

Palinoflora y ambiente en el Terciario del nordeste de Tierra del Fuego, Argentina.

María del Carmen ZAMALOA

Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Intendente Güiraldes 2620, 1428 Buenos Aires, Argentina. Email: mzamaloa@bg.fcen.uba.ar

Abstract: Palinoflora and paleoenvironment in the Tertiary, northeast of Tierra del Fuego, Argentina. Palynological samples from the Cullen Formation (Late Oligocene to Middle Miocene), exposed in the northeast coast of Isla Grande de Tierra del Fuego (southernmost Patagonia), are studied. Eighty six palynomorphs are identified and referred to the following algae, bryophyte, pteridophyte, gymnosperm and angiosperm families: Botryococcaceae, Zygnemataceae, Hydrodictyaceae, Anthocerotaceae, Sphagnaceae, Bartramiaceae, Ricciaceae, Hymenophyllaceae, Adiantaceae, Lophosoriaceae, cf. Cyatheaceae, Ophioglossaceae, Isoetaceae, Lycopodiaceae, Aspleniaceae/Dennstaedtiaceae, Araucariaceae, Podocarpaceae, Taxodiaceae/Cupressaceae, Rosaceae, Apiaceae, Berberidaceae, Chenopodiaceae, Onagraceae, Sapindaceae, Empetraceae, Polygonaceae, Proteaceae, Gunneraceae, Haloragaceae, Malvaceae, Celastraceae, Misodendraceae, Asteraceae, Myrtaceae, Fagaceae, Rubiaceae, Winteraceae, Ranunculaceae, Menyanthaceae, Cunoniaceae, Cyperaceae, Poaceae, Sparganiaceae/Typhaceae. Fungal remains are abundant. Dinoflagellate cysts are present in lower levels. The palynoflora and sedimentary data indicate a regional multistratified forest dominated by *Nothofagus* and Podocarpaceae, a well-developed herbaceous understorey and local occurrence of freshwater, semiaquatic and coastal communities, growing under moist and warm temperate conditions.

Key words: paleopalynology, paleoenvironment, Tertiary, Tierra del Fuego.

Tierra del Fuego, la región más austral del continente americano, ha atraído el interés de los naturalistas desde su descubrimiento. Aún hoy conserva, con justicia, su reputación de "región inhóspita y de condiciones extremas pero fascinante", tal como fuera descripta por Charles Darwin a mediados del siglo pasado.

El conocimiento paleontológico del Terciario de Tierra del Fuego es amplio en lo referente a faunas de invertebrados marinos, sin embargo los estudios de depósitos continentales están restringidos a unos pocos afloramientos sin buen control estratigráfico.

Fue Charles Darwin quien, a mediados del siglo pasado, realizó las primeras observaciones detalladas y obtuvo colecciones del Terciario marino de Tierra del Fuego (Darwin, 1846). Hacia fines de siglo (1895-1896) una expedición sueca a cargo del geólogo O. Nordenskjöld fue pionera en recorrer el interior de la Isla Grande, (Nordenskjöld, 1898). Dusén (1907) publicó las primeras descripciones de una flora terciaria coleccionada por él en la mencionada expedición. Bonarelli (1917) estudió las turberas, presentó el primer cuadro estratigráfico y listas de invertebrados marinos, mencionando también la pre-

sencia de fósiles vegetales. Más tarde siguieron diversos trabajos, algunos básicamente geológicos que incluían descripciones faunísticas y otros exclusivamente sobre invertebrados de unidades terciarias (Camacho, 1949, 1957; Furque & Camacho, 1949; Codignotto & Malumián, 1981; Buatois & Camacho, 1993; Malumián *et al.*, 1978; Malumián, 1982, 1988, 1990). En lo que se refiere a los estudios estrictamente paleobotánicos, Romero & Dibbern (1985) revisaron aquellas primeras colecciones publicadas por Dusén en 1907. Más tarde una pequeña colección de hojas procedente de la Formación Cullen fue descripta por Durango de Cabrera & Vergel (1989). Finalmente, improntas foliares obtenidas en la primera campaña de este proyecto fueron descriptas en un trabajo preliminar (Palma *et al.*, 1992) y luego en la tesis de Gandolfo (1994). En cuanto a los estudios palinológicos, los primeros dinoflagelados y polen del Cretácico y Terciario de Tierra del Fuego fueron descriptos por Menéndez (1965) y Menéndez & Caccavari (1975) en muestras de subsuelo. Vergel & Durango de Cabrera (1988) y Zamaloa & Romero (1990) analizaron muestras aisladas pertenecientes a la Formación Cullen.

Trabajos más recientes son aquellos de Olivero *et al.* (1998) y Malumián *et al.* (1999).

En este trabajo se da a conocer la palinoflora hallada en sedimentos pertenecientes a la Formación Cullen y su interpretación desde el punto de vista paleoambiental. Esta contribución es parte de un exhaustivo estudio sedimentológico y palinológico que abarcó la totalidad del afloramiento de la Formación Cullen y que cubre aspectos diversos cuyo análisis detallado se dio a conocer en Zamalao (1999) y cuya publicación es objeto de trabajos actualmente en preparación.

La zona sobre la que se realizó el presente estudio abarca unos 20 km. a lo largo de la costa atlántica al norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego, desde el límite con Chile, donde se encuentra emplazado el Hito I, hasta aproximadamente 2 km. al sur del Cañadón Tapera Sur (Fig. 1).

