altura. Paredes *et al.* (2010) han caracterizado la comunidad fúngica actual asociada a turberas compactas de *Astelia-Donatia* de Tierra

del Fuego. Más recientemente se han estudiado los restos fúngicos y contenido polínico en muestras de superficie de Tierra del Fuego (Musotto *et al.*, 2012).

En el presente trabajo se dan a conocer las descripciones morfológicas, ubicación taxonómica e inferencias paleoecológicas de los microfósiles fúngicos identificados en las paleocomunidades vegetales reconocidas a partir del análisis polínico (Musotto *et al.*, en prep.) de una turbera del Pleistoceno tardío-Holoceno emplazada en el bosque caducifolio de *Nothofagus*, en el área central de la Isla Grande de Tierra del Fuego. La evolución de la micobiota en un contexto estratigráfico será motivo de una segunda contribución.

#### Área de estudio

El perfil fósil estudiado corresponde a un testigo obtenido en una turbera de *Sphagnum magellanicum* Brid. ubicada en Estancia La Correntina (S 54° 33' 15,8" - O 66° 59' 54,6"), distante 14 km

al este del margen sureste del Lago Fagnano, en el sector central de la Isla Grande de Tierra del Fuego. La turbera posee una edad basal de 12.775 años C<sup>14</sup> A.P. (15.171 años cal A.P.) (Fig. 1).

El clima de la isla es templado frío y está influenciado principalmente por los desplazamientos del Frente Polar del Pacífico Sur y la actividad del Anticiclón del Pacífico Sur. Los vientos dominantes proceden del oeste (“*westerlies*”), que llegan con fuertes y frecuentes precipitaciones sobre la costa Pacífica, y al continuar su curso hacia el este, más allá de la Cordillera de los Andes, pierden gran parte de su humedad y se transforman en vientos secos sobre el lado Atlántico (Pisano, 1977). Las precipitaciones muestran un marcado gradiente de dirección oeste-este, desde 3000 mm en el sector suroeste de la isla, disminuyendo en dirección noreste hasta alcanzar valores menores de 200 mm a lo largo de la costa Atlántica (Tuhkanen et al., 1989–1990; Tuhkanen, 1992; Schneider et al., 2003).

Las comunidades vegetales reflejan los gradientes climáticos y topográficos (Fig. 1). La estepa se extiende en la porción norte de la isla y se caracteriza por la presencia de pastizales y arbustos. Las precipitaciones oscilan entre 200 y 400 mm anuales. El contacto de la estepa con el bosque magallánico deciduo se produce a través de un ecotono, con un promedio anual de precipitaciones de 400-500 mm. El bosque magallánico deciduo está caracterizado por la asociación de *Nothofagus pumilio* (Poepp. & Endl.) Krasser (lenga) y *Nothofagus antarctica* (G. Forst.) Oerst. (ñire). Ambas especies crecen hasta un promedio altitudinal de 500-600 m y son dominantes cuando la precipitación varía entre 400-800 mm anuales. El bosque perennifolio está dominado por las especies arbóreas *Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst. (guindo) y *Drimys winteri* J.R. Forst. & G. Forst. (canelo), se desarrolla cuando la precipitación es superior a los 800 mm anuales. La tundra magallánica (“*magellanic moorland*”) se extiende a lo largo de la costa oeste de Tierra del Fuego expuesta a los fuertes vientos, con precipitaciones anuales que varían entre 2000 y más de 4000 mm. El desierto andino, entre el límite altitudinal de *Nothofagus* y la línea de nieve, presenta especies arbustivas, plantas en cojín y comunidades herbáceas (Pisano, 1977).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El testigo se extrajo con una sonda tipo Russian, con sacatestigo de 5 cm de diámetro, alcanzando una profundidad de 4,6 metros. El

mismo fue submuestreado cada un centímetro, estudiándose un total de 94 muestras polínicas a intervalos de 5 cm cada una. Las muestras palinológicas fueron procesadas de acuerdo con las técnicas físico-químicas de Faegri & Iversen (1989). Con el residuo obtenido se realizaron preparados palinológicos, los cuales se encuentran archivados en la Palinoteca del Laboratorio de Palinología de la Universidad Nacional del Sur, con las siglas UNSP-LC (La Correntina). Las coordenadas de los ejemplares ilustrados en este trabajo corresponden a la reglilla England Finder. El estudio se realizó mediante técnicas de microscopía de luz transmitida, utilizando microscopios Olympus CH30 y Olympus BX40.

La identificación de los restos fúngicos presentes en las muestras se efectuó con bibliografía de referencia (van Geel et al., 2003; van Geel & Aptroot, 2006, entre otros). Para la clasificación sistemática se consultó la base de datos Index Fungorum (www.indexfungorum.org). Algunos de los ejemplares hallados han sido asignados a taxa actuales, utilizando la denominación actual. El término “tipo” es utilizado en distintas categorías taxonómicas cuando los restos fúngicos presentan afinidad morfológica con un taxón actual. A las esporas no identificadas se las denominó como “tipo” seguido de un número. En las figuras 2 y 3 se ilustra el material fúngico estudiado. En la Tabla 1 se presenta el listado de los microfósiles fúngicos identificados en relación con las paleocomunidades vegetales reconocidas en la secuencia fósil (Musotto et al., en prep.).

