

GEOLOGÍA DE LA FORMACIÓN CERRO NEGRO (CRETÁCICO) EN ISLA LIVINGSTON: APORTES A SU GEOCRONOLOGÍA Y CONTENIDO PALEONTOLÓGICO

Claudio A. PARICA^{1,2}, Flavia M. SALANI^{1,2,3}, Ezequiel VERA^{2,4}, Marcela REMESAL^{1,2,3} y Silvia N. CÉSARI^{2,4}

¹ Escuela de Posgrado. Universidad de San Martín. Belgrano 3563, 1650 San Martín Prov. Buenos Aires. Email: cparica@gmail.com

² CONICET

³ Depto. Cs. Geológicas Facultad de Cs. Exactas y Naturales-UBA. Pabellón II Ciudad Universitaria 1428 Buenos Aires.

⁴ Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia. Av. Angel Gallardo 470 1405 Buenos Aires.

RESUMEN:

La península Byers se encuentra en el extremo occidental de la isla Livingston, archipiélago de las islas Shetland del Sur. Geológicamente está caracterizada por depósitos marinos, continentales y volcanismo cretácico-terciario que son incluidos en la Formación Cerro Negro de la sección superior del Grupo Byers. Las secuencias magmáticas han sido divididas en dos grupos principales, el primero comprende a las rocas piroclásticas y reúne cinco unidades con un importante desarrollo y distribución en el área. Por su parte, el segundo grupo comprende lavas e intrusivos aflorantes en cerros Don Carlos, Usnea (*Usnea Plug*), Chester (*Chester Cone*), Sealer (*Sealer Hill*) y Negro (*Negro Hill*). Los términos sedimentarios incluyen conglomerados, areniscas y pelitas, de color gris verdoso con estratificación entrecruzada (tanto tabular como en artesa), raramente estratos macizos, laminación horizontal (en algunos casos de naturaleza rítmica), y estructuras de deformación sinsedimentaria (principalmente laminación convoluta). Se propone un ambiente fluvial de depositación, con canales dominados por carga de lecho y barras areno-gravosas bien desarrolladas. En lo que corresponde al sector de planicie de inundación, predominó allí la depositación de material limo-arcilloso por corrientes tractivas débiles durante las crecientes. En las áreas deprimidas de las planicies habría tenido lugar la formación de cuerpos de aguas de poca profundidad en los que se vió favorecida la preservación de la macro y microflora. En las nuevas localidades fosilíferas de península Byers, Domo Rotch (*Rotch Dome*), cerro Don Carlos, Lomada de las Plantas y 904, ha sido reconocida la presencia de las especies: *Araucarites* sp., *Archangelskya furcata* Herbst, *Cladophlebis* sp., *Dictyozamites* sp., *Elatocladus* sp., *Phyllopteroides* sp., *Pseudocatenis* sp., *Ptyllophyllum menendezii* Cantrill, *Sphenopteris* sp., *Eocyathea remesaliae* Césari, *Sergioa austrina* Césari y *Taeniopteris* sp. Finalmente, se presentan nuevas edades radiométricas obtenidas sobre piroclásticas, lavas e intrusivos de la Formación Cerro Negro. La unidad piroclástica I fue datada en 125 ± 7 Ma, la unidad piroclástica II (ignimbritas del Cerro Don Carlos) en 110 ± 30 Ma (en errocrona), mientras que las andesitas del cerro Usnea fueron datadas en 92 ± 5 Ma. Para las erupciones del cerro Sealer se obtuvieron dos dataciones coincidentes en una edad de 63 ± 2 Ma, y finalmente la manifestación más joven del área, los basaltos del cerro Don Carlos, posee una edad de 32 ± 1 Ma.

Palabras clave: : *Geología, Paleontología, Geocronología, Formación Cerro Negro, Península Byers, Antártida.*

ABSTRACT: *Geology of the Cerro Negro Formation (Cretaceous) in Livingston Island: contributions to its geochronology and paleontological content. .*

Byers Peninsula is located on the westernmost part of Livingston Island in the South Shetland Islands. Geologically this peninsula is recognized by the marine and non-marine sedimentary sequences and the Cretaceous-Tertiary volcanism, belonging to the uppermost levels of the Byers Group, named Cerro Negro Formation. The magmatic sequences are divided in two main groups, pyroclastic rocks, divided into five units in the area. The second group of lavas and intrusive rocks placed at Don Carlos Hill, Usnea Plug, Chester Cone, Sealer Hill and Negro Hill. The sedimentary rocks are green clastic rocks (conglomerates, sandstones to mudstones) with rhythmic, convolute, thin bedded and crossed structures. The Cerro Negro Formation is related to a fluvial environment with a rain regime, high energy, decreasing in time, the development of lakes and shallow lagoons suitable for a good preservation of the macro and microflora. At the new fossiliferous localities, Rotch Dome, Lomada de las Plantas (Plants Hill), Don Carlos Hill and 904, have been recognized: *Araucarites* sp., *Archangelskya furcata* Herbst, *Cladophlebis* sp., *Dictyozamites* sp., *Elatocladus* sp., *Phyllopteroides* sp., *Pseudocatenis* sp., *Ptyllophyllum menendezii* Cantrill, *Sphenopteris* sp., *Eocyathea remesaliae* Césari, *Sergioa austrina* Césari and *Taeniopteris* sp. Finally some new radiometric ages are presented for the pyroclastics, intrusions and lavas of the Cerro Negro Formation. Unit 1 was dated 125 ± 7 Ma, unit 2 (Don Carlos ignimbrites) 110 ± 30 (errocron) Ma the andesites of the Usnea Plug 92 ± 5 Ma. Two radiometric data were coincident in 63 ± 2 Ma for the Sealer eruptions. Finally, the youngest age Byers Peninsula, was obtained on the basalts from Don Carlos Hill (32 ± 1 Ma).

Keywords: *Geology, Paleontology, Geochronology, Cerro Negro Formation, Byers Peninsula, Antarctica.*

INTRODUCCIÓN

La península Byers ($62^{\circ}34'35''$ - $62^{\circ}40'35''$ S y

$60^{\circ}54'14''$ - $61^{\circ}13'07''$ O) - ASPA N°126 - se encuentra en el extremo occidental de la isla Livingston en el archipiélago de las islas

Shetland del Sur. Esta península constituye uno de los lugares más extensos libres de hielo en toda la Antártida.

La geología de península Byers es reconocida por las secuencias sedimentarias marinas y continentales jurásico-cretácicas. El vulcanismo de edad cretácico-terciaria muestra un importante desarrollo y es representativo de los procesos de subducción al oeste de la Península Antártica. Las primeras descripciones sobre la geología han sido publicadas por Araya y Hervé (1966), Hobbs (1968), Valenzuela y Hervé (1972), Pankhurst *et al.* (1980) and Smellie *et al.* (1980, 1984), Crame *et al.* (1993). Y más recientemente por Remesal *et al.* (1994), Cabaleri *et al.* (1994, 1996), Lomas *et al.* (1996), Hathway (1997), Hathway y Lomas (1998), Salani *et al.* (1999), Parica *et al.* (1999), Rinaldi

cos, geocronológicos y paleontológicos para la parte superior de la secuencia del Grupo Byers.

Uno de los rasgos más característicos en el centro de la península es el cerro Chester que corresponde a un intrusivo andesítico (Salani *et al.* 1999) al cual se asocian depósitos de caída y flujo piroclástico, que por sectores son depósitos retrabajados. Algunos de estos niveles han resultado interesantes por su contenido fosilífero (cerro Don Carlos). Desde esta área hasta el Domo Rotch se extienden los afloramientos de los términos superiores de la Formación Cerro Negro.

La sedimentación continental está integrada

Si bien la denominación original propuesta por Hathway (1997) se refiere esencialmente a la sucesión de depósitos piroclásticos y epiclásticos, en este trabajo se extiende esta denominación a flujos lávicos y cuerpos intrusivos.

La secuencia continental apoya en discordancia sobre los estratos marinos atribuidos a la Formación Chester Cone (Hathway 1997). Los depósitos sedimentarios se interstratifican con las potentes y continuas emisiones piroclásticas principalmente en el tramo medio de la secuencia. Para una caracterización más ordenada la Formación ha sido dividida en unidades piroclásticas, depósitos sedimentarios y cuerpos intrusivos.

CUADRO 1: Estratigrafía de la península Byers.

Grupo Byers	F. Cerro Negro	Aptiano - Campaniano	
		Miembro Sealer Hill	Berriasiano/Valanginiano inferior
	F. Chester Cone	Miembro Devils Point	Berriasiano superior
		F. President Beaches	Berriasiano
	F. Anchorage	Miembro Punta Ocoa	Kimmeridgiano/Tithoniano
	Miembro New Plymouth		

Modificado de Rinaldi *et al.* (1999).

et al. (1999), Medina y Scasso (1999), Borbolla (1999), Gagliardo *et al.* (2000), Parica y Remesal (2000, 2001).

En el sector medio y oriental de la península Byers, afloran las secciones continentales del Grupo Byers, que corresponden a la Formación Cerro Negro (Hathway, 1997). Cabaleri *et al.* (1994, 1997) y Remesal *et al.* (1994), reconocen afloramientos restringidos de secuencias lacustres con formación de peperitas en el sector SO de la península, que previamente fueron atribuidos a depositación marina. De esta forma, la distribución de rocas sedimentarias y volcánicas de origen continental asignables a la Formación Cerro Negro tienen una distribución más amplia a la considerada por Hathway (1997).

Las unidades de la Formación Cerro Negro se apoyan en discordancia angular en forma diferencial sobre sedimentos marinos y transicionales de las Formaciones Chester Cone y President Beach (Cuadro 1).

Con el fin de ampliar el conocimiento sobre la composición y edad de esta Formación se analizó un perfil transversal desde las inmediaciones del cerro Chester (*Chester Cone*) hasta el Domo Rotch (*Rotch Dome*) (Figs. 1 y 2) que permitió aportar datos estratigráfi-

por facies conglomerádicas, areniscosas y pelíticas de colores claros, verdosos y con gran participación de material piroclástico. Los afloramientos más continuos se reconocen en las inmediaciones del intrusivo del cerro Negro donde la columna es muy rica en restos de plantas. Los depósitos piroclásticos que se extienden hacia el oeste están constituidos especialmente por flujos y caídas que culminan en el sector más próximo al glaciar con acumulaciones de ceniza en cuerpos de agua somera y que han aportado nuevos hallazgos florísticos. Los eventos póstumos del magmatismo se registran en el cerro Don Carlos donde basaltos relativamente jóvenes cubren los depósitos portadores de flora fósil.