La región fueguino-argentina ubicada al norte de la Bahía San Sebastián es una planicie con poco relieve relativo y suave inclinación hacia el mar. La comarca está atravesada por dos cursos de agua permanentes (Arroyo Beta y Río Cullen) y varios efímeros (Arroyo Alfa, Cañadón Tapera Norte, Cañadón Tortuga y Cañadón Tapera Sur). En la costa se desarrollan típicos acantilados verticales que alcanzan 70 metros de altura, cortados por dichos cursos fluviales (Codignotto, 1979).

El clima es muy riguroso, la temperatura media en enero es de 12°C y en julio 0.8°C. Fuertes vientos, procedentes del oeste y sudoeste, soplan en verano, primavera y otoño. La región más seca es la que ocupa el norte de la isla con precipitaciones inferiores a los 300 mm anuales (Codignotto, 1976).

Los suelos, pobremente desarrollados, soportan una vegetación de estepa (Cabrera, 1971). Según este autor, la región pertenece al Distrito Fueguino de la Provincia Patagónica cuya comunidad clímax es la estepa de coirón (*Festuca gracillina*) acompañado por otras gramíneas y no gramíneas. Hay varias comunidades edáficas en depresiones, dunas y suelos salinos.

Desde el punto de vista geológico el sector septentrional fueguino argentino se encuentra dentro de la denominada Patagonia Extraandina y es parte de la Cuenca Austral o Magallánica (Fig. 1B). Según Russo *et al.* (1980) la cuenca es una amplia cubeta de depositación colmatada por sedimentos cretácicos y terciarios que apoyan sobre un complejo efusivo de edad jurásica, y, ocasionalmente sobre rocas paleozoicas. Se extiende entre el Nesocratón del Deseado al norte hasta la Cordillera Patagónico Fueguina al sur,

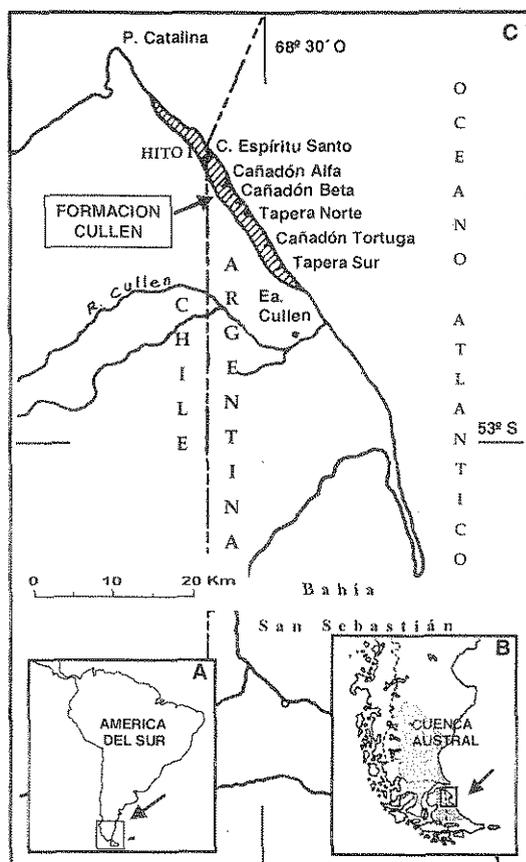


Fig. 1. Mapas de ubicación. 1A, América del Sur. 1B, ubicación de la Cuenca Austral (según Russo *et al.*, 1980). 1C, nordeste de Isla Grande de Tierra del Fuego mostrando los afloramientos de la Formación Cullen.

y desde la Cordillera de los Andes al oeste penetrando por el este en el mar. Durante el Cuaternario depósitos de origen glaciario completaron la sucesión estratigráfica. En la actualidad la región fueguina se caracteriza por una extensa cubierta glaciaria interrumpida ocasionalmente por afloramientos terciarios, de reducida extensión pero numerosos, los que tienen sus mejores exposiciones en los acantilados costeros.

La Formación Cullen fue designada como tal por Codignotto & Malumián (1981), señalando su desarrollo a lo largo de la costa septentrional de la isla Grande de Tierra del Fuego, desde el límite con Chile hasta las proximidades del río Cullen (Fig. 1C).

La edad de la Formación Cullen ha sido objeto de controversia, variando desde el Eoceno al

Plioceno según se tuvieran en cuenta correlaciones estratigráficas o palinológicas. Recientemente, un detallado estudio bioestratigráfico, resultado tanto del análisis de asociaciones palinológicas como de biocronos de especies indicadoras, y una datación isotópica preliminar, han indicado una edad probable de Oligoceno tardío a Mioceno medio (Zamaloa, 1999).

MATERIALES Y METODOS

En el transcurso de dos campañas se recorrió extensamente la región constatando que los afloramientos de la Formación Cullen se restringen al sector costero septentrional de la isla Grande de Tierra del Fuego, extendiéndose desde las cercanías de Punta Catalina (Chile) hasta unos 2 km. al sur del Cañadón Tapera Sur. La formación no presenta su base expuesta en ningún punto y su techo se halla en discordancia erosiva con depósitos pleistocénicos de espesor variable.