## SISTEMÁTICA

Phylum GLOMEROMYCOTA Walker & Schüßler

Familia Glomeraceae Piroz & Dalpé

***Glomus* sp.**

(Figs. 2, A–C)

Esporas esféricas o subesféricas, aseptadas, de color amarillo, 31–53 x 21–40  $\mu\text{m}$ , con la superficie escabrada. Pared de 1–3  $\mu\text{m}$  de espesor. Hifas de 5–55  $\mu\text{m}$  de longitud, 3–4  $\mu\text{m}$  de ancho en el ápice, 5–8  $\mu\text{m}$  de ancho en la base.

**Material examinado.** UNSP TLC 3300: L36, 3510: Y38, Z42, 3514: N45/1, 3515: Y36, 3521: Z33, 3522: L27/3, 3525: V31/3.

**Comentarios.** Esporas similares han sido identificadas en muestras de superficie provenientes de la estepa fueguina por Musotto et al. (2012).

Tabla 1. Lista de microfósiles fúngicos identificados en relación con las paleocomunidades vegetales reconocidas en la sección fósil de la turbera La Correntina, Tierra del Fuego.

Microfósiles fúngicos identificados	Paleocomunidades vegetales asociadas				
	Estepa		Ecotono bosque-estepa	Bosque de <i>Nothofagus</i>	
	arbustiva de <i>Empetrum</i>	arbustivo- graminosa		abierto	cerrado
<i>Alternaria</i> sp. C				+	
<i>Alternaria</i> sp. D			+		
<i>Anthostomella</i> cf. <i>fuegiana</i>				+	
Ascoma indet. 2	+				
cf. <i>Sporidesmium</i> sp.			+		
cf. <i>Xylariaceae/Sordariaceae/</i> <i>Coniochaetaceae</i> (Gelorini <i>et al.</i> , 2011)				+	
<i>Gaeumannomyces</i> sp.		+		+	
<i>Gelasinospora</i> sp.		+	+	+	
<i>Glomus</i> sp.		+	+	+	
Tipo-Sordaria	+	+	+	+	+
Tipo-Sporormiella	+	+	+	+	+
Tipo 370 (Hooghiemstra, 1984)	+	+	+	+	+
Tipo 810 cf. <i>Byssothecium alpestre</i> (Mauquoy <i>et al.</i> , 2004)		+	+	+	+
Tipo 1		+			
Tipo 2	+				

PHYLUM ASCOMYCOTA Caval.–Sm.

Familia Magnaporthaceae P.F. Cannon

***Gaeumannomyces* sp.**

(Figs. 2, D-E)

Hifopodios de color marrón, 20–22 x 15–16  $\mu\text{m}$ , con extremos romos y un poro central claro de 3  $\mu\text{m}$  diám., pared de menos de 1  $\mu\text{m}$  de espesor.

**Material examinado.** UNSP TLC 3243: E43, 3547: Q46/3.

**Comentarios.** Hifopodios similares han sido descritos e ilustrados por Musotto *et al.* (2012) para muestras superficiales del ecotono y de praderas turbosas en el bosque decíduo de Tierra del Fuego, pero el tamaño de los mismos es mayor (20–28 x 20–24) y presentan hifas corredoras. Este material se asemeja a *Gaeumannomyces graminis* (Sacc.) Arx & D.L. Olivier por la forma lobulada de los hifopodios (*vide* Walker, 1980). *Gaeumannomyces graminis* es una especie cosmopolita y ha sido documentada en raíces, tallos y vainas de hojas de varias especies de Poaceae (Farr & Rossman, 2011).

Familia Microthyriaceae Sacc.

**Ascoma indet. 2**

(Fig. 2, F)

Ascoma circular formado por una capa de células cuadrangulares, aparentemente el centro del cuerpo presenta dos capas, de color marrón claro, con borde liso, 65  $\mu\text{m}$  diám. Las células son de pared delgada y están dispuestas radialmente. Ostiolo ovoide, central, 13 x 8  $\mu\text{m}$ , rodeado por un anillo de células de paredes engrosadas.

**Material examinado.** UNSP TLC 3241: F29/2.

Familia Sordariaceae G. Winter

***Gelasinospora* sp.**

(Fig. 2, G)

Esporas elipsoidales, aseptadas, color marrón oscuro, 18–24 x 12–14  $\mu\text{m}$ . Pared ornamentada con poros distribuidos regularmente de 1  $\mu\text{m}$  diám.

**Material examinado.** UNSP TLC 3300: H36, 3301: O33/3, Q29/4, X43/1, Y35, Z43/2, 3369: S50.

**Comentarios.** Esporas semejantes han sido citadas en depósitos de turba postglaciales de los Países Bajos (van Geel & Aptroot, 2006). A partir de una reconstrucción filogenética basada en estudios moleculares (García *et al.*, 2004), todas las especies del género *Gelasinospora* han sido incluidas en el género *Neurospora*. Sin embargo, por razones prácticas, el material es asignado a *Gelasinospora*, ya que su ornamentación difiere