ESTRATIGRAFIA DE LA FORMACION CERRO NEGRO

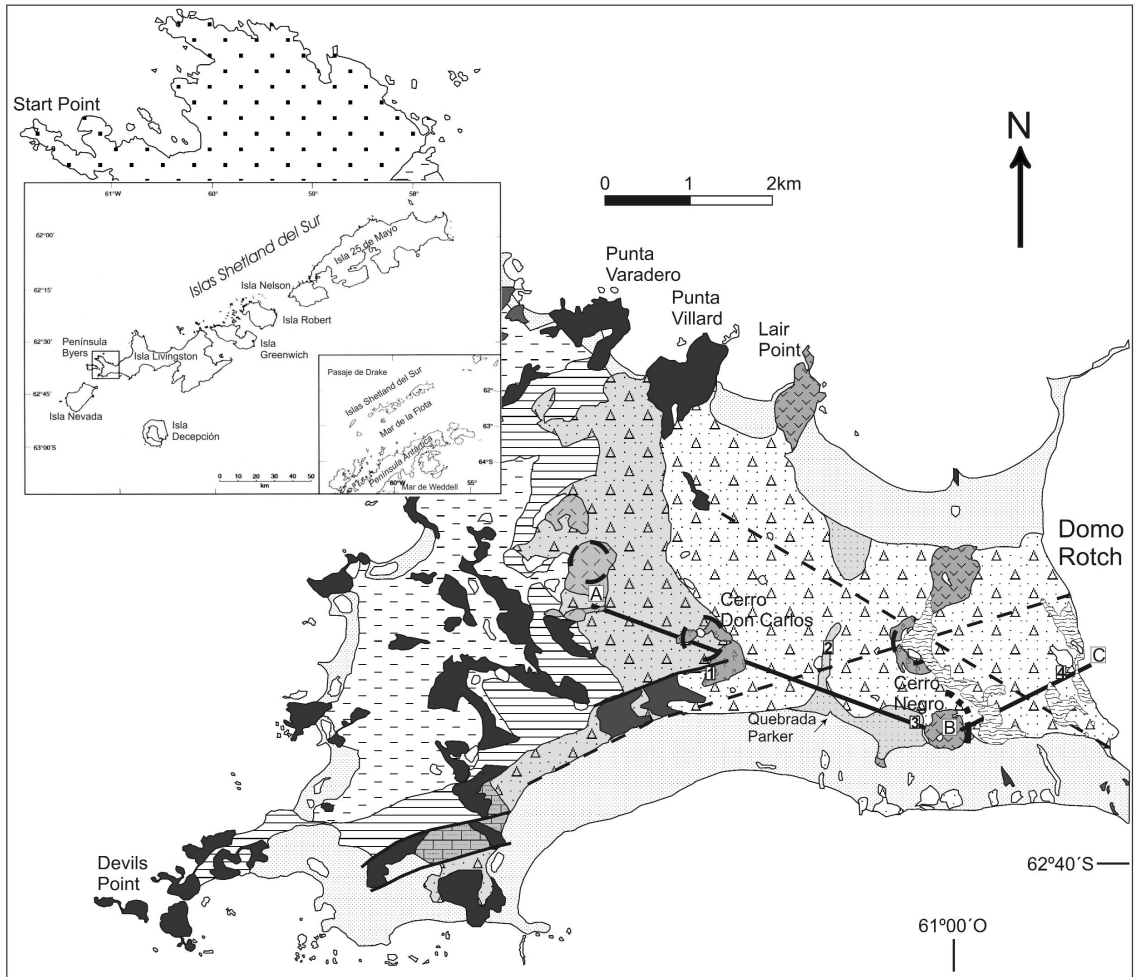
La Formación Cerro Negro (Hathway 1997) fue definida para incluir todos los depósitos continentales tanto sedimentarios como volcánicos, aflorantes en la península Byers (Cuadro 1), y puede ser considerada equivalente al miembro volcánico del Grupo Byers propuesto por Smellie *et al.* (1980).

PIROCLASTITAS

Las unidades piroclásticas afloran en el sector centro-oriental de la península, en el entorno de los cerros Chester y Don Carlos. Se reconocieron cuatro unidades, mientras que una quinta aflora extensamente desde el extremo oriental del Don Carlos hasta el límite con el Domo Rotch (Figs.1 y 2).

Unidad piroclástica 1: Las rocas de las inmediaciones del cerro Chester son en general de coloración gris amarillento constituidas por escasos cristaloclastos de cuarzo y plagioclasa euhedral y un máfico reabsorbido (biotita a veces cloritizada o argilizada) y zircon (Fig.3- A). En ocasiones la plagioclasa está muy corroída y tiene parches de exsolución. Los fragmentos líticos tienen contornos subangulares; derivan de: 1) volcánicas ácidas porfíricas con pastas microgranosas y granofíricas; 2) andesitas pilotáxicas, 3) relleno de vesículas (ceolitas) y 4) ignimbritas bandeadas y escasamente porfíricas con reemplazos de ceolitas. La matriz vítrea es de color pardo y está integrada por trizas pumíceas y en menor proporción concavoconvexas, en parte reemplazadas por arcillas y clorita. Otras variedades muestran trizas elongadas y burbujas vítreas con incipiente desvitrificación felsítica, trizas cuspidadas con textura axiolítica y/o reemplazadas por sílice. Presentan además cavidades con desvitrificación microgranosa gruesa favorecida por retención de volátiles.

Al sur del cerro Don Carlos la unidad piroclástica 1 está representada por una toba de



REFERENCIAS

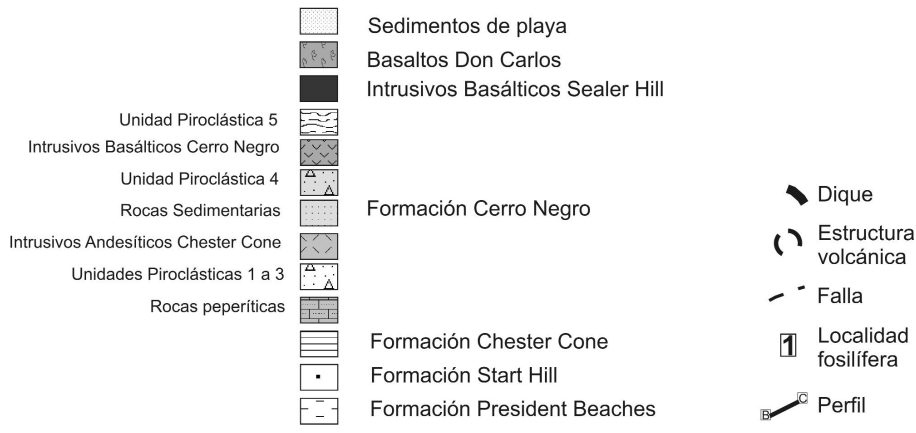


Figura 1: Mapa geológico de península Byers, modificado de Hathway (1997).

textura eutáxica con mayor proporción de los cristales de cuarzo (20%), lateralmente pasa a una reoignimbrita con fenocristales de cuarzo bipiramidales, engolfados, plagioclasa subhedral, reemplazada por ceolitas y carbonato; láminas de mica alteradas en o-

pacos a lo largo de los planos de clivaje y con inclusiones de zircón. El cuarzo predomina en tamaño y cantidad. La pasta muestra texturas esferulíticas con parches de cuarzo, microgranosa y felsítica, con fuerte alteración en arcillas. Se destacan en ella a-

gujas de opacos y fantasmas de trizas. Intercalado en la base de esta unidad hay un depósito de 3 m de espesor, de color gris amarillento, textura grano sosten y portador de abundantes restos vegetales (Localidad fosilífera Don Carlos). Está integrado por

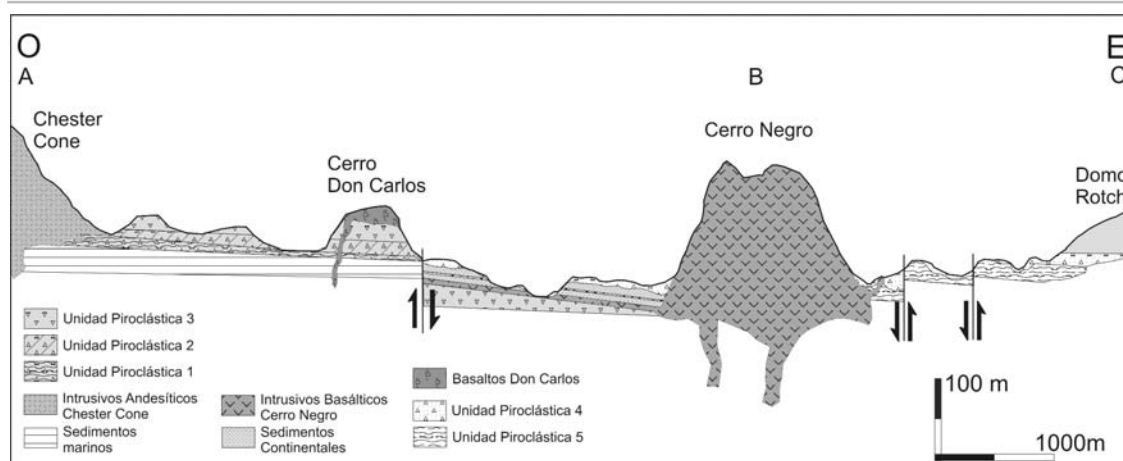


Figura 2: Corte geológico transversal integrado en el sector oriental de península Byers.

tobas finas compuestas esencialmente por parches vítreos, de formas irregulares, escasamente porfíricos y en menor proporción por fragmentos de cristales de feldespato, en ocasiones con rebordes vítreos, y por fragmentos líticos de volcanitas con una cubierta de pátina arcillosa generalizada (Fig. 3b). Los rasgos texturales indican un origen por caída.

Unidad piroclástica 2: En cercanías del cerro Chester, por arriba de la unidad piroclástica 1, se presenta una toba verdosa, en parte soldada, y de grano fino, con un incremento de fragmentos pumíceos de gran tamaño. Muestra intercalaciones lenticulares de una piroclastita más gruesa con alto porcentaje de líticos angulosos a subangulosos, que llegan a constituir un 60% de la roca. Los fragmentos líticos corresponden a lavas ácidas, andesitas propilitizadas, ignimbritas bandeadas con fragmentos de cristales y bandas remarcadas por opacos, y a volcanitas pilotácicas. Los cristales (10%), son de plagioclasa maclada (Albita y Albita-Carlsbad) y zonal, límpida o alterada en arcillas, euhedrales a subhedrales. La matriz vítrea (30%) está integrada por trizas pumíceas y de pared de burbuja, monoaxonas con incipiente desvitrificación y/o reemplazos de ceolitas. Por arriba se dispone una piroclastita con fragmentos pumíceos de gran dimensión y escasos líticos.

En el cerro Don Carlos (Fig. 4c), la base de la unidad piroclástica 2 está representada por 1,5 m de tobas vítreas, de textura eutaxítica. La fracción cristalina además de plagioclasa tiene piroxenos, ambos subhedrales, muy frecuentemente asociados y de buen desarrollo. La plagioclasa presenta

macla polisintética y de Carlsbad. El piroxeno es augita verde con inclusiones y/o reemplazos de minerales opacos. Los litoclastos son de volcanitas y constituyen sólo el 1% de la roca.

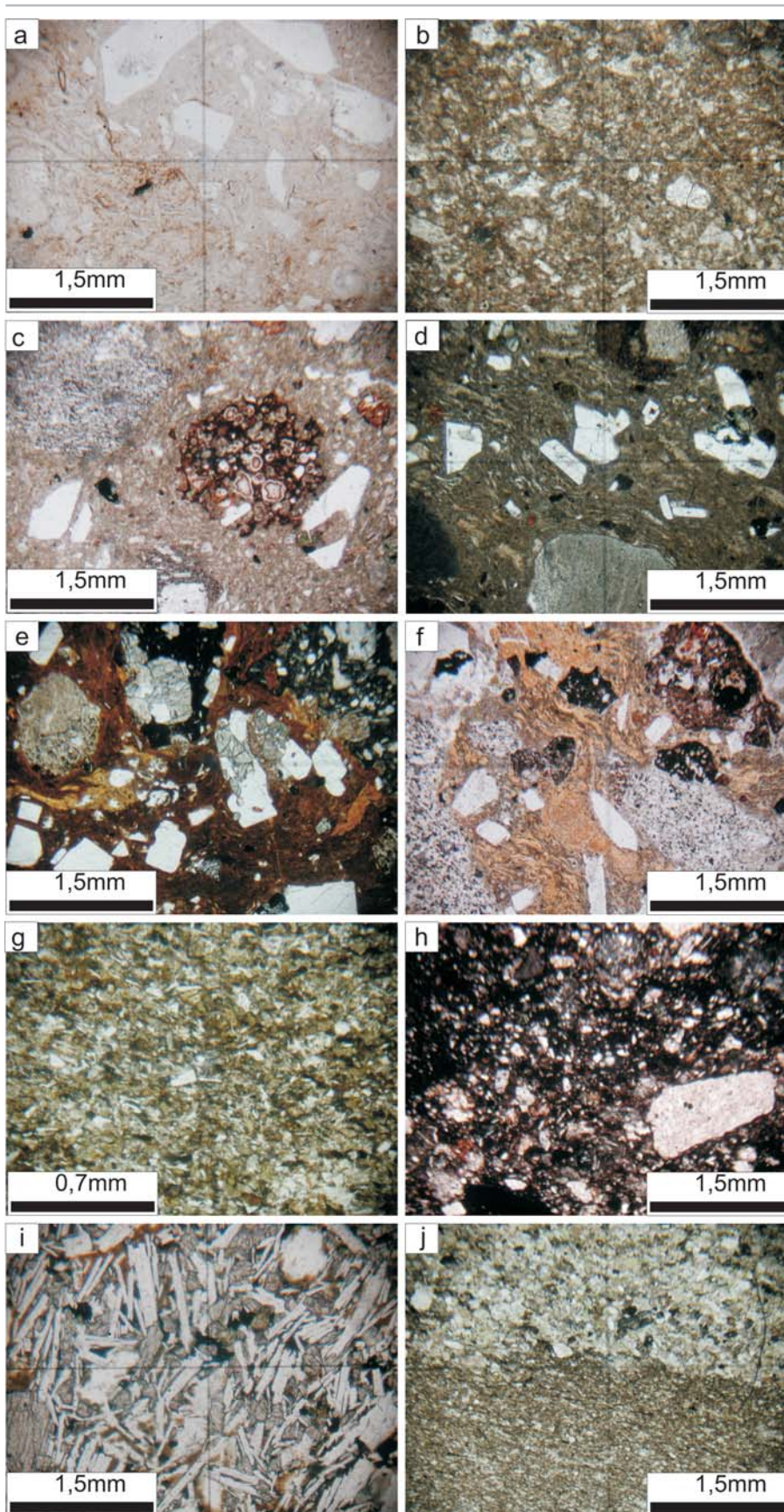
El sector medio corresponde a un depósito piroclástico de aproximadamente 1m de espesor, de color verde, aspecto brechoso y grano fino que hacia la parte superior es lajoso. Este tramo registra incremento del tamaño de grano y de la proporción de líticos (en especial de volcanitas ácidas) y una disminución en el contenido de los vitroclastos (Fig. 3- C). Está constituido por una roca muy fluidal y vítrea, compuesta mayormente por trizas de pared de burbuja, en forma de Y, y monoaxonas y *fiammes* con desvitrificación esferulítica. Los fragmentos líticos (25%) subangulosos, de buen desarrollo, corresponden a volcanitas mesosilícicas y ácidas y a piroclastitas. Los cristales (15%) son de plagioclasa, en menor proporción de piroxeno.