Se levantaron tres perfiles palinológicos: uno en el acantilado próximo al Hito I; otro en la desembocadura del Cañadón Beta, localidad tipo de la formación; y otro en el extremo austral del afloramiento, en Cañadón Tapera Sur.

Se obtuvieron 126 muestras de las cuales 61 resultaron palinológicamente fértiles. Las mismas fueron procesadas en el Laboratorio de Paleobotánica y Palinología del Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Para el tratamiento se utilizaron las técnicas de uso corriente en estudios palinológicos que consisten básicamente en: 1) fragmentación mecánica de la muestra de roca sedimentaria, 2) extracción de silicatos con ácido fluorhídrico y posteriores lavados con ácido clorhídrico en caliente, 3) filtrado por malla de 100 μm para separar restos orgánicos mayores, 4) filtrado por malla de 10 μm para separar y descartar la fracción fina, tanto la orgánica sin palinomorfos como la mineral, 5) tratamiento de la fracción +10 μm /-100 μm con líquidos pesados (cloruro de zinc) para separar la parte inorgánica que pueda haber resistido al ataque ácido, 6) acetólisis de la fracción orgánica obtenida, en los casos en que los palinomorfos necesitaran mayor oxidación, 7) nuevo filtrado por malla de 10 μm (de ser necesario luego de la acetólisis), 8) montaje permanente en gelatina - glicerina, con y sin tinción previa con safranina.

Los preparados palinológicos se encuentran depositados en la Colección Palinológica del laboratorio previamente mencionado bajo la sigla BAFCB p.m. Para la observación de los

palinomorfos se utilizó un microscopio óptico Dialux 20 N° 967412 del mismo laboratorio.

RESULTADOS

La Formación Cullen está constituida por una secuencia rica en arcilitas y limolitas, verdosas amarillentas, con intercalaciones de areniscas medias a finas, castañas. Son frecuentes los paleosuelos, mantos de carbón, tobas (en dos potentes niveles) y restos vegetales consistentes en raíces, briznas, tallos, troncos y hojas. La estratificación es fina a muy fina y se observa una marcada repetición de ciclos granodecrecientes en sentido vertical característicos de un ambiente sedimentario de cursos de agua meandriformes tal como lo describe Spalletti (1980).

La palinoflora de la Formación Cullen es diversa y, en numerosos niveles, muy bien preservada, comprende un total de 86 especies. De ellas, 9 corresponden a colonias y esporas de algas; 15 a esporas de briofitas y helechos; 11 a polen de coníferas; 47 a angiospermas dicotiledóneas y 4 a angiospermas monocotiledóneas (Tabla 1). A esto se suman restos fúngicos consistentes en hifas, esporas y fragmentos de estromas que son dominantes en varios niveles en los que también abundan restos de hojas. En los términos inferiores de la formación se registra la presencia de quistes de dinoflagelados.

En este estudio se aplicó, cuando fue posible, una sistemática natural que refleja las relaciones con formas actuales tratando de establecer en cada caso afinidades botánicas basadas en analogías morfológicas de las esporas y granos de polen.

DISCUSION

Los macro y microfósiles vegetales constituyen la única evidencia directa de las floras pasadas. Temas tales como: qué asociaciones estuvieron presentes en el pasado geológico, dónde se ubicaba cada una dentro de la estructura de la vegetación, en qué ambientes se desarrollaban y cuánto persistieron en el tiempo, son materia de interpretación. En este sentido, el análisis palinológico es una excelente herramienta para la reconstrucción de la vegetación del pasado en términos de su composición específica dado que el polen y esporas son las unidades morfológicas que mejor se pueden reconocer y asignar a organismos completos y especialmente a taxones vivos, basándose en analogías morfológicas entre los granos de polen y esporas fósiles y actuales. Si bien, en términos generales, es difícil

Tabla 1. Lista sistemática de las esporas y granos de polen identificados en la Formación Cullen indicando su afinidad botánica con taxones actuales.