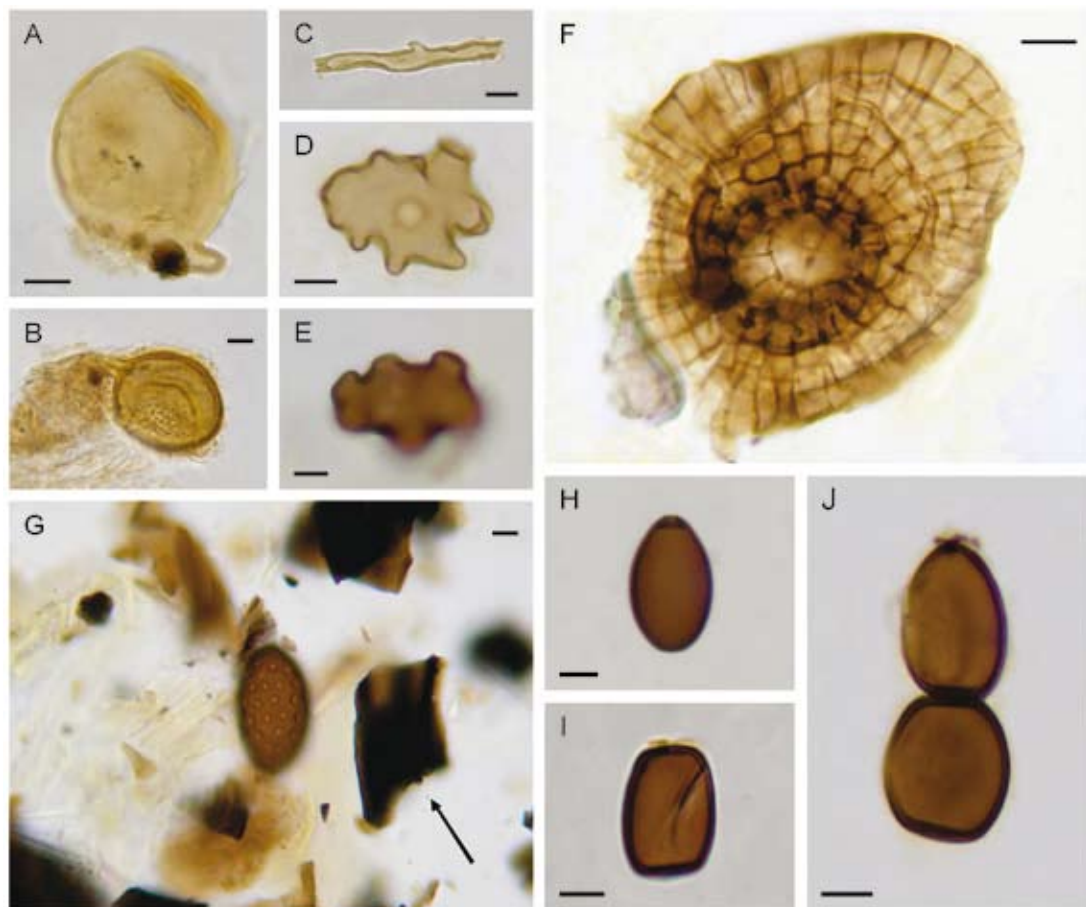


Fig. 2. **A–B.** *Glomus* sp. A, UNSP TLC 3300: L36. B, UNSP TLC 3514: N45/1. **C.** Fragmento de hifa de *Glomus* sp., UNSP TLC 3510: Z28/3. **D–E.** *Gaeumannomyces* sp. D, UNSP TLC 3243: E43. E, UNSP TLC 3547: Q46/3. **F.** Ascoma indet. 2, UNSP TLC 3241: F29/2. **G.** *Gelasinospora* sp., UNSP TLC 3301: X43/1, la flecha indica un fitoclasto oxidado. **H.** Tipo-*Sordaria*, UNSP TLC 3522: Y46/1. **I–J.** Tipo-*Sporormiella*. I, UNSP TLC 3238: X42. J, UNSP TLC 3239a: Z30/3. Escala gráfica: 5 µm, excepto en figs. A, B, C y F: 10 µm.

considerablemente de la de *Neurospora s.s.* (van Geel & Aptroot, 2006).

**Tipo-*Sordaria*** (fide van Geel et al., 2003)  
(Fig. 2, H)

Espora elipsoidal, aseptada, de color marrón oscuro, 18–20 x 10–11 µm, monoporada, poro de 1.5 µm de ancho levemente umbonado. Pared psilada de 1 µm de espesor.

**Material examinado.** UNSP TLC 3299: X38/3, 3519: U32/2, 3522: Y46/1.

**Comentarios.** Esporas similares han sido registradas por van Geel et al. (2003). Estas ascoporas son probablemente producidas por varias especies que corresponden a Sordariales (en su mayoría coprófilas) (van Geel et al., 2003).

Familia Sporormiaceae Munk

**Tipo-*Sporormiella*** (fide van Geel et al., 2003)  
(Figs. 2, I–J)

Esporas cilíndricas, pluricelulares, color marrón oscuro, con septos transversos a oblicuos, lisas, se separan con facilidad en células individuales. Células terminales semi-ovoidales, 14 x 10 µm; células centrales cilíndricas, 14–15 x 12 µm, cada célula presenta un surco germinal oblicuo al eje longitudinal de la espóra.

**Material examinado.** UNSP TLC 3238: X42, 3239a: Z30/3.

**Comentarios.** Sólo se han observado fragmentos de esporas enteras; sin embargo, las células separadas mostraron suficientes caracteres para su identificación. Células individuales de la espóra

Tipo-*Sporormiella* han sido distinguidas por Davis *et al.* (1977) y van Geel *et al.* (2003), entre otros.

Familia Xylariaceae Tulasne & Tulasne

***Anthostomella cf. fuegiana*** Spegazzini 1887  
(Fig. 3, A)

Espora fusiforme, ligeramente curvada, aseptada, con un surco longitudinal a lo largo del lado recto, color marrón claro, 13–16.5 x 6  $\mu\text{m}$ . El surco ocupa la mitad de la longitud de la espóra. Pared psilada de menos de 1  $\mu\text{m}$  de espesor.