El último tramo de la unidad piroclástica 2 en el cerro Don Carlos está definido por una ignimbrita de colores castaños con abundantes *fiammes* y prácticamente sin líticos. Presenta textura eutaxítica y está compuesta por trizas pared de burbujas muy aplastadas, cristales orientados de plagioclasa y piroxeno.

Unidad piroclástica 3: La unidad piroclástica 3 sólo aflora en los alrededores del cerro Don Carlos; es un depósito de flujo piroclástico gris rosado portador de flora carbonizada. Está constituido por una toba lapillítica con plagioclasa euhedral, piroxeno, zircón y fragmentos líticos de volcanitas ácidas a intermedias de gran tamaño y generalmente

redondeados, con texturas porfíricas y escasos líticos de ignimbritas. La matriz está compuesta por trizas aplastadas con formas en Y, *fiammes* de color oscuro de tamaño variable y con alteración arcillosa (Fig. 3d).

Unidad piroclástica 4: Esta unidad aflora en forma discontinua en el sector oriental de península Byers, principalmente entre el cerro Negro y el Domo Rotch (Figs. 1, 2 y 4b). Corresponde al depósito de un episodio explosivo, relativamente más básico que las unidades más antiguas. Está integrado por piroclastitas con abundantes cristales de plagioclasa y en menor proporción piroxeno; se distingue por la presencia de líticos de volcanitas más básicas que los que integran las unidades anteriores (Unidades piroclásticas 1-3). Es un depósito de color castaño que en la base tiene 35% de cristales y 15% de fragmentos líticos de lavas basálticas y escorias vítreas. En el sector medio se mantiene la proporción de cristales y líticos, sin embargo éstos últimos muestran un ligero incremento en el tamaño. Ambos tramos tienen textura eutaxítica marcada, con *fiammes* deformados y de colores pardos (Fig. 3e). La parte superior presenta menor grado de soldamiento, se mantiene la proporción de cristales y de líticos, predominando los de rocas escoriáceas y contornos redondeados (Fig. 3f). Microscópicamente se reconocen *fiammes* con incipiente desvitrificación esferulítica y algunos parches vítreos. En el tramo superior asoman bancos en forma discontinua que corresponden a un depósito color verde castaño de aproximadamente 2m de potencia media, con textura grano soportado, buena selección y abundantes restos florísticos



(Localidad fosilífera Domo Rotch). Microscópicamente está compuesto por trizas de pared de burbuja, parcialmente desvitrificadas o reemplazadas por sílice, cristallitos de plagioclasa, escaso piroxeno y zircón (Fig. 3g). Puede observarse abundante materia orgánica grumosa parcialmente oxidada. La roca presenta laminado por decantación indicando condiciones de muy baja energía.

Unidad piroclástica 5: Esta unidad constituye un manto prácticamente continuo, entre el cerro Don Carlos y el Domo Rotch, que cubre en forma discordante las unidades del sector oriental de la península. Aflora principalmente cubriendo a las piroclásticas soldadas, a las sedimentitas continentales y se lo puede identificar en los faldeos septentrionales del cerro Negro. Es un depósito de flujo piroclástico, de 3 metros de potencia, de color morado en el que se destaca la fracción clástica de color verde. Son tobas lapillíticas, con litoclastos (15%) de volcanitas básicas y andesíticas, parches vítreos desnaturalizados en clorita o arcillas y trizas reemplazadas por ceolitas. La fracción cristalina de la matriz está integrada por cristales fragmentados de plagioclasa y escaso

Figura 3: a-Ignimbrita rica en cuarzo representativa de la Unidad Piroclástica 1 aflorante al sudeste del cerro Don Carlos. b- Intercalación tobácea rica en restos fósiles en la Unidad Piroclástica 1. c- Ignimbrita del tramo medio de la Unidad Piroclástica 2, en la cual se observan trizas, cristales de plagioclasa y líticos de composiciones mesosilícicas y básicas. d- Ignimbrita correspondiente a la Unidad Piroclástica 3, en la que pueden observarse cristales de piroxenos, plagioclasa, minerales opacos, líticos de tamaños variables y trizas deformadas. e- Unidad Piroclástica 4, piroclastita con cristales de plagioclasa y piroxeno; y líticos de volcanitas básicas en matriz vítrea parda. f- Unidad Piroclástica 4, tramo superior, se destacan fragmentos vítreos deformados dando textura eutaxítica, líticos de volcanitas básicas con textura pilotaxítica a intergranular y fragmentos escoreáceos oxidados. g- Unidad Piroclástica 4, depósito de caída intercalado en la parte superior, aflorante en las proximidades del Domo Rotch, es de grano fino, y con abundante fracción vítrea, los líticos están cloritizados. h- Unidad Piroclástica 5, flujo piroclástico con lapilli accrecional. i- Basalto del cerro Negro, roca de grano fino, microporfírica según plagioclasa, clinopiroxeno y olivina. j- Contacto entre areniscas y pelitas en la secuencia sedimentaria correspondiente al perfil de la quebrada Parker.

piroxeno. El depósito tiene variaciones en la relación matriz-clasto. Suele presentar lapilli acrecional (Fig. 3h) disperso en la matriz o concentrado en niveles de hasta 50 centímetros.

LAVAS E INTRUSIVOS

Cerro Chester: Este constituye una de las elevaciones mayores de península Byers (Figs. 1 y 2). Presenta una altura de 188m, un perfil cónico distintivo, con un ancho promedio de 1km. Corresponde a un aparato volcánico parcialmente dismantelado, con facies intrusivas y efusivas.

La facies intrusiva es una andesita con megacristales euhedrales de hornblenda de hasta 10 cm. En el tamaño fenocristal el anfíbol presenta fuerte resorción. El resto de los fenocristales son piroxenos, opacos y plagioclasas reemplazadas por arcilla y ceolitas. La pasta es de grano fino, con tablillas de plagioclasa limpias, orientadas por sectores; escasos minerales opacos y piroxenos euhedrales. Intersticialmente se reconocen abundantes ceolitas a veces en cristales bien desarrollados y poca arcilla. Hay grumos de titanita y cristales de apatita.

La facies extrusiva se caracteriza por la ausencia de anfíbol como fenocristal. Son an-

desitas porfíricas a glomérulo-porfíricas con fenocristales de plagioclasa euhedrales a subhedrales, límpida o alterada en analcima, con maclado polisintético y reborde sódico; y clinopiroxeno euhedral con inclusiones de opacos. La textura de la pasta es seriada integrada por microlitas de plagioclasa y mesostasis vítrea parcialmente desvitrificada en arcilla, parches anhedrales de clinopiroxeno incoloro y grumos de opacos dispersos.

Algunas variedades son de composición más básica, poseen textura porfírica o gloméruloporfírica con fenocristales de plagioclasa (labradorita-andesina) bien desarrollados, con texturas de exsolución y reemplazo ceolítico muy importante, acompañados por escaso clinopiroxeno. La pasta es interstital, relativamente gruesa, con plagioclasa, clinopiroxeno y opacos. Una alteración generalizada de arcillas verdes asociadas con óxidos reemplaza al vidrio y rellena vesículas donde también aparecen ceolitas. En la pasta hay titanita euhedral.

En distintos sectores del cerro Chester se han detectado zonas de alteración de aspecto poroso y coloración amarillo-ocre, caracterizadas por la abundancia de ceolitas en grandes cristales, casiterita y apatita subordinada, en individuos euhedrales y de buen

desarrollo. Se observa sílice en forma de geodas y venas, acompañada por óxidos de hierro.

Cerro Negro: El intrusivo básico del cerro Negro tiene una altura máxima de 140m (Figs. 1, 2 y 4a). Su disyunción columnar está muy bien definida y por sectores tiene distribución flabeliforme. Las mejores exposiciones de la disyunción coinciden con el lateral más expuesto y de mayor pendiente (lateral sur).

Petrográficamente es una roca de grano fino, microporfírica según plagioclasa, clinopiroxeno y olivina. El mineral más abundante es la plagioclasa (andesina-andesina básica), en tablillas euhedrales, macladas y con zonalidad. El clinopiroxeno es una variedad de augita levemente coloreada, con zonalidad y macla en reloj de arena. La olivina ha sido reemplazada pseudomórficamente por una asociación de bowlingita y óxidos. La relación fenocristales/pasta es 10/90. La pasta tiene textura intergranular con abundante plagioclasa y clinopiroxeno, y minerales opacos subordinados (Fig. 3i). Tanto la pasta como los microfenocristales, muestran marcada fluidalidad.

Cerro Don Carlos: Las manifestaciones efusivas están representadas por los basaltos que cubren la secuencia ignimbrítica del cerro

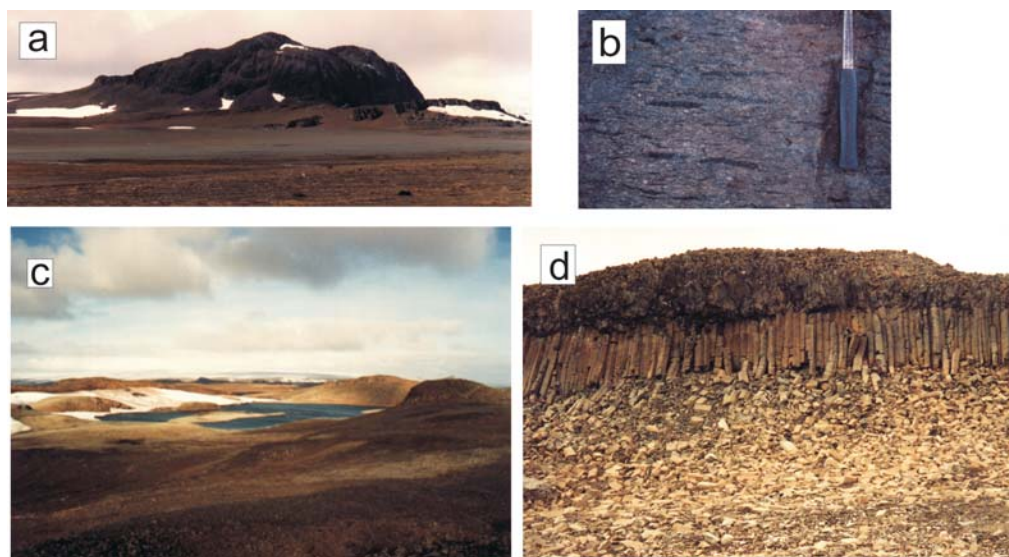


Figura 4: a) Vista de cerro Negro desde el oeste, es un intrusivo subvolcánico de composición básica con marcada disyunción columnar. En su base, sobre el lateral oeste puede observarse la secuencia sedimentaria en su localidad tipo. b) Detalle de los fiammes que marcan la conspicua textura eutaxítica en el depósito de flujo piroclástico soldado identificado como Unidad piroclástica 4 (afloramiento próximo al cerro Negro). c) Vista general del cerro Don Carlos y el Basalt Lake desde el oeste. Se pueden observar los depósitos de las Unidades Piroclásticas 2 y 3 y las unidades lávicas básicas que las cubren. d) Detalle de la disyunción columnar con separación de columnata y entabladura en el basalto que culmina la secuencia del cerro Don Carlos en el sector sudoeste. Por debajo del basalto se distinguen los depósitos tobáceos ricos en flora fósil.