ESPECIES FOSILES	AFINIDAD BOTANICA
ALGAE	
<i>Botryococcus braunii</i> Kützing 1849	Botryococcaceae
<i>Mougeotia</i> af. <i>M. laetivirens</i> (A. Braun) Wittrock 1877	Zygnemataceae
<i>Mougeotia</i> sp. Tipo A	Zygnemataceae
<i>Pediastrum</i> spp.	Hydrodictyaceae
<i>Spirogyra</i> sp. Tipo A	Zygnemataceae
<i>Spirogyra</i> sp. Tipo B	Zygnemataceae
<i>Spirogyra</i> sp. Tipo C	Zygnemataceae
<i>Zygnema</i> sp. Tipo A	Zygnemataceae
af. <i>Zygnema</i> sp. Tipo B	Zygnemataceae
BRYOPHYTA	
<i>Anthoceros</i> spp.	Anthocerotaceae
<i>Cinguliriletes australis</i> (Cookson) Archangelsky 1972	Sphagnaceae (<i>Sphagnum</i>)
<i>Coptospora</i> n.sp.	Bartramiaceae (<i>Conostomum</i>)
<i>Reboulisporites fuegiensis</i> Zamalao y Romero 1990	Ricciaceae
PTERIDOPHYTA	
<i>Baculatisporites comaumensis</i> (Cookson) Potonié 1956	Hymenophyllaceae (<i>Hymenophyllum</i>)
<i>Baculatisporites turbioensis</i> Archangelsky 1972	Pteridophyta <i>Incertae Sedis</i>
<i>Currugatisporites argentinus</i> Archangelsky 1972	Adiantaceae (<i>Pteris</i>)
<i>Cyatheacidites annulatus</i> Cookson ex Potonié 1956	Lophosoriaceae (<i>Lophosoria</i>)
<i>Cyathidites minor</i> Couper 1953	cf. Cyatheaceae
af. <i>Botrychium</i> / <i>Ophioglossum</i>	Ophioglossaceae
	(<i>Botrychium</i> - <i>Ophioglossum</i>)
<i>Isoetes</i> af. <i>I. savatieri</i> Franchet 1889	Isoetaceae
<i>Laevigatosporites ovatus</i> Wilson y Webster 1946	Pteridophyta <i>Incertae Sedis</i>
<i>Lycopodiumsporites eminulus</i> Dettmann 1963	Lycopodiaceae (<i>Lycopodium</i>)
<i>Lycopodiumsporites</i> spp.	Lycopodiaceae (<i>Lycopodium</i>)
<i>Tuberculatosporites parvus</i> Archangelsky 1972	Aspleniaceae/Dennstaedtiaceae
	(<i>Cystopteris</i> - <i>Hypolepis</i>)
CONIFEROPHYTA	
<i>Araucariacites australis</i> Cookson 1947	Araucariaceae (<i>Araucaria</i>)
<i>Dacrycarpites australiensis</i> Cookson y Pike 1953	Podocarpaceae (<i>Dacrycarpus</i>)
Inaperturado	Taxodiaceae/Cupressaceae
<i>Lygistipollenites florinii</i> (Cookson y Pike) Stover y Evans 1973	Podocarpaceae (<i>Dacrydium</i>)
<i>Phyllocladidites mawsonii</i> Cookson ex Couper 1953	Podocarpaceae (<i>Lagarostrobos franklinii</i>)
<i>Phyllocladidites</i> n. sp.	Podocarpaceae (<i>Lagarostrobos franklinii</i>)
<i>Podocarpidites marwickii</i> Couper 1953	Podocarpaceae (<i>Podocarpus</i>)
<i>Podocarpidites microreticuloidata</i> Cookson 1947	Podocarpaceae (<i>Podocarpus</i>)
<i>Podocarpidites</i> n. sp.	Podocarpaceae (<i>Podocarpus</i>)
<i>Podocarpidites rugulosus</i> Romero 1977	Podocarpaceae
<i>Trichotomosulcites subgranulatus</i> Couper 1953	Podocarpaceae
MAGNOLIOPHYTA (ANGIOSPERMAS)	
MAGNOLIOPSIDA (ANGIOSPERMAS DICOTILEDÓNEAS)	
<i>Acaena</i> spp.	Rosaceae
Apiaceae n.gen. n.sp.	Apiaceae
<i>Azorella</i> spp.	Apiaceae
af. <i>Berberis</i>	Berberidaceae
<i>Chenopodipollis chenopodiaceoides</i> (Martin) Truswell 1985	Chenopodiaceae
<i>Chenopodipollis</i> n. sp.	Chenopodiaceae
<i>Corsinipollenites</i> sp.	Onagraceae
<i>Crassiorites australis</i> Zamalao y Romero 1990	Onagraceae (<i>Fuchsia</i>)
<i>Cupanieidites reticularis</i> Cookson y Pike 1954	Sapindaceae (<i>Cupanieae</i>)