**Material examinado.** UNSP TLC 3496: Z25/1, 3524: Y27/1.

**Comentarios.** Esporas semejantes fueron descritas e ilustradas por van Geel (1978) en turberas elevadas de Europa noroccidental.

cf. Xylariaceae/Sordariaceae/

**Coniochaetaceae** (*vide* Gelorini *et al.*, 2011)  
(Fig. 3, B)

Espora fusiforme, ligeramente curvada, aseptada, con un surco longitudinal poco visible, de color marrón oscuro, 22 x 8  $\mu\text{m}$ . Pared psilada de 1  $\mu\text{m}$  de espesor.

**Material examinado.** UNSP TLC 3547: J44.

**Comentarios.** De acuerdo con Gelorini *et al.* (2011), se utilizó cf. para este tipo de esporas dada su similitud morfológica con miembros de las familias Coniochaetaceae, Sordariaceae y Xylariaceae. Esporas similares han sido identificadas en sedimentos lacustres de Uganda, África oriental (Gelorini *et al.*, 2011).

### Hongos mitospóricos

***Alternaria sp. C***

(Fig. 3, C)

Espora obclaviforme, muriforme, rostrada, con 6 o más septos transversales y septos longitudinales no alineados, indentada en los septos, color marrón claro, 52 x 17  $\mu\text{m}$ . Pared escabrada de menos de 1  $\mu\text{m}$  de espesor, psilada en el rostro.

**Material examinado.** UNSP TLC 3547: S27.

***Alternaria sp. D***

(Fig. 3, D)

Espora obclaviforme, muriforme, rostrada, con 3 septos transversales y un septo longitudinal, color marrón claro, 26 x 10.5  $\mu\text{m}$ . Pared escabrada de menos de 1  $\mu\text{m}$  de espesor, con una cicatriz de adhesión de 2  $\mu\text{m}$  de diámetro.

**Material examinado.** UNSP TLC 3370b: V26.

cf. ***Sporidesmium sp.***

(Figs. 3, E–F)

Esporas obclaviformes, con 4–6 septos transversales, levemente indentadas en los septos, color marrón claro, 82–133 x 18–19  $\mu\text{m}$ . Pared levemente escabrada de 1.5–2  $\mu\text{m}$  de espesor.

**Material examinado.** UNSP TLC 3371: H49, M29/2.

**Comentarios.** En todos los ejemplares estudiados los extremos se encontraron rotos.

**Tipo 1**

(Fig. 3, G)

Espora elipsoidal, con 3 septos transversales, levemente indentada, color marrón claro, 46 x 17  $\mu\text{m}$ , con una cicatriz basal de 2  $\mu\text{m}$  de diámetro. Pared levemente escabrada de menos de 1  $\mu\text{m}$  de espesor.

**Material examinado.** UNSP TLC 3272c: U29/1.

### *Incertae sedis*

**Tipo 370** (*vide* Hooghiemstra, 1984)

(Fig. 3, H)

Espora esférica, aseptada, color marrón claro, espinosa, 10  $\mu\text{m}$  diám., pared de menos de 1  $\mu\text{m}$  de espesor; espinas delgadas, de 1.5–3.0  $\mu\text{m}$  long.

**Material examinado.** UNSP TLC 3240: Y44/1.

**Tipo 810 cf. *Bysothecium alpestre*** (Tóth)

Boise (*vide* Mauquoy *et al.*, 2004)

(Fig. 3, I)

Esporas elipsoidales, con tres septos transversales, levemente indentadas en los septos, color marrón claro, 46–55 x 16–19  $\mu\text{m}$ . Células centrales de color pardo oscuro, células apicales más pálidas y pequeñas. Pared psilada de 1  $\mu\text{m}$  de espesor.

**Material examinado.** UNSP TLC 3274: K37/2, T44, 3295: U50/4, 3524: M33, J29/3, W43/2, W46/3, 3548: T25/4.

**Comentarios.** Esporas similares han sido reportadas previamente para depósitos de turberas holocénicas en Tierra del Fuego por Mauquoy *et al.* (2004).

**Tipo 2**

(Fig. 3, J)

Esporas esféricas, aseptadas, de color marrón claro, 30–32  $\mu\text{m}$  de diám. Pared con perforaciones