Don Carlos (Unidades piroclásticas 1 y 2, en el entorno del Basalt Lake, Figs. 1, 2 y 4a) y corresponden a los eventos póstumos del magmatismo en península Byers. Son de grano fino y forman flujos lávicos de 7m de potencia promedio, y localmente estructura con disyunción a veces definida en columnata y entablatura (Fig. 4d). Las rocas pueden presentar vesiculación y amígdalas y mineralogía de alteración, en particular ceolitas fibrosas y pirita.

ROCAS SEDIMENTARIAS

La secuencia sedimentaria de la Formación Cerro Negro (Figs. 1, 2, 4a y 5) intercalada en secuencias volcánicas, aflora en el entorno del Cerro Negro. La descripción de estos bancos se basó en dos de los perfiles más potentes y completos en el área: el perfil cerro Negro (62°39'24"S - 61°00' 38"O) y el perfil de la Quebrada Parker (62°39' 03"S- 61°01'20"O). Estos depósitos clásticos están integrados por: 1) conglomerados polimícticos, mal seleccionados, lenticulares; 2) areniscas gruesas hasta finas, con variadas estructuras, laminación paralela, estratificación diagonal y entrecruzada con algunos casos en los que se manifiestan como bancos homogéneos; 3) pelitas finamente estratificados y 4) en la parte media del tramo superior, ritmitas -areniscas y pelitas- con estratificación convoluta y disturbada.

El conjunto sedimentario es de color verde y numerosos bancos son portadores de fósiles de vegetales, con diferentes tipos de preservación.

Composicionalmente las rocas analizadas en ambos perfiles cuentan con una fracción clástica integrada por volcanitas básicas a mesosilícicas redondeadas y cristales aciculares o prismáticos desprendidos de los mismos clastos de las volcanitas. La matriz cuenta con una composición similar y en muchos casos el cemento es de ceolitas (Fig. 3 j).

El diseño de los bancos, con gradación normal, es representativo de cauces labrados en un ambiente de alta energía inicial que decae paulatinamente.

Los bancos con depósitos de sedimentos de grano fino son atribuidos a espejos de agua de reducidas dimensiones y baja energía.

Hacia el techo de la sección inferior del perfil Cerro Negro y Quebrada Parker se observaron intercalaciones lenticulares carbonáticas.

El perfil del cerro Negro comprende dos secciones, desplazadas lateralmente por fallamiento. La sección inferior de aproximadamente 35 metros de espesor real, se apoya sobre una roca volcánica de composición basáltica. La sección superior de aproximadamente 45 metros de espesor real, presenta en la base un delgado depósito piroclástico que marcaría la intercalación de un evento volcánico concomitante con la sedimentación (Fig. 8).

Los depósitos de la quebrada Parker también comprenden dos secciones, la inferior correlacionada con la sección inferior del perfil en el cerro Negro. Una sección superior (Lomada de las Plantas), separada de la inferior por un hiato, es correlacionada con niveles medios de la sección superior del perfil en el cerro Negro. Se ha optado por la denominación de Lomada de las Plantas para el nivel más alto topográfica y estratigráficamente de la quebrada Parker con el fin de individualizar sin lugar a dudas parte de los nuevos hallazgos fosilíferos (Fig. 1)

Las condiciones paleoambientales para el área son consideradas como correspondientes a un ambiente de ríos y arroyos de alta energía, con diseño anastomosado, con formación de lagunas de aguas pandas y baja energía. El registro de la tendencia decreciente en la energía del ambiente puede ser atribuido a la existencia de lluvias estacionales torrenciales. Hacia el techo de la secuencia aflora un conglomerado de color negro, mal consolidado, portador de una gran cantidad

de materia orgánica, en el cual se encuentran troncos silicificados en posición de vida. En este sector del perfil se registran condiciones climáticas que pudieron resultar más cálidas con variación en el pH y el Eh del ambiente, permitiendo la deposición de carbonatos, que también podrían estar relacionados a la incidencia del vulcanismo en el ambiente

En ambas localidades el material fosilífero es muy abundante y se encuentra en muy buen estado de preservación. La actitud de la secuencia es N60°O con inclinaciones que varían entre 16° y 22° E.

PALEONTOLOGIA

RESEÑA PALEOFLORÍSTICA

La Formación Cerro Negro posee un importante interés paleoflorístico. Asociaciones de plantas fósiles y palinológicas han sido descritas para afloramientos de península Byers y de la isla Snow. El contenido paleoflorístico de la unidad fue originalmente descrito por Hernández y Azcárate (1971) y posteriormente revisado y actualizado por Philippe *et al.* (1995), Torres *et al.* (1997), Césari *et al.* (1998,1999, 2001), Cantrill (2000) y Falcon-Lang y Cantrill (2001, 2002), entre otros. Nuevos hallazgos, efectuados en los últimos años en el área occidental de Isla Livingston, permiten ampliar el número de localidades portadoras de paleofloras en la región. Asimismo avances en el conocimiento taxonómico de las floras permiten discutir algunas asignaciones previas. En esta contribución se incorporan nuevos hallazgos florísticos para la unidad con algunas localidades nuevas y otras que

CUADRO 2: Distribución de los taxa fósiles registrados en las nuevas localidades de Isla Livingston.

Especies	Domo Rotch	Don Carlos	Lomada de las Plantas	904
<i>Archangelskya furcata</i>		■		
<i>Sergioa austrina</i>	■			
<i>Eocyathea remesaliae</i>	■			
<i>Ptilophyllum menendezii</i>			■	■
<i>Elatocladus</i> sp.				■
<i>Sphenopteris</i> sp.	■		■	
<i>Cladophlebis</i> sp.				■
<i>Phyllopteroides</i> sp.	■			■
<i>Taeniopteris</i> sp.	■	■		
<i>Pseudoctenis</i> sp.				■
<i>Dictyozamites</i> sp.		■		
<i>Araucarites</i> spp.		■		

amplían la extensión de sitios fosilíferos ya reconocidos. Los ejemplares son ilustrados, brevemente descritos y comparados con registros previos. Además, el cuadro 2 muestra la distribución de las especies descritas e ilustradas hasta el momento para las nuevas localidades de Isla Livingston.

Las nuevas localidades fosilíferas reconocidas para este trabajo son:

- 1.- Domo Rotch (62°38'41"S 60°58'12"O).
- 2.- Lomada de las Plantas (62°38'58"S 61°01'36"O).
- 3.- Cerro Don Carlos (62°38'48"S 61°03'43"O).
- 4.- 904 (62°39'12"S 61°00'43"O), comprende un afloramiento muy acotado, dentro del área reconocida como el perfil del cerro Negro.

ESPECIES IDENTIFICADAS

Araucarites sp. (Figs. 5f,h)

Dos ejemplares procedentes de la localidad de Don Carlos permiten reconocer la presencia de escamas de Araucariaceae, que ya fueran citadas para la unidad. Uno de los especímenes (Fig. 5h) coincide claramente con aquellos ilustrados por Césari *et al.* (1999, Fig. 5a) y por Cantrill (2000, lám. 7, Fig. 8). El otro ejemplar disponible (Fig. 5f) si bien parece tener una forma más oval no posee sus laterales visibles.

Además, en esta misma localidad fueron halladas ramas de posibles Araucariáceas (Figs. 5a, b) pobremente preservadas pero que permiten observar en algunos sectores hojas escuamiformes en disposición helicoidal, imbricadas y estrechamente adheridas al eje.

Archangelskya furcata Herbst (Fig. 6a-g, Fig 7)

1999 *Pachypteris crassa* Césari *et al.* p. 11, Figs. 4g-j

1999 *Sphenopteris* cf. *S. fittonii* Césari *et al.* p. 7, Figs 2c-e

En la asociación paleoflorística de la localidad Don Carlos se destacan improntas de frondes referibles a *Pachypteris crassa* Halle emend. Gee y *Sphenopteris fittonii* Seward (= *Sphenopteris anderssonii* Halle), descritas originalmente por Halle (1913) y revisadas por Gee (1989) sobre material procedente de

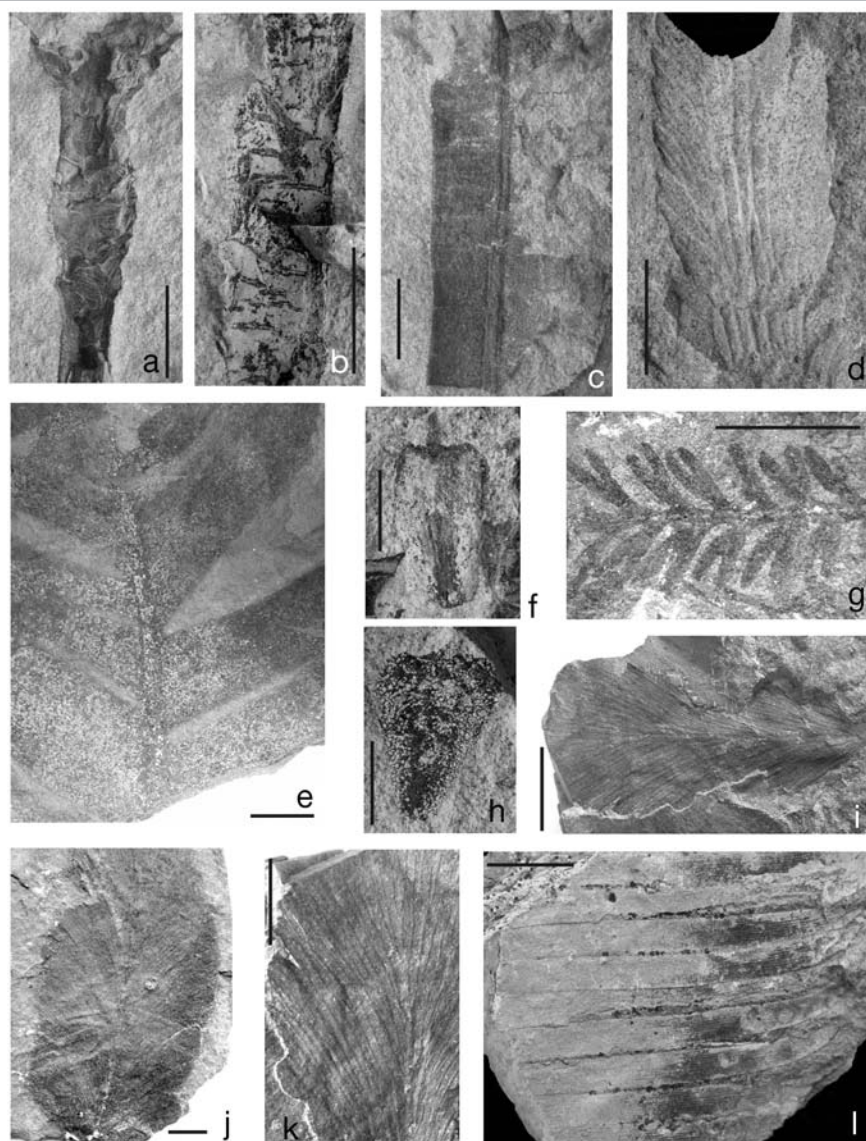


Figura 5: a) Fragmento de una rama de una probable Araucariaceae, mostrando en el sector central hojas escuamiformes helicoidalmente dispuestas. BAPB 14804. b) Detalle de una rama de probable Araucariaceae. BAPB 14828. c) Fragmento de una hoja de *Taeniopteris* sp. BAPB 14824. d) Fragmento de *Dictyozamites* sp. BAPB 14821. e) Fragmento de una hoja de *Pseudoctenis* sp. BAPB 14839. f) Impronta de *Araucarites* sp. BAPB 14822. g) Detalle de pínulas de *Sphenopteris* sp. BAPB 14843. h) Impronta de *Araucarites* sp. BAPB 14823. i) Pinnula de *Phyllopteroides* sp. BAPB 14846. j) Pínula de *Phyllopteroides* sp. BAPB 14845. k) Detalle de la venación en I. l- Detalle de los folíolos en *Ptilophyllum menendezii* Cantrill (2000). BAPB 14832. Escala A-J, L: 1 cm, K: 0,5cm.