Tabla 1. Continuación

ESPECIES FOSILES	AFINIDAD BOTANICA
<i>Ericipites microtectatum</i> Archangelsky y Zamaloa 1986	Empetraceae (<i>Empetrum rubrum</i>)
<i>Glencopollis ornatus</i> Pocknall y Mildenhall 1984	Polygonaceae (<i>Polygonum amphibium</i>)
<i>Granodiporites nebulosus</i> Partridge 1973	Proteaceae (<i>Embotrium</i>)
<i>Gunnera</i> af. <i>G. chilensis</i> Monnet de la Marck 1789	Gunneraceae
<i>Gunnera</i> af. <i>G. magellanica</i> Monnet de la Marck 1789	Gunneraceae
<i>Haloragacidites myriophylloides</i> Cookson y Pike 1954	Haloragaceae (<i>Myriophyllum</i>)
<i>Malvacearumpollis mannanensis</i> Wood 1986	Malvaceae
<i>Malvacipollis argentina</i> Zamaloa y Romero 1990	Malvaceae
af. <i>Maytenus</i>	Celastraceae
<i>Misodendrum</i> spp.	Misodendraceae
<i>Mutisiapollis patersonii</i> Macphail y Hill 1994	Asteraceae (<i>Mutisia</i>)
<i>Myrtacidites</i> af. <i>M. verrucosus</i> Partridge 1973	Myrtaceae
<i>Myrtacidites</i> sp. A	Myrtaceae
<i>Myrtacidites</i> sp. B	Myrtaceae
<i>Nothofagidites americanus</i> Zamaloa 1992	Fagaceae. <i>Nothofagus</i> Grupo Menziesii (<i>N. obliqua</i> - <i>N. glauca</i> - <i>N. alpina</i>)
<i>Nothofagidites dorotensis</i> Romero 1973	Fagaceae. <i>Nothofagus</i> Grupo Brassii (Subsección Bipartitae)
<i>Nothofagidites flemingii</i> (Couper) Potonié 1960	Fagaceae. <i>Nothofagus</i> Grupo Fusca (<i>N. antarctica</i> - <i>N. dombeyii</i>)
<i>Nothofagidites fuegiensis</i> Menéndez y Caccavari 1975	Fagaceae. <i>Nothofagus</i> Grupo Brassii
<i>Nothofagidites saraensis</i> Menéndez y Caccavari 1975	Fagaceae. <i>Nothofagus</i> Grupo Fusca
<i>Nothofagidites tehuelchesii</i> Zamaloa y Barreda 1992	Fagaceae. <i>Nothofagus</i> Grupo Menziesii
<i>Nothofagidites</i> Tipo Dombeyi	Fagaceae. <i>Nothofagus</i> Grupo Fusca
<i>Nothofagidites waipawaensis</i> (Couper) Fasola 1969	Fagaceae. <i>Nothofagus</i> Grupo Fusca
<i>Palaeocoprosmadites</i> n. sp.	Rubiaceae (<i>Coprosma</i>)
<i>Proteacidites pseudomoides</i> Stover 1973	Proteaceae
<i>Proteacidites</i> sp. A	Proteaceae
<i>Pseudowinterapollis couperi</i> (Kruttsch) Mildenhall 1979	Winteraceae (<i>Drimys</i>)
Ranunculaceae n. gen. n. sp.	Ranunculaceae
<i>Rhoipites</i> cf. <i>R. cienaguensis</i> (Dueñas) Barreda 1997	Polygonaceae (cf. <i>Rumex</i>)
<i>Striasyncolpites laxus</i> Mildenhall y Pocknall 1989	Menyanthaceae
<i>Striatopollis</i> n. sp.	Rosaceae
<i>Tetracolporopollenites costatus</i> Pocknall y Mildenhall 1984	Magnoliopsida <i>Incertae Sedis</i>
<i>Tricolpites communis</i> Archangelsky 1973	Cunoniaceae (<i>Weinmannia</i>)
<i>Tricolpites</i> sp. A	Magnoliopsida <i>Incertae Sedis</i>
<i>Tricolpites</i> sp. B	Magnoliopsida <i>Incertae Sedis</i>
<i>Tricolporites</i> sp. A	Magnoliopsida <i>Incertae Sedis</i>
<i>Tricolporites</i> sp. B	Magnoliopsida <i>Incertae Sedis</i>
<i>Tricolporites</i> sp. C	Magnoliopsida <i>Incertae Sedis</i>
<i>Tubulifloridites</i> sp.	Asteraceae
LILIOPSIDA (ANGIOSPERMAS MONOCOTILEDÓNEAS)	
<i>Cyperaceapollis neogenicus</i> Kruttsch 1970	Cyperaceae
<i>Graminidites</i> spp.	Poaceae
<i>Liliacidites variegatus</i> Couper 1953	Liliopsida <i>Incertae Sedis</i>
<i>Sparganiaceapollenites sphericus</i> (Couper) Mildenhall 1979	Sparganiaceae/Typhaceae

reconstruir el paleoambiente a través de una asociación fósil debido a los complejos procesos de fosilización y la dificultad de encontrar formas actuales equivalentes, la relación entre variables biológicas y litológicas permite determinar ambientes particulares de depositación. En

este trabajo se ha combinado la información palinológica, surgida del estudio morfológico, de registros geográficos y estratigráficos previos y requerimientos ecológicos de análogos modernos, con el análisis sedimentológico que provee información sobre los aspectos físico-químicos del

ambiente y las condiciones en las que se produjo el depósito de los sedimentos, lo que permite realizar inferencias paleoambientales.

Asumiendo que las plantas fósiles tenían similares requerimientos y vivían en hábitat similares a los de sus parientes cercanos actuales en las floras del hemisferio sur, es posible utilizar la presencia de ciertos "grupos de taxones" o "taxones indicadores" cuyas tolerancias ecológicas son conocidas para realizar interpretaciones acerca del paleoambiente en el lapso durante el cual se depositaron los sedimentos aflorantes de la Formación Cullen. De este modo se han establecido ciertos grupos de géneros y especies que podrían estar caracterizando la vegetación regional y otros que posiblemente ocuparían ambientes más especializados dentro dicha comunidad. Estos grupos se señalan a continuación y la bibliografía detallada que permitió establecerlos puede consultarse en Zamaloa (1999):

Indicadores de bosque y sotobosque: *Araucariacites*, *Phyllocladidites*, *Podocarpidites*, *Trichotomosulcites*, *Nothofagidites*, Proteaceae, Winteraceae, Celastraceae, *Tuberculatosporites parvus*, *Baculatisporites comaumensis*, *Ericipites microtectatum*, *Tricolpites communis*, *Myrtaceidites*, *Misodendrum*, *Cupanieidites reticularis*, *Palaeocoprosmadites*, *Mutisiapollis patersonii*, *Malvacearumpollis mannanensis*, *Liliacidites variegatus*, *Gunnera* af. *G. chilensis*, *Crassiorites australis*.

Indicadores de terrenos húmedos abiertos, pantanos, turberas, mallines o márgenes de cursos de agua dulce: *Coptospora*, *Cingutritetes australis*, *Baculatisporites commaumensis*, Ranunculaceae, Proteaceae, Winteraceae, *Rhoipites* cf. *R. cienaguensis*, *Ericipites microtectatum*, *Tricolpites communis*, *Acaena*, *Gunnera*, Cyperaceae, Graminidites, *Liliacidites variegatus*, *Sparganiaceae pollenites sphericus*.