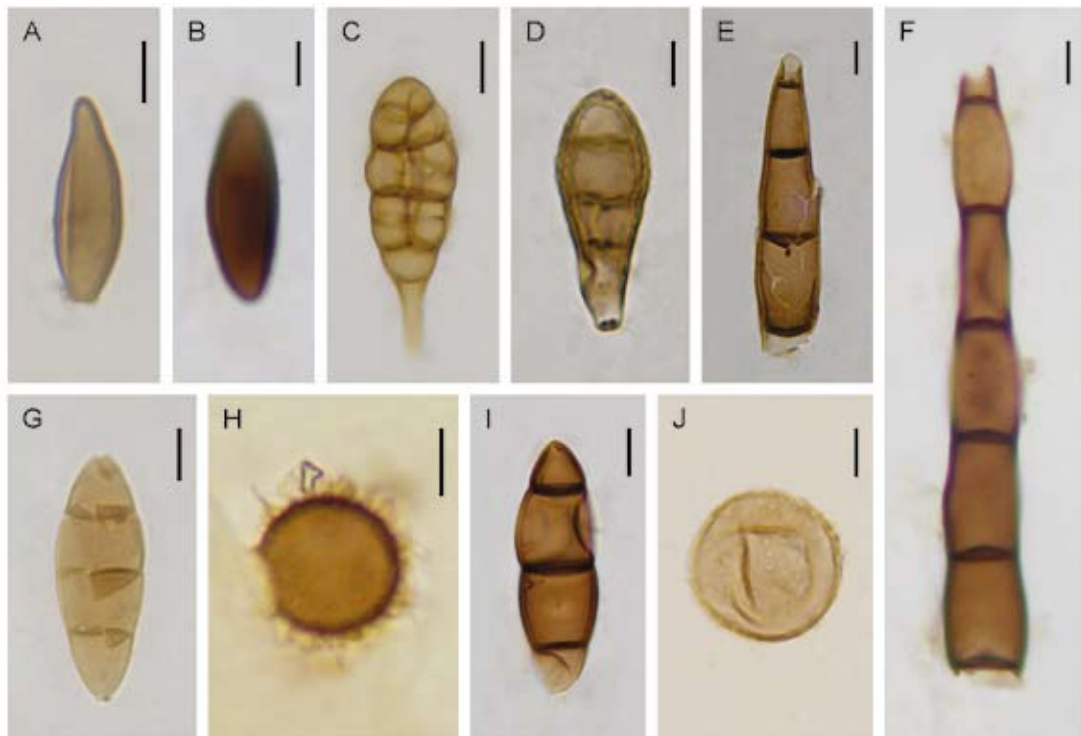


Fig. 3. **A.** *Anthostomella* cf. *fuegiana*, UNSP TLC 3524: Y27/1. **B.** cf. Xylariaceae/Sordariaceae/Coniochaetaceae (fide Gelorini *et al.*, 2011), UNSP TLC 3547: J44. **C.** *Alternaria* sp. C, UNSP TLC 3547: S27. **D.** *Alternaria* sp. D, UNSP TLC 3370b: V26. **E-F.** cf. *Sporidesmium* sp. **E.** UNSP TLC 3371: M29/2. **F.** UNSP TLC: H49. **G.** Tipo 1, UNSP TLC 3272c: U29/1. **H.** Tipo 370 (fide Hooghiemstra, 1984), UNSP TLC 3240: Y44/1. **I.** Tipo 810 cf. *Byssothecium alpestre* (fide Mauquoy *et al.*, 2004), UNSP TLC 3548: T25/4. **J.** Tipo 2, UNSP TLC 3242: X34. Escala gráfica: 10  $\mu\text{m}$  excepto en figs. A, B, D y H: 5  $\mu\text{m}$ .

irregularmente distribuidas de 1  $\mu\text{m}$  de espesor.

**Material examinado.** UNSP TLC 3242: X34, X37.

## DISCUSIÓN

A partir del reconocimiento de distintos paleoambientes en el perfil fósil de la turbera pleistoceno-holocena La Correntina (Musotto *et al.*, en prep.), estepa, ecotono bosque-estepa y bosque, se realizan inferencias paleoecológicas en relación a los principales taxa fúngicos encontrados. Los restos de microfósiles fúngicos brindan importante información en función del hábitat, de la especificidad de la planta hospedante y de los restos vegetales. La estrecha relación entre determinados tipos polínicos y algunos hongos permite inferir la presencia de las plantas que generaron el ambiente propicio para el desarrollo de ciertos hongos saprofiticos o parásitos.

La aparición de esporas de *Glomus* sp. en el perfil fósil se asocia a condiciones más secas en la turbera. Se registra en los niveles polínicos

correspondientes a la estepa, ecotono bosque-estepa y bosque abierto de *Nothofagus* (Tabla 1). *Glomus* es un género de micorrizas arbusculares y se considera un buen indicador de condiciones de aridez y ambientes estresados (Limaye *et al.*, 2007). En general, se lo correlaciona con disminuciones en los niveles de humedad del suelo (Chmura *et al.*, 2006). Mendoza *et al.* (2002) señalan también la existencia de distintas especies del género *Glomus* en el suelo rizosférico de algunas gramíneas frecuentes en los pastizales degradados por el sobrepastoreo ovino de Tierra del Fuego. Asimismo, se han identificado clamidosporas de *Glomus* sp. en muestras de superficie provenientes de la estepa (Musotto *et al.*, 2012). También, se registraron esporas de *Glomus* sp. en los niveles fósiles de la turbera asociados a condiciones de minerotrofia con aporte de nutrientes, inferidas a partir del predominio de polen de ciperáceas en el espectro polínico (Musotto *et al.*, en prep.). En tal sentido, Mendoza *et al.* (2011) relacionan el desarrollo de las esporas de Glomaceae con suelos de alta fertilidad, ricos en

nutrientes, constituyendo esto uno de los motivos de la presencia de micorrizas arbusculares en dichos ambientes.

Las especies de *Gaeumannomyces* son parásitas en raíces, tallos inferiores y vainas de hojas de Poaceae y Cyperaceae (Pals *et al.*, 1980; Walker, 1980; van Geel, 2001). Su registro en el perfil fósil en coincidencia con valores de porcentaje altos de Cyperaceae y/o Poaceae, indicaría el desarrollo de dichas comunidades vegetales en la turbera. Los hifopodios de *Gaeumannomyces* sp. también se observaron en aquellos niveles polínicos relacionados con las paleocomunidades arbustivo-graminosas de la estepa y del bosque abierto de *Nothofagus*.

Las esporas de Tipo-*Sordaria* y Tipo-*Sporormiella* se registran a lo largo del perfil fósil. Ambos géneros han sido descriptos como coprófilos (van Geel, 2001; López-Sáez & López-Merino, 2007) y se los relaciona con la presencia de animales herbívoros.