bahía Esperanza, Antártida. Sin embargo, Rees y Cleal (1993) combinaron ambas especies al describir cuatro ejemplares procedentes de Hope Bay, que muestran pinnas del tipo *Pachypteris crassa* en un mismo fragmento de fronde portando pínulas referibles a *Sphenopteris fittonii*. Considerando además, la presencia en esa asociación de una pequeña fronde dicotómica (originalmente ilustrada por Halle, 1913), referida por Gee

(1989) a *Archangelskya furcata*, Rees y Cleal (1993) reunieron todos los especímenes estudiados por Halle (1913) y Gee (1989) en *Archangelskya*, definida por Herbst (1964) para el Jurásico de Patagonia. Sin embargo, Rees y Cleal (1993) enmendaron el género, eliminando como carácter diagnóstico la presencia de pinnas de inserción subperpendicular a la altura de la bifurcación. Una revisión del holotipo de la especie tipo, *Ar-*

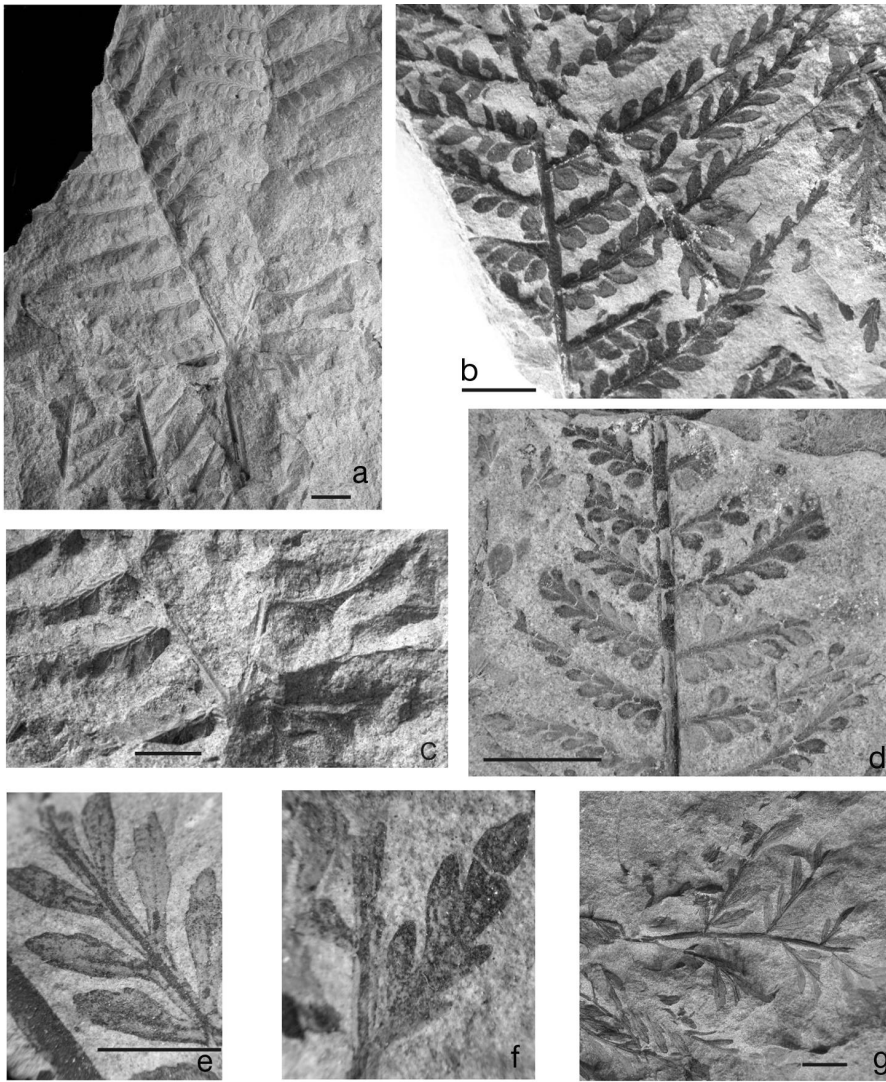


Figura 6: a-g) *Archangelskya furcata* Herbst. a- Raquis principal bifurcado en dos pinnas secundarias portadoras de pinnas terciarias en ángulo abierto de aproximadamente 90°. BAPB 14829. b) Fragmento de fronde bipinnado con pínulas similares a las que Gee (1989) utilizó para caracterizar a la especie *Pachypteris crassa*. BAPB 14811. c) Detalle de A en el sector de la bifurcación del raquis principal, en donde se distingue la presencia de dos pinnas subperpendiculares a las pinnas secundarias. BAPB 14829. d) Fragmento de fronde bipinnado con pínulas obovadas y bases angostadas. BAPB 14801. e) Fragmento de una pinna con pínulas alargadas y márgenes lobulados. BAPB 14811. f) Detalle de pínulas lobuladas. BAPB 14809. g) Fragmento de fronde con pínulas alargadas. BAPB 14807. Escala = 1 cm.

Archangelskya protoloxoma Herbst, nos ha permitido corroborar la emergencia de pinnas en el sector de división del eje principal. Por lo tanto, en este trabajo se mantiene la diagnosis propuesta por Herbst (1964) desechando la enmienda de Rees y Cleal (1993). El conjunto de ejemplares recolectados en la localidad Don Carlos, permite reconocer fragmentos de fronde bipinnados con pínulas de base angostada, obovadas, margen entero y ápice redondeado a agudo (Figs. 6a, b), que caracterizarían a la especie *Pa-*

chypteris crassa de acuerdo al criterio de Gee (1989). En asociación se encuentran ejemplares con pínulas alargadas, con márgenes lobulados del tipo descrito por Halle (1913) como *Sphenopteris fittoni*. Un aporte sumamente interesante lo brinda un ejemplar con un raquis principal bifurcado en ángulo de 55° en dos pinnas secundarias portando pinnas terciarias en ángulo abierto de aproximadamente 90° (Fig. 6a, c). Estas pinnas terciarias poseen pínulas del tipo *Pachypteris*, de tamaño constante que no

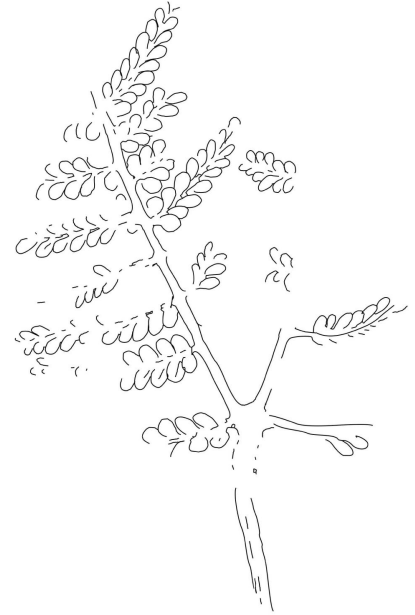


Figura 7: Esquema del ejemplar de *Archangelskya furcata* Herbst ilustrado en la figura 6.C, mostrando la bifurcación del raquis principal con dos pinnas subperpendiculares a las pinnas secundarias

supera los 3 mm. En el sector de la bifurcación del raquis principal se distingue la presencia de dos pinnas en posición subperpendicular (Fig. 7), coincidiendo con la diagnosis original de Herbst basada en material procedente de Patagonia.

Torres *et al.* (1997) ilustraron para la misma unidad estratigráfica en Isla Snow, un fragmento de fronde bifurcado con las características diagnósticas de *Archangelskya* pero que de acuerdo a esos autores no puede asignarse específicamente.

De acuerdo a la propuesta de combinación de Rees y Cleal (1993) y a la presencia en nuestra paleoflora de especímenes como el ilustrado en la figura 6a portando pinnulas del tipo *P. crassa* que muestran cortas pinnas en el sector de bifurcación del raquis referimos a *Archangelskya furcata* los nuevos ejemplares de la Formación Cerro Negro.

También para la Formación Cerro Negro, Cantrill (2000) describió *Pachypteris indica* Bose y Roy sobre la base de fragmentos con pínulas lanceoladas a ovadas de hasta 15 mm de largo. Sin embargo, Bose y Roy (1968) describieron originalmente a la especie con pínulas lineares, muy angostas (10-13mm de largo por 1-2mm de ancho), a veces imbricadas y con cutícula preservada. Estos caracteres parecen estar ausentes en

los especímenes ilustrados por Cantrill (2000), que podrían corresponder a fragmentos de frondes de *A. furcata* cuyo marcado polimorfismo ya fue señalado por Rees y Cleal (1993). Es de destacar que Rees y Cleal (2004) al describir *P. indica* para la flora de Hope Bay no incluyeron ni compararon los ejemplares de Cantrill (2000).

Cladophlebis sp.

El único espécimen recolectado procede de la localidad 904, y consiste de un fragmento de fronde con pinnulas aparentemente alternas, falcadas y con una marcada vena media que no llega al ápice de la pinnula.

Dictyozamites sp. (Fig. 5d)

Los ejemplares hallados en la localidad de Don Carlos aunque muy fragmentarios, se asemejan en sus dimensiones y venación con los descritos para la unidad por Cantrill (2000) como *D. cf. areolatus* Archangelsky y Baldoni.

Elatocladus sp.

El espécimen es fragmentario y muestra hojas más angostas y largas que *Elatocladus confertus* (Oldham y Morris) Halle descrita por Gee (1989). Cantrill (2000) define la especie *E. australis* como dimórfica, por lo tanto diferente a nuestro ejemplar.

Phyllopteroides sp. (Fig. 5i-k)

1999 cf. *Sagenopteris paucifolia* Césari et al. p. 13, Fig. 5i

La presencia de hojas referibles a *Phyllopteroides* en la Formación Cerro Negro fue mencionada por Falcon-Lang y Cantrill (2002) y también sugerida por McLoughlin et al. (2002) al considerar que ejemplares fragmentarios descritos por Césari et al. (1999), y asignados a cf. *Sagenopteris paucifolia*, podían corresponder a ese género. Los especímenes aquí descritos proceden de las localidades 904 y Domo Rotch. Corresponden a fragmentos de frondes al menos monopinnadas, con pinnulas alternas e insertas al raquis en ángulo de aproximadamente 55°. Las pinnulas incompletas son elípticas, de hasta 9,5 cm de largo, con una relación ancho/largo de aproximadamente 1:2; angostadas hacia una base cuneada y con los márgenes laterales mal preservados.