Indicadores de cuerpos someros cerrados de agua dulce, de hábito acuático o palustre: *Pediastrum*, *Botryococcus*, Zygnemataceae, *Coptospora*, *Isoetes*, Ranunculaceae, *Haloragacidites myriophylloides*, *Stryasincolpites laxus*, *Cyperaceae pollis neogenicus*, *Sparganiaceae pollenites sphericus*.

Indicadores de suelos húmedos en claros o límites del bosque: *Botrychium/Ophioglossum*, Onagraceae, *Ericipites microtectatum*, Apiaceae, *Mutisiapollis patersonii*.

Indicadores de lugares abiertos más secos, suelos rocosos, arenosos, arenas costeras: *Botrychium/Ophioglossum*, Chenopodiaceae, *Glencopollis ornatus*, *Rhoipites* cf. *R. cienaguensis*, *Azorella*.

La consideración conjunta cuali y cuantitativa de los datos palinológicos, es decir con qué frecuencia y abundancia relativa se registran estos grupos de taxones indicadores a lo largo de la secuencia sedimentaria, cuyo detalle puede consultarse en Zamaloa (1999), sugiere que:

- En términos generales, dominan los indicadores de ambientes con elevada humedad.

- La vegetación circundante a la cuenca de depositación consistía en bosques de *Nothofagus* (con dominancia del Grupo *Fusca*) y gimnospermas afines a Podocarpaceae. Éstas podrían ubicarse como emergentes sobre el canopeo, rol en el que se encuentran hoy en los bosques donde se desarrollan juntas, o bien formar un estrato superior cuando son dominantes. En cualquier caso formaban un bosque multiestratificado más diverso que los actuales.

- Se detectaron cambios en la dominancia de las especies del bosque (*Nothofagus* vs Gimnospermas) que pueden interpretarse como cambios en las condiciones hídricas (proximidad de la costa, estacionalidad).

- El espectro polínico sugiere también un bien desarrollado sustrato de árboles en la vegetación regional formado por Empetraceae, Cunoniaceae, Cupanieae, Myrtaceae, Proteaceae, Celastraceae y Winteraceae.

- Se registraron cambios rápidos y cíclicos en la composición de la vegetación local que se manifiestan como fuertes incrementos relativos de las especies indicadoras de ambientes con elevada humedad (palustres, acuáticos, de turbera). Estos cambios en la paleovegetación asociada a los elementos de bosque responden posiblemente a variaciones a escala local y no muestran tendencias direccionales que puedan interpretarse como cambios en las condiciones climáticas a mayor escala.

- La presencia de numerosos niveles con taxones acuáticos o semiacuáticos sugiere la existencia de extensas tierras húmedas y cuerpos de agua en el momento de la depositación. Estos ambientes pantanosos, suelos inundados o costas de lagos soportaban comunidades especializadas. Lagos efímeros, abiertos, de agua dulce, poco profundos, mantenían abundantes algas.

- También están presentes familias herbáceas de distribución regional, de polinización entomófila o anemófila, como Onagraceae, Gunneraceae, Malvaceae, Asteraceae, Rosaceae, Polygonaceae, Apiaceae, Poaceae.

- La flora criptogámica era claramente variada e incluía desde formas herbáceas altas hasta rastreras. Todos los bosque cerrados actuales de

Nothofagus poseen floras subcanopeas bien desarrolladas de helechos y briofitas.

• La abundancia de hongos asociados con restos de hojas sugieren que se trata de elementos epífilos o de la hojarasca, indicando suelo de bosque cerrado y elevada humedad.

• Se combinan taxones típicamente gondwánicos (*Nothofagus*, Podocarpaceae, Proteaceae) con algunos endemismos (*Mutisiapollis*, *Misodendrum*) y elementos hoy ausentes en Patagonia (*Palaeocoprosmadites*, *Glencopollis*, Cupanieae, Menyanthaceae).

Asimismo, el estudio integrado de la asociación palinológica con los datos sedimentológicos y tafonómicos, refuerza el modelo paleoambiental propuesto con los siguientes aportes:

• Los sedimentos de la Formación Cullen se acumularon en un ambiente predominantemente terrestre con depósitos de origen fluvial y lacustre. La influencia marina fue importante en los términos inferiores.

• El paisaje era llano y boscoso y se desarrollaba sobre una amplia planicie aluvial, la que era recorrida por un, posiblemente único, curso de agua meandriforme. Sobre un terreno llano como el propuesto, el canal pudo cambiar su curso de tiempo en tiempo produciendo cambios en los centros de depositación activa. Estos cambios en el sistema y en la sedimentación afectaron la hidrología y, por ende, la vegetación y la palinología.

• La presencia de cuerpos de agua cerrados y la elevada humedad, permitían el mantenimiento de una densa cubierta vegetal.

• En momentos de descenso del nivel del mar, el mejor drenaje y el descenso de la napa freática, habría permitido el establecimiento de condiciones más secas en términos relativos y de comunidades dominadas por Apiaceae y Chenopodiaceae.

• Los potentes y sucesivos paleosuelos con restos de gruesas raíces son indicio de la presencia de comunidades bien desarrolladas en la planicie aluvial y representan periodos de depositación y colonización por vegetales.