Las esporas de *Gelasinospora* sp. han sido identificadas en varias ocasiones en la secuencia fósil en niveles con abundancia de fitoclastos oxidados. Estudios realizados en depósitos postglaciales y en secuencias de turberas holocénicas de otros sitios han revelado que los máximos valores de *Gelasinospora* sp. se observan en aquellos niveles de turba altamente descompuesta, formada bajo condiciones relativamente secas y oligotróficas, que presentan restos de plantas carbonizadas (van Geel & Aptroot, 2006).

La presencia de esporas de *Alternaria* podría estar indicando condiciones relativas de mayor humedad en la turbera. Las especies de *Alternaria* son saprófitas y se encuentran asociadas a restos vegetales en descomposición (Ellis, 1971). En particular, en Tierra del Fuego dichas esporas han sido identificadas en los suelos del bosque de *Nothofagus* (Martínez *et al.*, 2001; Musotto *et al.*, 2012) como también en turberas de *Donatia-Astelia* que se desarrollan en las áreas hiperhúmedas de la isla (Paredes *et al.*, 2010). En el perfil estudiado, estas esporas se asocian con los niveles polínicos del ecotono bosque-estepa y del bosque abierto de *Nothofagus*.

Otra espora fúngica indicadora de ambientes más húmedos es *Sporidesmium*. Estos hongos dematiáceos son saprófitos y a menudo aparecen sobre sustratos leñosos o en tejidos vegetales en descomposición de hábitats húmedos (Gulis & Marvanová, 1999). Esporas de *Sporidesmium* sp. han sido identificadas en las muestras de superficie del bosque (Musotto *et al.*, 2012). El registro de conidios de cf. *Sporidesmium* sp. en el perfil

fósil coincide con frecuencias elevadas de esporas de *Sphagnum* (Musotto *et al.*, en prep.), bajo condiciones oligotróficas en la turbera, indicando niveles de mayor humedad.

*Anthostomella* cf. *fuegiana* se asocia en el perfil con los niveles polínicos del bosque abierto de *Nothofagus*. Según Ledru *et al.* (2006) y Blackford *et al.* (2006), la presencia de *A. fuegiana* es indicadora de propiedades edáficas húmedas junto con el desarrollo de vegetación higrófila. En la secuencia fósil analizada estas esporas fúngicas se registran en niveles portadores de polen de *Caltha* y *Nothofagus* (Musotto *et al.*, en prep.), sugiriendo condiciones paleoecológicas de mayor humedad y/o presencia de charcas en el seno de la turbera.

Otra espora fúngica presente en un nivel asociado con el bosque abierto de *Nothofagus* es la asignada como cf. Xylariaceae/Sordariaceae/Coniochaetaceae (*vide* Gelorini *et al.*, 2011). Gran parte de los miembros de estas familias se desarrollan sobre plantas de angiospermas, vivas o muertas, creciendo sobre madera, restos vegetales, hojas y frutos. Otras especies son habitantes de estiércol. Por lo tanto, su registro podría reflejar tanto condiciones de mayor humedad como la presencia de animales herbívoros en el entorno de la turbera.

Entre los restos fúngicos que permanecen sin rango taxonómico, el Tipo 1 se encontró en una muestra donde el contenido polínico sugiere el desarrollo de paleocomunidades arbustivo-graminosas. El Tipo 2 y un ascoma de la familia Microthyriaceae se registraron en las muestras ubicadas en la base del perfil, durante la fase límnic, indicada por la presencia de polen higrófilo de *Myriophyllum* y *Caltha* (Musotto *et al.*, en prep.). Por lo tanto, estos microfósiles fúngicos se asocian con condiciones de mayor humedad.

Otra espora frecuente es el Tipo 370 (*vide* Hooghiemstra, 1984), que aparece más o menos de forma continuada a lo largo de todo el perfil de la turbera, sin que puedan extraerse conclusiones definitivas respecto de su significación paleoecológica. Este morfotipo ha sido registrado en muestras de superficie correspondientes a la estepa y al ecotono bosque-estepa de Tierra del Fuego relacionado con condiciones ambientales menos húmedas (Musotto *et al.*, 2012).

Se han encontrado además esporas fúngicas del Tipo 810 (*vide* Mauquoy *et al.*, 2004), las cuales se asocian con la mayoría de los paleoambientes. Mauquoy *et al.* (2004) señalan que la ocurrencia de las ascosporas Tipo 810 coincide con el incremento de macrorrestos de *Empetrum* y valores mínimos de *Sphagnum*, por lo que infieren condiciones más secas en la turbera.