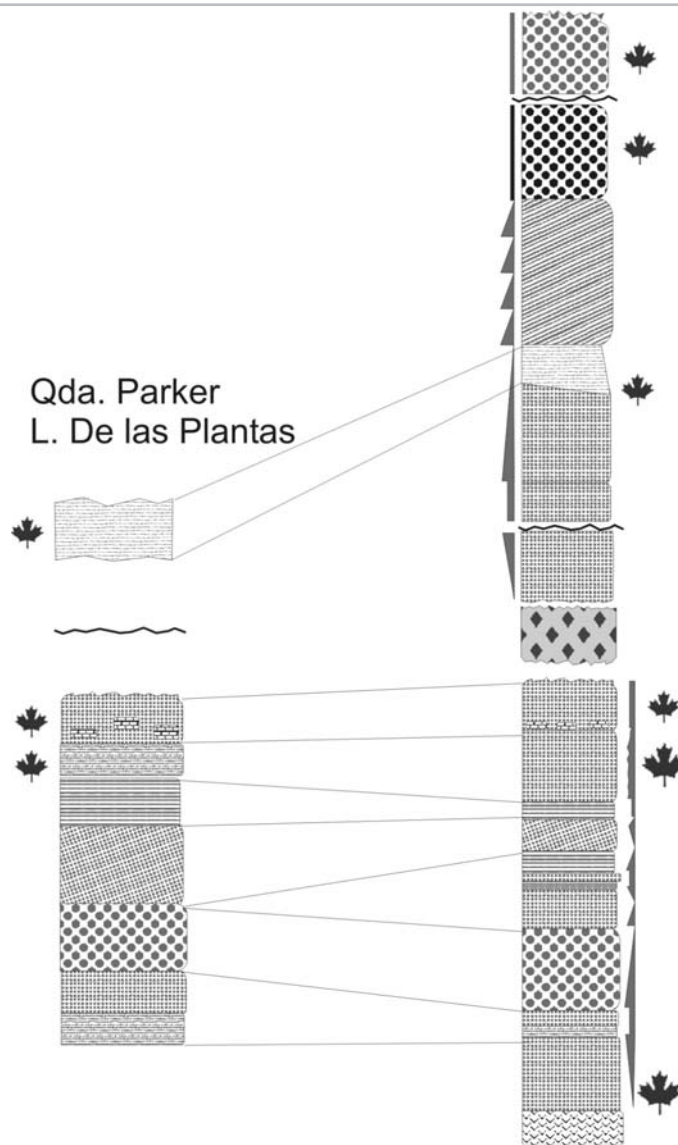


Figura 8: Perfiles sedimentarios correlacionados de la quebrada Parker y cerro Negro

La vena media es recta y bien definida hasta cerca del ápice donde se resuelve en venas secundarias. Las venas secundarias divergen en ángulo de aproximadamente 40° en la base y 30° en la parte media de la lámina a la que atraviesan en forma arqueada. Usualmente dicotomizan una o dos veces con una densidad de 6-8 venas en 5 mm.

Cantrill y Webb (1987) realizaron una revisión de las especies de *Phyllopteroides* del Cretácico Inferior de Australia, utilizando entre los caracteres para su separación la morfología de los márgenes y su tipo de venación. Si bien la ausencia de márgenes preservados en nuestros ejemplares impide una comparación detallada, *P. laevis* Cantrill y Webb resulta similar en apariencia aunque se dife-

rencia por el menor ángulo de inserción de las pinnulas, una relación ancho/largo de las mismas de 1/7 y venación secundaria emergiendo con un ángulo más obtuso.

Pseudoctenis sp. (Fig. 5e)

Nuestros ejemplares, colectados en la localidad 904, corresponden a hojas de pinnas subopuestas, con un raquis de entre 3 y 10 mm de ancho, al cual se unen las pinnas por medio de toda su base, siendo esta recta (Fig. 5e). Las pinnas surgen en un ángulo que varía entre 65° y 75°, separadas entre sí a intervalos de 1 a 3 mm. Las mismas presentan un ancho que varía entre 15 y 21 mm, y el largo máximo medido fue de 70 mm en una pinna incompleta, aunque tam-

bién se han observado pinnas completas con un largo de 55 mm. Las venas laterales son paralelas, presentando una densidad de entre 13 y 15 venas por centímetro.

Halle (1913) y Gee (1989) describen una especie de *Pseudocentis*, *P. ensiformis*, perteneciente a la flora fósil de bahía Esperanza (Hope Bay). Esta especie se diferencia de nuestros materiales por presentar pinnas en general muy separadas entre sí, y una densidad de venas laterales menor (8-9 por centímetro).

Césari *et al.* (1999) describen materiales que asignan a *Pseudocentis* cf. *P. ensiformis* Halle. Estos difieren de los ejemplares aquí descritos en la presencia de un número menor de venas (seis) por centímetro.

***Ptilophyllum menendezii* Cantrill** (Fig.5l)

Nuevos ejemplares procedentes de las localidades de Lomada de las Plantas y 904 permiten revisar la asignación específica de las hojas descritas por Torres *et al.* (1997) y Césari *et al.* (1999) para la unidad como *Ptilophyllum acutifolium* Morris y por Cantrill (2000) como *P. menendezii* Cantrill. La primera especie fue revisada por Bose y Kasat (1972) quienes la restringen para especímenes sin cutícula.

Por su parte, Cantrill (2000) propuso la nueva especie, *Ptilophyllum menendezii*, para incluir varios ejemplares provenientes de isla Nevada (Snow Island) (Formación Cerro Negro), cuya preservación permitió realizar estudios morfológicos y epidérmicos. Sin embargo, la diagnosis específica dada por el autor sólo incluye caracteres morfológicos, los cuales permitirían la inclusión de nuestro material en esa nueva especie. Ese autor discutió la sinonimia realizada por Archangelsky y Baldoni (1972) de ejemplares procedentes del Cretácico de Patagonia con aquellos descritos por Halle (1913) como *Zamites antarcticus* de bahía Esperanza (Antártida), y propuso el nuevo epíteto específico *menendezii* para el material de Patagonia e isla Nevada.

Por otra parte, Archangelsky y Baldoni (1972) enmendaron la especie *Ptilophyllum antarcticum* (Halle) Seward, en la cual agruparon entre otras a las especies *Zamites antarcticus* Halle y *P. longipinnatum* Menéndez. Esta enmienda se basó principalmente en la presencia de cutícula preservada en los

ejemplares de *P. longipinnatum*, lo cual permitió a los autores incluir en la diagnosis específica caracteres epidérmicos, ausentes en el material tipo de Antártida. Posteriormente, Gee (1989) realizó una revisión de los materiales provenientes de bahía Esperanza descritos por Halle (1913) reubicando la especie de Antártida en *Zamites* siguiendo la asignación original de Halle (1913). Recientemente, Villar de Seoane (2001) describió la cutícula de ejemplares de *P. antarcticum* (Halle) Seward emend. Archangelsky y Baldoni procedentes de la Formación Springhill reconociendo en la tabla de la pág. 471 a *P. longipinnatum* como una entidad diferente. Poco más tarde, Villar de Seoane (2003) analizó la ultraestructura en el holotipo de *P. longipinnatum* Menéndez la que consideró similar a la descrita por Barale y Baldoni (1993) para ejemplares patagónicos de *P. antarcticum sensu* Archangelsky y Baldoni (1972).

Por otra parte, una revisión del género *Ptilophyllum* efectuada por Bose y Kasat (1972) sobre las especies de India, les permitió reconocer cuatro especies de *Ptilophyllum* diferenciables morfológicamente (*P. acutifolium*, *P. cutchense* y las más raras *P. rarinervis* y *P. tenerimum*), separando además otras once por características anatómicas y cuticulares. Las especies que poseen cutícula preservada son separadas en virtud de diferencias presentes aún en su ultraestructura, además de la morfología de las hojas.

Teniendo en cuenta estos antecedentes y debido a la similitud morfológica externa entre todos los especímenes procedentes de la Formación Cerro Negro, de los cuales de acuerdo a Cantrill (2000) es posible conocer caracteres cuticulares cuando se preservan, preferimos asignarlos a *P. menendezii* Cantrill. No obstante, es destacable la estrecha similitud existente entre esta especie y *P. acutifolium* de la India, la cual sólo se diferencia por la ausencia de información anatómica. Por otro lado, mantenemos separadas las especies provenientes de Patagonia referidas a *P. longipinnatum* Menéndez y *P. antarcticum sensu* Archangelsky y Baldoni, las cuales parecen guardar al menos diferencias morfológicas y poseen un mayor número de caracteres cuticulares diagnósticos.

***Sphenopteris* sp.** (Fig. 5g)

Material equivalente al aquí ilustrado ha sido descrito como *Sphenopteris* cf. *S. psilotoides* (Stokes y Webb) Ward por Césari *et al.* (1999) para la Formación Cerro Negro. Sin embargo, los ejemplares resultan comparables con los referidos por Cantrill y Nagalingum (2005) como *Sphenopteris sanjulienensis* para el Albiano de Isla Alexander. Esos autores asignan el material antártico a una especie definida por Feruglio (1951, 1953) para el Jurásico de Patagonia. Sin embargo, una revisión del material original descrito por Feruglio (1951) y depositado en el Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, ha permitido constatar diferencias entre los especímenes antárticos y patagónicos. Por lo tanto, preferimos mantener los ejemplares procedentes de la Formación Cerro Negro con asignación específica abierta hasta tanto un análisis exhaustivo en elaboración de ambas formas permita precisar la ubicación taxonómica del material antártico.

***Taeniopteris* sp.** (Fig. 5c)

Hojas referibles a este taxón fueron recuperadas en la localidad de Don Carlos, y son equiparables a las ya ilustradas para la Formación Cerro Negro por Césari *et al.* (1999) en conexión orgánica y asociación con estructuras fértiles de Pentoxylales. Un nuevo registro antártico de hojas de *Taeniopteris* asociadas a conos de Pentoxylales fue reportado por Howe y Cantrill (2001) para el Albiano de isla Alexander.

GEOCRONOLOGIA

Un conjunto de nuevas dataciones sobre rocas piroclásticas, intrusivas y lávicas permiten contribuir a un mejor y más acabado conocimiento sobre la edad de la Formación Cerro Negro. El conjunto de edades, sumado a las publicadas por otros autores tales como Pankhurst *et al.* (1980), Smellie *et al.* (1984), Hathway (1997), Parica *et al.* (1999) y Machado *et al.* (2005) son presentadas en el Cuadro 3.

La unidad piroclástica 1 ha sido datada en uno de sus niveles más altos, correspondiente a una ignimbrita rica en cuarzo. La edad obtenida por K-Ar roca total es de 125 ± 7 Ma (Cuadros 3 y 4).

La unidad piroclástica 2, ubicada en el cerro

CUADRO 3: Edades compiladas y nuevas de rocas volcánicas e intrusivas de Península Byers.

Localidad	Edad Ma (radimétrica)	Método	Litología	Edad	Observaciones	Autor/es
Cerro Don Carlos	32 ± 1	K-Ar	Basalto	Oligoceno inferior	Roca Total	
Punta Diablo	63 ± 2	K-Ar	Basalto	Paleoceno	Roca Total	
Sealer Hill	63 ± 2	K-Ar	Basalto	Paleoceno	Roca Total	
Lava E-Byers	74 ± 3	K-Ar	Basalto	Campaniano	Roca Total	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)
Lava E	76 ± 3	K-Ar	Basalto	Campaniano	Roca Total	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)
Lava E	77 ± 3	K-Ar	Basalto	Campaniano	Roca Total	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)
Cerro Negro	78 ± 5	K-Ar	Basalto	Campaniano	Roca Total	Machado <i>et al.</i> (2005)
Lava E-Byers	79 ± 3	K-Ar	Basalto	Campaniano	Roca Total	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)
Cerro Negro	89 ± 4	K-Ar	Basalto	Coniaciano	Roca Total	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)
Cerro Usnea	92 ± 5	K-Ar	Andesita (lava)	Turoniano	Roca Total	
Lava E-Byers	94 ± 3	K-Ar	Basalto	Cenomaniano	Roca Total	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)
Cerro Negro	95 ± 4	K-Ar	Basalto	Cenomaniano	Roca Total	Pankhurst <i>et al.</i> (1979)
Chester Cone	109 ± 4	K-Ar	Riolita	Albiano	Roca Total	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)
Chester Cone	110 ± 4	K-Ar	Andesita	Albiano	Anfibol	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)
Don Carlos	110 ± 30	Rb-Sr	Ignimbritas	Albiano	Roca Total	
Chester Cone	111 ± 4	Rb-Sr	Vulcanitas	Albiano	Roca Total	Smellie <i>et al.</i> (1984)
Chester Cone	113 ± 4	K-Ar	Andesita	Aptiano	Roca Total	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)
SO cerro Negro	119.1 ± 0.8	Ar-Ar	Plagioclasa	Aptiano	Plg. clasto en conglomerado	Hathway (1997)
SO cerro Negro	119.4 ± 0.6	Ar-Ar	Biotita	Aptiano	Biotita	Hathway (1997)
SO cerro Negro	120.3 ± 2.2	Ar-Ar	Toba	Aptiano	Plagioclasa	Hathway (1997)
Chester Cone	125 ± 7	K-Ar	Dacita	Barremiano-Aptiano	Roca Total	
Chester Cone	132 ± 5	K-Ar	Andesita	Hauteriviano	Hornblenda	Pankhurst <i>et al.</i> (1980)

Don Carlos, fue datada con un diagrama de evolución de Sr (modelo de regresión Wendt-3), obteniéndose una edad en errorcra de 110 ± 30 Ma (Cuadros 3 y 5 y Fig. 9a) relación $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0,704165$, MSWD = 1 (modelo Wendt-3).