• Los sedimentos tobáceos sugieren lluvias de cenizas en cuerpos de agua y posterior implantación de vegetación, dada la presencia de raíces en ellos.

• No hay indicios sedimentarios ni palinológicos de periodos secos en ningún momento de la depositación de la Formación Cullen.

CONCLUSIONES

Las palinosecuencias examinadas han aportado importante información sobre la composi-

ción de la comunidad vegetal del Terciario medio en latitudes australes. Cubren un lapso durante el cual la vegetación, dentro del área de aporte, estaba dominada por un bosque de *Nothofagus* y gimnospermas, posiblemente más diverso florísticamente, y por lo tanto de estructura más compleja, que la actual.

La palinoflora incluye elementos característicos de los bosques ampliamente distribuidos durante el Cenozoico en Antártida, Australia, Nueva Zelanda y América del Sur. A ellos se suman nuevas familias de angiospermas arbóreas, herbáceas y de ambientes especializados, costeros o cercanos a cursos y cuerpos cerrados de agua dulce, muchos de cuyos registros son los primeros para América del Sur. Este enriquecimiento es indicio de una modernización de la flora en la cual coexisten elementos longevos, muchos ya presentes en el Cretácico y extinguidos en el Cenozoico, con otros actualmente presentes en la región o en latitudes más bajas. Esta modernización de la flora es coincidente con la ocurrida en otras localidades australes que se dio entre el Oligoceno tardío y Mioceno medio.

Los bosques de *Nothofagus* dominante se restringen hoy a climas templados con abundantes lluvias de verano o su equivalente ecológico. Adicionalmente la presencia de ciertas especies ausentes actualmente en latitudes tan australes (*Sapindaceae*, *Palaeocoprosmadites*) sugiere un clima templado cálido y una vegetación de bosque húmedo. Los indicios palinológicos se refuerzan con la presencia de abundantes secuencias pelíticas con laminación delgada, de mantos de carbón de hasta 30 centímetros de espesor y continuidad lateral, y de muy abundantes restos macroscópicos de vegetales, todos ellos son fuertes evidencias de un ambiente por lo menos templado-cálido y de elevada humedad en esos momentos de la depositación.

En síntesis, la mayoría de los elementos de la palinoflora de la Formación Cullen son de bosque templado y/o subtropical y presentan, individualmente, rangos ecológicos amplios. Sin embargo, la presencia ocasional de polen de taxones de clima más cálido sugiere que la temperatura promedio era mayor que la actual. Las características generales de la asociación palinológica indicarían un paleoclima templado, posiblemente fluctuante entre fresco y templado-cálido, y de elevada humedad en el transcurso de la depositación de las sedimentitas terciarias de la Formación Cullen, que contrasta marcadamente con las características que actualmente presenta la región, como ha sido anteriormente señalado.

Esta asociación, comparada con la de los actuales bosques andino-patagónicos, es más diversa en taxones arbóreos y menos diversa en herbáceas. El posterior enfriamiento global posiblemente explique tales diferencias en la diversidad. Según Macphail *et al.* (1991) la respuesta más predecible al enfriamiento fue la eliminación de taxones termófilos, en particular aquellos cuyos análogos son árboles subcanopeos o arbustos de bosques tropicales-subtropicales o templado-cálidos. En este caso, las extinciones (o migraciones) incluirían todas las especies de *Nothofagus* Grupo Brassii, algunas Grupo Fusca y Podocarpaceae, también Cupanieae, Menyanthaceae, *Glencopollis* y *Paleocoprosmia*. Paralelamente se habría producido el aumento de hierbas, indicadoras de mayor intensidad de luz a nivel del suelo y la diversificación de familias como Poaceae, Asteraceae, Leguminosae, entre otras, posiblemente como consecuencia de migraciones provenientes desde el norte de Patagonia.