## CONCLUSIONES

Se estudiaron los restos fúngicos registrados en el perfil fósil de la turbera La Correntina ubicada en el sector central de Tierra del Fuego. En este trabajo se brinda información sobre las condiciones paleoecológicas de la turbera, a partir de los principales restos fúngicos y su relación con las paleocomunidades vegetales dominantes. Se identificaron representantes de seis familias: Glomaceae (*Glomus* sp.), Magnaporthaceae (*Gaeumannomyces* sp.), Microthyriaceae (Ascoma indet. 2), Sordariaceae (Tipo-*Sordaria*, *Gelasinospora* sp.), Sporormiaceae (Tipo-*Sporormiella*) y Xylariaceae (*Anthostomella* cf. *fuegiana*). En las muestras examinadas se hallaron también esporas de hongos mitosporicos (*Alternaria* sp. C, *Alternaria* sp. D, cf. *Sporidesmium*, Tipo 1) y tres esporas de posición taxonómica incierta. *Glomus* sp. y las ascosporas Tipo 810 se reconocen como indicadores fúngicos de condiciones más secas, y *Anthostomella* cf. *fuegiana*, *Alternaria* sp. C, *Alternaria* sp. D, cf. *Sporidesmium*, el ascoma indet. 2 y el Tipo 2 se asocian a condiciones más húmedas. Las esporas coprófilas Tipo-*Sordaria* y Tipo-*Sporormiella* son indicativas de la presencia de fauna herbívora. La aparición de esporas pirófilas-carbonícolas de *Gelasinospora* sp. se relacionaría con restos vegetales carbonizados. El registro de hifopodios de *Gaeumannomyces* sp. indicaría la presencia de ciperáceas y gramíneas. Estudios más detallados permitirán ajustar las inferencias paleoecológicas de cada taxón y a su vez, asociarlos a las condiciones ambientales dominantes.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a Andrea Coronato (CADIC-CONICET) y Mirta Quattrocchio (INGEOSUR-CONICET) por la lectura del manuscrito, sus comentarios y sugerencias. A Bas van Geel y André Aptroot por los aportes realizados en la identificación taxonómica de determinados restos fúngicos. A María Soledad Candel y Marcelo Adrián Martínez (INGEOSUR-CONICET), y a Juan Federico Ponce (CADIC-CONICET) por la asistencia brindada en las tareas de campo. Al Laboratorio de Geología del Cuaternario (CADIC-CONICET) por el apoyo logístico brindado durante la campaña. Este trabajo fue financiado por los proyectos PIP-CONICET 6198/05, PICTR67/02 (ANPCyT) y PICT 24/H083 (SeGCyT).

## BIBLIOGRAFÍA

- Blackford, J.J., J.B. Innes, J.J. Hatton & C.J. Caseldine. 2006. Mid-Holocene environmental change at Black Ridge Brook, Dartmoor, SW England: A new appraisal based on fungal spore analysis. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 189–201.
- Borromei, A.M. 1995. Análisis polínico de una turbera holocénica en el Valle de Andorra, Tierra del Fuego, Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural* 68: 311–319.
- Borromei, A.M. & M. Quattrocchio. 2008. Late and Postglacial Paleoenvironments of Tierra del Fuego: terrestrial and marine palynological evidence. En: J. Rabassa (ed.), *The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego. Developments in Quaternary Science* 11, pp. 369–381, Elsevier.
- Borromei, A.M., A. Coronato, M. Quattrocchio, J. Rabassa, S. Grill & C. Roig. 2007. Late Pleistocene - Holocene environments in Valle Carbajal, Tierra del Fuego, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 23(4): 321–335.
- Borromei, A.M., A. Coronato, L.G. Franzén, J.F. Ponce, J.A. López Sáez, N. Maidana, J. Rabassa & M.A. Candel. 2010. Multiproxy record of Holocene paleoenvironmental change, Tierra del Fuego, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 286: 1–16.
- Chmura, G.L., P.A. Stone & M.S. Ross. 2006. Non-pollen microfossils in Everglades sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 103–119.
- Davis, O.K., D.A. Kolva & P.J. Mehringer. 1977. Pollen analysis of Wildcat Lake, Whitman County, Washington: the last 1000 years. *Northwest Science* 51: 13–30.
- Ellis, M.B. 1971. *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute. Kew, England, 608 pp.
- Faegri, K. & J. Iversen. 1989. *Textbook of pollen analysis*. Fourth ed. John Wiley and Sons, Copenhagen.
- Farr, D.F. & A.Y. Rossman. 2011. *Fungal Databases, Systematic Mycology and Microbiology Laboratory, ARS, USDA*. Web publication, <http://nt.ars-grin.gov/fungaldatabases>.
- García, D., A.M. Stchigel, J. Cano, J. Guarro & D.L. Hawksworth. 2004. A synopsis and re-circumscription of *Neurospora* (syn. *Gelasinospora*) based on ultrastructural and 28S rDNA sequence data. *Mycological Research* 108: 1119–1142.
- Gelorini, V., A. Verbeken, B. van Geel, C. Cocquyt & D. Verschuren. 2011. Modern non-pollen palynomorph (NPP) diversity in East African lake sediments. *Review of Palaeobotany and Palynology* 164: 143–173.
- Gulis, V. & L. Marvanová. 1999. Three new scolecosporous hyphomycetes from waters in Belarus. *Mycotaxon* 72: 237–250.
- Heusser, C.J. 1989. Late Quaternary Vegetation and Climate of Southern Tierra del Fuego. *Quaternary Research* 31: 396–406.
- Heusser, C.J. 1998. Deglacial paleoclimate of the American sector of the Southern Ocean: Late