Los intrusivos y lavas han sido reunidos en tres grupos bien diferenciados en el tiempo: 1) Andesita del cerro Usnea, equivalente en su composición al intrusivo del cerro Chester, datada por K-Ar sobre roca total en 92 ± 5 Ma (Cuadros 3 y 4).

2) En el cerro Sealer y en una secuencia de intrusiones múltiples aflorantes en punta Diablo se han obtenido dos edades coincidentes de 63 ± 2 Ma respectivamente, ambas por el método K-Ar sobre roca total (Cuadros 3 y 4).

3) Finalmente, en el cerro Don Carlos se obtuvo una edad K-Ar (roca total) sobre basaltos columnares de 32 ± 1 Ma (Cuadros 3 y 4), corroborándose así que estas son las manifestaciones eruptivas más jóvenes en la región alcanzando así tiempos oligocenos.

Del conjunto de edades presentadas en el Cuadro 3 las más antiguas corresponden a las determinaciones de Pankhurst *et al.* (1980) en el cerro Chester, (113 ± 4 Ma, 111 ± 4 Ma y 110 ± 4 Ma). Estos valores junto con la edad K-Ar de 125 ± 7 Ma pre-

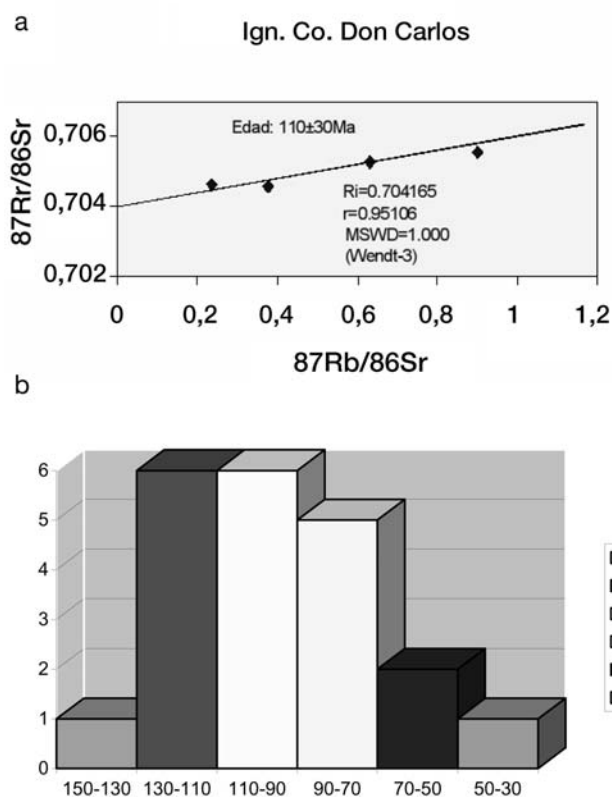


Figura 9: a) Diagrama de evolución isotópica de Sr en errorcra para las rocas piroclásticas del cerro Don Carlos, Unidad Piroclástica 2, los datos analíticos usados son los del Cuadro 5. b) Agrupación de edades para las rocas volcánicas y subvolcánicas aflorantes en Península Byers. El gráfico está basado en los datos presentados en el Cuadro 3.

CUADRO 4: Datos analíticos de nuevas edades en rocas lávicas e intrusivas de península Byers.

Muestra/ Localidad	[K] %	[40-K] E-08	[40-Ar] E-10	Ar-atm %	Edad Ma	Material
BB8/P. Diablo	0.53	1.582	0.578	85.3	63±2	Roca Total
B25/Sealer Hill	0.74	2.209	0.805	35.6	63±2	Roca Total
By203/Usnea	1.42	4.239	2.281	34.3	92±5	Roca Total
By215/Ign. Chester	2.7	13.58	8.785	9.7	125±7	Roca Total
By283/Don Carlos	0.55	1.642	0.309	82.6	32±1	Roca Total

Laboratorio: INGEIS

CUADRO 5: Datos analíticos de las rocas piroclásticas aflorantes en el cerro Don Carlos, correspondientes a la Unidad piroclástica 2.

Muestra	Rb (ppm)	Sr (ppm)	87Rb/86Sr	Error ±	87Sr/86Sr	Error ±
By276	48	587	0.24	0.0027	0.704666	0.000016
By277	107	342	0.901	0.0107	0.705539	0.000008
By278	93	429	0.6312	0.0074	0.705271	0.000012
By279	23	174	0.38	0.0043	0.705271	0.000013

Laboratorio: Institut für Allgemeine und Angewandte Geologie-Ludwigs Maximilian Universität-München.

sentada en este trabajo y los 132 ± 5 Ma (Pankhurst *et al.* 1980) muestran una dispersión que permite acotar a las manifestaciones tanto piroclásticas como lávicas del cerro Chester entre el Hauteriviano y el Albiano. Hathway (1997) presenta edades Ar/Ar obtenidas sobre clastos ignimbríticos en conglomerados con valores de $120,3 \pm 2,2$, $119,4 \pm 0,6$ y $119,1 \pm 0,8$ Ma.

El único dato geocronológico correspondiente a las ignimbríticas del Cerro Don Carlos (entorno del Basalt Lake), derivado del diagrama de evolución isotópica del Sr (Fig. 9a) permite asignar una edad albiana (110 ± 30 Ma) para estas piroclásticas, que presentan contemporaneidad con las del cerro Chester.

El intrusivo del Cerro Negro cuenta con tres determinaciones, 95 ± 4 Ma y 89 ± 4 Ma (Pankhurst *et al.* 1980) y 78 ± 5 Ma (Machado *et al.* 2005). En el sector oriental de la península Pankhurst *et al.* (1980) determina edades sobre lavas con edades de 77 ± 3 Ma y 76 ± 3 Ma. Estos valores permiten acotar el emplazamiento del cuerpo al rango Cenomaniano-Campaniano.

Las intrusiones del cerro Sealer y de Punta Diablo de 63 ± 2 Ma representan un evento más joven prácticamente en el límite cretácico-terciario.

La edad más joven registrada para la región (32 ± 1 Ma) se obtuvo sobre una muestra de los basaltos que se apoyan sobre la secuencia piroclástica en el cerro Don Carlos,

ubicando esta manifestación en el Oligoceno inferior (Rupeliano).

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Del análisis de los perfiles sedimentarios y los nuevos registros paleobotánicos, se obtiene una nueva contextualización y redefinición de los límites para las secuencias continentales de la Formación Cerro Negro. Asimismo, los datos geocronológicos sobre las manifestaciones magmáticas permiten discutir el rango temporal de la formación.

El estudio volcanoestratigráfico, los rasgos composicionales y la nueva información geocronológica, permiten identificar varios centros eruptivos.

En el sector más occidental el cerro Chester es la fuente de lavas y piroclásticas más importante; hacia el este, un segundo centro se vincula a un cono volcánico esencialmente piroclástico, parcialmente erosionado, con distribución circular y aproximadamente 1km de diámetro que constituye el cerro Don Carlos. Los productos de ambos centros (Unidades piroclásticas 1-3) cubren una extensa área.

La unidad piroclástica 1 se considera vinculada genéticamente al *plug* y lavas del cerro Chester. Esta unidad piroclástica es de composición eminentemente ácida, rica en cuarzo, plagioclasa, y mica; y fue datada en

125 Ma. El depósito de caída intercalado en la base es portador de abundante flora fósil de edad aptiana. La unidad piroclástica 1 unifica los niveles A y ST definidos por Hathway (1997). Sus exposiciones marcan la transición a un ambiente netamente continental, en el sector medio de la península. Las unidades piroclásticas 2 y 3 están relacionadas al cerro Don Carlos. La unidad piroclástica 2 es un depósito de flujo piroclástico con plagioclasa y piroxeno y sin cuarzo como rasgo distintivo. Engloba las unidades B y C de Hathway (1997) que serían repeticiones de la misma unidad. Esta asociación piroclástica ha sido datada con una isocrona Rb-Sr en 110 Ma. La unidad piroclástica 3 incluye las piroclásticas aflorantes en la parte distal del cerro Don Carlos y que se consideran equivalentes a la unidad D de Hathway (1997), tiene líticos de volcanitas mesosilíceas y ácidas.

Contemporáneamente con el volcanismo, se produce la acumulación de sedimentos clásticos fluviales, de variada granulometría que afloran en el sector medio de la península. La interpretación ambiental permite el reconocimiento de una cuenca con características netamente continentales, desarrollado en condiciones climáticas estacionales con un régimen de lluvias acorde al mismo, con fuerte energía inicial la que decae, alcanzando regímenes más calmos con desarrollo de lagos y lagunas pandas, hecho por el cual la paleovegetación es sepultada y preservada en excelentes condiciones hasta en sus estructuras más íntimas.

A la latitud del cerro Negro se ubica un tercer centro, una estructura parcialmente desmantelada, con la cual se relacionan los depósitos de piroclásticas soldadas correspondientes a la unidad piroclástica 4. Esta unidad está constituida por rocas de composición básica, con marcada textura eutaxítica que afloran entre el cerro Negro y el Domo Rotch. Dentro de esta unidad se encontraron restos paleoflorísticos (localidad Domo Rotch) en un nivel de grano fino producido por caída de ceniza en ambiente de baja energía (posible planicie aluvial, laguna temporaria) que preservó muy bien el material. Estos depósitos se correlacionan con las unidades E-F de Hathway (1997).

Tanto las unidades piroclásticas 1 y 4 como la secuencia sedimentaria son portadoras de

abundante flora fósil que corrobora la edad aptiana para la secuencia del cerro Negro, a la vez que permite ampliar el conocimiento sobre la correcta ubicación taxonómica de algunas especies. El hallazgo de nuevos ejemplares de frondes ha permitido reasignar material previamente descrito como *Pachypteris crassa* a *Archangelskya furcata*, corroborando además rasgos morfológicos originalmente descritos para el género. Por otro lado, se describen por primera vez para la Formación, ejemplares de *Phyllopteroides*, un género conocido en el Neocomiano-Cenomaniano del Hemisferio Sur. Una revisión de las especies del género *Phyllophyllum* sugiere la aceptación de la especie *P. menendezii* propuesta por Cantrill (2000) para las hojas de la Formación Cerro Negro.

La unidad piroclástica 5 corresponde a depósitos de tobas y tobas lapilíticas originadas por mecanismos de flujo y caída piroclástica. Su principal característica es una gran distribución areal cubriendo el paisaje preexistente. Estratigráficamente se apoya sobre todas las unidades previas, incluyendo al cerro Negro, datado en 80 Ma, con lo cual se establece un límite temporal inferior que no excede el Campaniano.

En cerro Don Carlos afloran flujos lávicos básicos cuya datación permite ubicarlos como el episodio más joven. La edad de 32 ± 1 Ma obtenida debería ser contrastada con nuevos datos que permitan corroborar la extensión del magmatismo hasta el Terciario. En principio, para describirlos, se propone la denominación informal de Basaltos Don Carlos.

El análisis de los datos geocronológicos disponibles en la bibliografía sobre la península Byers, sumados a las edades de volcanitas y cuerpos intrusivos presentados en este trabajo, permitió proponer la agrupación de al menos seis diferentes pulsos de actividad magmática (Fig. 9b).

Dentro de estos, las asociaciones de edades para los intrusivos y evidencias petrológicas preliminares se utilizaron para mapear (Fig. 1) en tres grupos distintos los cuerpos subvolcánicos: 1) asociación cerro Chester; 2) asociación cerro Negro, 3) asociación Sealer Hill-Punta Diablo, y finalmente, se identificaron en el mapa los Basaltos Don Carlos y otras lavas contemporáneas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Instituto Antártico Argentino y a la Dirección Nacional del Antártico. A la Armada Argentina y a la dotación del Rompehielos Almirante Irizar, tripulaciones embarcadas de helicópteros de la Armada y del Ejército Argentino. Al Técnico Eduardo Llambías por el apoyo de campo y de laboratorio. Al CONICET, al Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia, a la Universidad de Buenos Aires, a la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de General San Martín, y a la ANPCYP (PICT 10747).