BIBLIOGRAFIA

- Bonarelli, G. 1917. Tierra del Fuego y sus turberas. *An. Minist. Agric., Argentina, Sec. Geol.*, 12(3): 1-39.
- Buatois, L. & H. H. Camacho. 1993. Geología del sector nororiental del Lago Fagnano, Isla Grande de Tierra del Fuego. *Asoc. Geol. Arg., Rev.*, 48(2): 109-124.
- Cabrera, A. L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Bol. Soc. Arg. Bot.*, 14(1-2): 1-42.
- Camacho, H. H. 1949. La fauna Cretácica del Hito XIX (Tierra del Fuego). *Asoc. Geol. Arg., Rev.*, 4(4): 249-254.
- Camacho, H. H. 1957. Descripción de una Fauna Marina Paleocena procedente de Tierra del Fuego (Argentina). *Ameghiniana*, 1(1-2): 96-100.
- Codignotto, J. 1976. *Geología y rasgos geomorfológicos de la Patagonia extraandina entre el río Chico de Gallegos (Santa Cruz) y bahía San Sebastián (Tierra del Fuego)*. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Inédito.
- Codignotto, J. 1979. *Hojas geológicas: 63a Río Cullen, 64a Bahía San Sebastián, 65b Río Grande*. Servicio Geológico Nacional. Informe inédito.
- Codignotto, J. O. & N. Malumián. 1981. Geología de la región al Norte del paralelo 54° S de la Isla Grande de Tierra del Fuego. *Asoc. Geol. Arg., Rev.*, 26: 44-88.
- Darwin, C. 1846. *Geological observations on the volcanic islands and parts of South America*. D. Appleton and Co. New York. 648 pp.
- Durango de Cabrera, J. & M. M. Vergel. 1989. Contribución al conocimiento de las hojas de Fagaceae de la Formación Cullen, Terciario del Territorio Nacional de Tierra del Fuego, República Argentina. *Act. Geol. Lill.*, 17(1): 67-73.
- Dusén, P. 1907. Über die tertiäre Flora der Magellansländer. En Nordenskjöld, O. *Wiss. Erg. Schwed. Exp. Magellanslând. 1895-1897*, Bd. I (4): 87-108. Stockholm.
- Furque, G. & H. H. Camacho. 1949. El Cretácico superior de la costa atlántica de Tierra del Fuego. *Asoc. Geol. Arg., Rev.*, 4(4): 263-297.
- Gandolfo, M. A. 1994. *Evolución del género Nothofagus Blume basada en su morfología foliar comparada*. Tesis Doctoral Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Inédito. 159 pp.
- Macphail, M. K., R. S. Hill, S. M. Forsyth & P. M. Wells. 1991. A late Oligocene- Early Miocene cool climate flora in Tasmania. *Alcheringa*, 15: 87-106.
- Malumián, N. 1982. Foraminíferos bentónicos de la Formación Carmen Silva, Mioceno, Isla Grande de Tierra del Fuego. *Ameghiniana*, 19(1-2): 37-66.
- Malumián, N. 1988. Foraminíferos bentónicos de la localidad tipo de la Formación La Despedida (Eoceno, Isla Grande de Tierra del Fuego). Parte I: Textulariina y Miliolina. *Ameghiniana*, 25(4): 341-356.
- Malumián, N. 1990. Foraminíferos bentónicos de la localidad tipo de la Formación La Despedida (Eoceno, Isla Grande de Tierra del Fuego). Parte II, Nodosariacea, Buliminacea, Elphidiidae y Rotálidos tuberculados. *Ameghiniana*, 27(3-4): 343-363.
- Malumián, N., H. H. Camacho & R. Gorroño. 1978. Moluscos del Terciario Inferior de la Isla Grande de Tierra del Fuego, República Argentina. *Ameghiniana*, 15(3-4): 265-284.
- Malumián, N., S. Palamarczuk, M. Alonso, A. Tassone, V. Barreda & C. Nández. 1999. Micropaleontología, palinología y sedimentología del Eoceno-Mioceno del pozo Aries e-2. Plataforma continental de Tierra del Fuego. *Actas XIV Congreso Geológico Argentino*, pp. 369-372.
- Menéndez, C. A. 1965. Microplancton fósil de sedimentos terciarios y cretácicos del norte de Tierra del Fuego. *Ameghiniana*, 4(1): 7-15.
- Menéndez, C. A. & M. A. Caccavari de Filice. 1975. Las especies de *Nothofagidites* (polen fósil de *Nothofagus*) de sedimentos terciarios y cretácicos de Estancia La Sara, Norte de Tierra del Fuego, Argentina. *Ameghiniana*, 12: 165-183.
- Nordenskjöld, O. 1898. Notes on Tierra del Fuego. An account of the Swedish Expedition of 1895-1897. *Scott. Geograph. Hagaz. Edimburg*, 13: 393-399.
- Olivero, E. B., V. Barreda, S. Marensi, S. Santillana, & D. Martinoni. 1998. Estratigrafía, sedimentología y palinología de la Formación Sloggett (Paleógeno continental), Tierra del Fuego. *Asoc. Geol. Arg., Rev.*, 53(4): 504-516.
- Palma, R. M., M. C. Zamaloa & M. A. Gandolfo. 1992. Depósitos de la Formación Cullen y su contenido paleontológico, Terciario de Tierra del Fuego, Argentina. *Actas IV Reunión Argentina de Sedimentología*, pp. 271-278.
- Romero, E. J. & M. C. Dibbern. 1985. A review of the species described as *Fagus* and *Nothofagus* by Dusén. *Palaeontographica* Abt. B, 197(4-6): 123-137.

- Russo, A., M. A. Flores & H. Di Benedetto. 1980. Patagonia Austral Extraandina. En: *Geología Regional Argentina*, pp. 1431-1462, Academia Nacional de Ciencias de Córdoba.
- Spalletti, L. A. 1980. Paleoambientes sedimentarios en secuencias silicoclásticas. *Asoc. Geol. Arg., Serie B (Didáctica y Complementaria) N° 8*.
- Vergel, M. M. & J. Durango de Cabrera. 1988. Palinología de la Formación Cullen (Terciario) de las inmediaciones de Cañadón Beta, Tierra del Fuego, República Argentina. *Actas V Congreso Geológico Chileno*, pp. 227-245.
- Zamaloa, M. C. 1999. *Estudio palinológico de la Formación Cullen (Terciario superior), Tierra del Fuego, Argentina*. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Tesis doctoral. Inédito.
- Zamaloa, M. C. & E. J. Romero 1990. Some Spores and Pollen from the Cullen Formation (Upper Eocene to Middle Oligocene), Tierra del Fuego, Argentina. *Palynology*, 14: 123-133.

Recibido: 21-XII-1999

Aceptado: 25-IV-2000