- Glacial-Holocene records from the latitude of Canal Beagle (55°S), Argentine Tierra del Fuego. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 141: 277–301.
- Heuser, C.J. 2003. Ice Age Southern Andes - A chronicle of paleoecological events. *Developments in Quaternary Science* 3, pp. 240, *Elsevier*, Amsterdam.
- Hooghiemstra, H. 1984. Vegetational and climatic history of the High Plain of Bogotá, Colombia: a continuous record of the last 3.5 million years. *Dissertationes Botanicae* 79: 1–368.
- Ledru, M.-P., G. Ceccantini, S.E.M. Gouveia, J.A. López-Sáez, L.C.R. Pessenda, & A.S. Ribeiro. 2006. Millennial-scale climatic and vegetation changes in a northern Cerrado (Northeast, Brazil) since the Last Glacial Maximum. *Quaternary Science Reviews* 25: 1110–1126.
- Limaye, R.B., K.P.N. Kumaran, K.M. Nair & D. Padmalal. 2007. Non-pollen palynomorphs as potential palaeoenvironmental indicators in the Late Quaternary sediments of the west coast of India. *Current Science* 92(10): 1370–1382.
- López-Sáez, J.A. & L. López-Merino. 2007. Coprophilous fungi as a source of information of anthropic activities during the Prehistory in the Amblés Valley (Ávila, Spain): the archaeopalynological record. *Revista Española de Micropaleontología* 38(1-2): 49–75.
- Markgraf, V. 1993. Paleoenvironments and paleoclimates in Tierra del Fuego and southernmost Patagonia, South America. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 102: 53–68.
- Markgraf, V. & U.M. Huber. 2010. Late and post-glacial vegetation and fire history in Southern Patagonia and Tierra del Fuego. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 297(2): 351–366.
- Martínez, A.E., V.M. Chiochio & A.M. Godeas. 2001. Cellulolytic Hyphomycetes on soil of *Nothofagus* forests in Tierra del Fuego. *Gayana Botánica* 58 (2): 123–132.
- Mauquoy, D., M. Blaauw, B. van Geel, A. Borromei, M. Quattrocchio, F. Chambers, & G. Possnert. 2004. Late-Holocene climatic changes in Tierra del Fuego based on multi-proxy analyses of peat deposits. *Quaternary Research* 61: 148–158.
- Medeanic, S. & M.B. Silva. 2010. Indicative value of nonpollen palynomorphs (NPPs) and palynofacies for palaeoreconstructions: Holocene Peat, Brazil. *International Journal of Coal Geology* 84: 248–257.
- Mendoza, R.E., V. Goldmann, J. Rivas, V. Escudero, E. Pagani, M. Collantes & L. Marbán. 2002. Poblaciones de hongos micorrízicos arbusculares en relación con las propiedades del suelo y de la planta hospedante en pastizales de Tierra del Fuego. *Ecología Austral* 12: 105–116.
- Mendoza, R.E., M. Cabello, J. Anchorena, I. García & L. Marbán. 2011. Soil parameters and host plants associated with arbuscular mycorrhizae in the grazed Magellanic steppe of Tierra del Fuego. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140: 411–418.
- Musotto, L.L., M.V. Bianchinotti & A.M. Borromei. 2012. Pollen and fungal remains as environmental indicators in surface sediments of Isla Grande de Tierra del Fuego, southernmost Patagonia. *Palynology*, doi:10.1080/01916122.2012.662919.
- Pals, J.P., B. van Geel & A. Delfos. 1980. Paleocological studies in the Klokkeveel bog near Hoogkarspel (Prov. of Noord-Holland). *Review of Palaeobotany and Palynology* 30: 371–418.
- Paredes, N.I., V.F. Consolo, V.A. Pancotto, C. Fritz, A.M. Arambarri & G.L. Salerno. 2010. Estudio de especies fúngicas en turberas compactas de la región Moat en Tierra del Fuego. *XII<sup>o</sup> Congreso Argentino de Microbiología* (Buenos Aires). *Revista Argentina de Microbiología* 42, p. 135.
- Pendall, E., V. Markgraf, J.W.C. White & M. Dreier. 2001. Multiproxy record of late Pleistocene – Holocene climate and vegetation changes from a peat bog in Patagonia. *Quaternary Research* 55: 168–178.
- Pisano, E. 1977. Fitogeografía de Fuego-Patagonia Chilena. I.- Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56° S. *Anales del Instituto de la Patagonia* 8: 121–250.
- Schneider, C., M. Glaser, R. Kilian, A. Santana, N. Butorovic & G. Casassa. 2003. Weather observations across the Southern Andes at 53°S. *Physical Geography* 24(2): 97–119.
- Tuhkanen, S. 1992. The climate of Tierra del Fuego from a vegetation geographical point of view and its ecoclimatic counterparts elsewhere. *Acta Botanica Fennica* 125: 4–17.
- Tuhkanen, S., Kuokka, I., Hyvönen, J., Stenroos, S. & J. Niemelä. 1989-1990. Tierra del Fuego as a target for biogeographical research in the past and present. *Anales del Instituto de la Patagonia* 19: 1–107.
- van Geel, B. 1978. A palaeoecological study of Holocene peat bog sections in Germany and the Netherlands. *Review of Palaeobotany and Palynology* 25: 1–120.
- van Geel, B. 2001. Non-pollen palynomorphs. En: J.P. Smol H.J.B. Birks & W.M. Last, W.M. (Eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, algal and siliceous indicators*, pp. 99–119, Kluwer Academic Press, Dordrecht.
- van Geel, B. & A. Aptroot. 2006. Fossil ascomycetes in Quaternary deposits. *Nova Hedwigia* 82: 313–329.
- van Geel, B., J. Buurman, O. Brinkkemper, J. Schelvis, A. Aptroot, G. Reenen & T. Hakbijl. 2003. Environmental reconstruction of a Roman Period settlement site in Uitgeest (The Netherlands), with special reference to coprophilous fungi. *Journal of Archaeological Science* 30: 873–883.
- Walker, J.C. 1980. *Gaeumannomyces*, *Linocarpon*, *Ophiobolus* and several other genera of scolecospored ascomycetes and *Phialophora* conidial states, with a note on hyphopodia. *Mycotaxon* 11(1): 1–129.

Recibido: 20-V-2012

Aceptado: 03-VI-2013