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Araya, R. y Hervé, F. 1966. Estudio geomorfológico y geológico en las islas Shetland del Sur, Antártica. Instituto Antártico Chileno, Publicación 8, 76 p.
- Archangelsky, S. y Baldoni, A. 1972. Revisión de las Bennettitales de la Formación Baqueró (Cretácico Inferior). Revista del Museo de la Plata, Sección Paleontología 7: 195-265.
- Barale, G. y Baldoni, A. 1993. L'ultrastructure de la cuticule de quelques Bennettitales du Crétacé inférieur d'Argentine. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série II. Mécanique, physique, chimie, sciences de l'univers, sciences de la terre, 316 (8): 1171-1177.
- Bose, M.N. y Kasat, M.L. 1972. The genus *Phyllophyllum* in India. The Palaeobotanist, 19: 115-143.
- Bose, M.N. y Roy, S.K. 1968. On the occurrence of *Pachypteris* in the Jabalpur series of India. The Palaeobotanist 16: 1-8.
- Borbolla, M.C. 1999. Aspectos estratigráficos y estructurales del área sur-sector norte de la península Byers, Shetland del Sur, Antártida. 4º Jornadas sobre Investigaciones Antárticas, Septiembre 1997, Actas 1: 29.
- Cabaleri, N., Salani, F., Remesal, M. y Parica, C. 1994. Modelo deposicional de la secuencia carbonática lacustre del sur de Península Byers, Isla Livingston, Antártida. Terceras Jornadas de Comunicaciones Científicas Antárticas, Dirección Nacional, IAA: 213-216.
- Cabaleri, N., Parica, C.A., Remesal, M.B., Salani, F.M. y Valencio, S. 1997. The lava-sedimentary Mesozoic association of lacustrine environment of Byers Peninsula, South Shetland

Island. En Ricci, C.A. (ed.) Antarctic Geology and Geophysical, The Antarctic Region: Geological Evolution and Processes, Terra Antarctica Publication. 361-366.

- Cantrill, D. J. 2000. A Cretaceous (Aptian) flora from President Head, Snow Island, Antarctica. Palaeontographica Abt. B, 253: 153-191.
- Cantrill, D.J. y Nagalingum, N.S. 2005. Ferns from the Cretaceous of Alexander Island, Antarctica: Implications for Cretaceous phytogeography of the Southern Hemisphere. Review of Palaeobotany and Palynology 137: 83-103.
- Cantrill, D.J. y Webb, J.A. 1987. A reappraisal of *Phyllopteroides* Medwell (Osmundaceae) and its stratigraphic significance in the Lower Cretaceous of Eastern Australia. Alcheringa 11: 59-85.
- Césari, S., Parica, C., Remesal, M. y Salani, F., 1998. First evidence of Pentoxylales in Antarctica. Cretaceous Research, 19: 733-743.
- Césari, S., Parica, C., Remesal, M. y Salani, F. 1999. Paleoflora del Cretácico Inferior de península Byers, Islas Shetland del Sur, Antártida. Ameghiniana 36(1): 3-22.
- Césari, S.N., Remesal, M. y Parica, C. 2001. Ferns: a palaeoclimatic significant component of the Cretaceous flora from Livingston Island, Antarctica. Asociación Paleontológica Argentina. Publicación Especial 7 (7º International Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystem): 45-50. Buenos Aires.
- Crame, J.A., Pirrie, D., Crampton, J.S. y Duane, A.M. 1993. Stratigraphy and regional significance of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous Byers Group, Livingston Island, Antarctica. Journal of the Geological Society 150(6): 1075-87.
- Falcon-Lang, H.J. y Cantrill, D.J. 2001. Gymnosperm woods from the Cretaceous (mid-Aptian) Cerro Negro Formation, Byers Peninsula, Livingston Island, Antarctica: the arboreal vegetation of a volcanic arc. Cretaceous Research 22: 277-293.
- Falcon-Lang, H.J. y Cantrill, D.J. 2002. Terrestrial palaeoecology of the Cretaceous (Early Aptian) Cerro Negro Formation, South Shetland Islands, Antarctica: a record of polar vegetation in a volcanic arc environment. Palaios 17: 491-506.
- Feruglio, E. 1951. Piante del Mesozoico della Patagonia. Pubblicazioni dell' istituto geologico dell' Università di Torino 1: 35-80.
- Feruglio, E. 1953. Sostituzione del nome di una

- specie di Sphenopteris del giurese della Patagonia. Pubblicazioni dell' istituto geologico dell' Università di Torino 2: 173-175.
- Gagliardo, M., Parica, C.A. y Remesal, M.B. 2000. Paleoambiente sedimentario de la Formación Cerro Negro (Cretácico), península Byers, isla Livingston Antártida. 21° Congreso Latinoamericano de Sedimentología, Actas de Resúmenes: 79.
- Gee, C.T. 1989. Revision of the Late Jurassic/Early Cretaceous flora from Hope Bay, Antarctica. *Palaeontographica Abt. B*, 213: 149-214.
- Halle, T.M. 1913. The Mesozoic flora of Graham Land. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903*, 3 (14): 1-123.
- Hathway, B. 1997. Nonmarine sedimentation in an Early Cretaceous extensional continental-margin arc, Byers Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands. *Journal of Sedimentary Research*. 67: 686-697.
- Hathway, B. y Lomas, S.A. 1998. The Upper Jurassic-Lower Cretaceous Byers Peninsula Group, South Shetland Islands, Antarctica: revised stratigraphy and regional correlations. *Cretaceous Research* 19: 43-67.
- Herbst, R. 1964. La flora Liásica de la zona del Río Atuel, Mendoza, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 19(2): 108-131.
- Hernández, P.J. y Azcárate, V. 1971. Estudio paleobotánico preliminar sobre restos de una taoflora de la Península Byers (Cerro Negro), Isla Livingston, Islas Shetland del Sur, Antártica. *Instituto Antártico Chileno, Serie Científica* 2: 15-50.
- Hobbs, G.L. 1968. The geology of the South Shetland Islands: IV. The geology of Livingston Island. *Evolution. British Antarctic Survey, Scientific Report*. 47, 34 p.
- Howe, J. y Cantrill, D.J. 2001. Palaeoecology and taxonomy of Pentoxylales from the Albian of Antarctica. *Cretaceous Research* 22: 779-793.
- Lomas, E., López Martínez, J., Hathway, B., Martínez de Pisón, S. y Arche, A. 1996. Structural geomorphology and geological setting. (In: *Geomorphological map of Byers Peninsula, Livingston Island*. En López Martínez, J., Thomson M. y Thomson J. (eds.), *BAS GEOMAP Series*, Sheet 5-A: 9-14.
- Machado, A., Lima, E.F., Chemale Jr., F., Morata, D., Oteiza, O., Almeida, D.P.M., Figueiredo, A.M.G., Alexandre, F.M. y Urrutía, J.L. 2005. Geochemistry constraints of Mesozoic-Cenozoic calc-alkaline magmatism in the South Shetland arc, Antarctica. *Journal of South American Earth Sciences* 18: 407-425.
- McLoughlin, S., Tosolini, A.M.P., Nagalingum, N.S., y Drinnan, A.N. 2002. Early Cretaceous (Neocomian) flora and fauna of the Lower Strzelecki Group, Gippsland Basin, Victoria. *Association of Australasian Palaeontologists, Memoir* 26: 1-144, Canberra.
- Medina, F.A. y Scasso, R.A. 1999. Aporte a la bioestratigrafía del Grupo Byers, Isla Livingston, Shetland del Sur, Antártida. 4° Jornadas sobre Investigaciones Antárticas, Septiembre 1997, Actas 2: 279-281.
- Pankhurst, R., Weaver, S., Brook M. y Saunders, A. 1980. K-Ar chronology of Byers Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands. *British Antarctic Survey, Bulletin* 49: 277-282.
- Parica, C.A., Remesal, M.B., Salani, F.M. y Rinaldi, C.A. 1999. Edades potasio argón del magmatismo de península Byers, isla Livingston, Antártida. 4° Jornadas sobre Investigaciones Antárticas, Septiembre 1997, Actas 2: 441-444.
- Parica, C.A. y Remesal, M.B. 2000. Geocronología del sector centro sur de península Byers, isla Livingston, Antártida. *Geowissenschaftliches Lateinamerika-Kolloquium* 11, B 13, Oktober 2000, Editado en soporte magnético CD (N1 58), Stuttgart.
- Parica, C.A. y Remesal, M.B. 2001. The Upper Cerro Negro Formation at the Eastern of Byers Peninsula, Livingston Island, Antarctica. 12° Congreso Latinoamericano de Geología y 3° Congreso Uruguayo de Geología. Edición digital, Motevideo.
- Philippe, M., Torres, T., Barale, G. y Thevenard, F. 1995. President Head, Snow Island, South Shetland, a key-point for Antarctica Mesozoic Palaeobotany. *Académie des Sciences, Compte Rendu, série IIa*, 321: 1055-1061, Paris.
- Rees, P.McA., y Cleal, C.J. 1993. Marked polymorphism in *Archangelskya furcata*, a pteridospermous frond from the Jurassic of Antarctica. *Special Papers in Palaeontology* 49: 85-100.
- Rees, P. McA., y Cleal, C.J. 1993. Lower Jurassic floras from Hope Bay and Botany Bay, Antarctica. *Special Papers in Palaeontology* 72: 1-96.
- Remesal, M., Salani, F., Parica C. y Cabaleri N. 1994. Brechas peperíticas de Península Byers. Génesis y Composición. Terceras Jornadas de Comunicaciones sobre Investigaciones Científicas Antárticas, Dirección Nacional del Antártico, IAA.: 209-212.
- Rinaldi, C.A., Parica C.A. y Santillana, S.N. 1999. Cretácico del Sector Antártico Argentino. En Caminos, R. (ed.) *Geología Argentina, SEGEMAR* 536-556.
- Salani, F., Remesal, M., Cabaleri, N. y Parica C. 1995. The lava-sedimentary Mesozoic association of Lacustrine Environment of Byers Peninsula, South Shetland Island. 7° International Symposium on Antarctic Earth Science, Abstracts: 71, Siena.
- Salani, F.M., Parica, C.A., Remesal M. y Rinaldi, C.A. 1999. Análisis petrográfico de los cerros Chester y Usnea, isla Livingston, Shetland del sur, Antártida. 4° Jornadas sobre Investigaciones Antárticas, Septiembre 1997, Actas 2: 458-462.
- Smellie, J., Davies, R.E.S. y Thomson, M.R.A. 1980. Geology of a Mesozoic intra-arc sequence on Byers Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands. *British Antarctic Survey, Bulletin* 50: 55-76.
- Smellie, J., Pankhurst, R., Thomson, M.R.A. y Davies, R. 1984. Geology of the South Shetland Islands: IV Stratigraphy, Geochemistry and Evolution. *British Antarctic Survey Bulletin, Scientific Report* 87, 85 p.
- Torres, T., Barale, G., Thevenard, F., Philippe, M. y Galleguillos, H. 1997. Morfología y sistemática de la flora del Cretácico Inferior de President Head, Isla Show, archipiélago de las Shetland del Sur, Antártica. *Instituto Antártico Chileno, 4 Serie Científica* 7: 59-86.
- Valenzuela, E. y Hervé, F. 1972. Geology of Byers Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands. En Adie R. (ed.) *Antarctic Geology and Geophysics, Universitetsforlaget* 83-90, Oslo.
- Villar de Seoane, L. 2001. Cuticular study of Bennettiales from the Springhill Formation, Lower Cretaceous of Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research* 22: 461-479.
- Villar de Seoane, L. 2003. Cuticle ultrastructure of the Bennettiales from the Anfiteatro de Ticó Formation (Early Aptian), Santa Cruz Province, Argentina. *Review of Palaeobotany and Palynology* 127: 59-76.

Recibido: 4 de enero, 2007

Aceptado: 2 de agosto, 2007