



Trabajo final de Carrera
Licenciatura en Ciencias Biológicas
Orientación: Botánica

Flora fósil de la Isla Rey Jorge, Formación Fossil Hill, Eoceno, Península Antártica

Gianella Brancatti

Orientador: Mariano Verde

Co-orientador: Andrés Rossado

Tribunal: Mariano Verde, Andrés Rossado, Daniel Perea, Gloria Daners.

Facultad de Ciencias, Universidad de la República
2019

Índice

Resumen.....	3
1. Introducción.....	4
1.1. Contexto geográfico actual	4
1.2. Contexto paleoecológico.....	5
1.3. Relevancia del estudio de Flora Fósil.....	6
1.4. Antecedentes: Registro previo en la Isla Rey Jorge.....	6
1.5. Objetivos e hipótesis de trabajo	7
2. Materiales y métodos.....	9
3. Resultados	11
3.1. Pteridofitas	11
3.2. Gimnospermas	15
3.3. Angiospermas.....	18
4. Discusión	23
5. Conclusiones	27
Agradecimientos	28
Referencias.....	29
Anexo.....	39
Glosario	45

Resumen

La Formación Fossil Hill es una de las unidades litoestratigráficas clásicas en paleobotánica de la Península Fildes, Isla Rey Jorge, Antártida. Está ubicada en una latitud de 62°S y conserva una historia de actividad volcánica representada por sedimentos portadores de fósiles vegetales en lavas datadas entre 56 Ma y 34 Ma. Los estudios de las floras fósiles antárticas son de importancia fundamental, dado que las relaciones modernas entre clima, medio ambiente y poblaciones de plantas pueden extrapolarse a partir de los fósiles para obtener datos paleoclimáticos y paleoambientales de este período. La paleoflora de esta región desempeña un papel integral en la comprensión de la evolución del clima global, la biodiversidad y la paleoecología de los bosques de altas latitudes que existieron durante el Cretácico superior y el Terciario temprano. Hasta el momento, en la Isla Rey Jorge se ha podido determinar una flora consistente en impresiones y compresiones carbonizadas de hojas que reflejan una diversa vegetación mixta de helechos, gimnospermas y angiospermas. Esta flora comprende elementos de vegetación con distribución disyuntiva moderna del Hemisferio Sur, lo que sugiere afinidades cercanas con los bosques cálidos y templados australes. En este trabajo se describieron e identificaron hasta el nivel taxonómico más específico posible las floras fósiles provenientes de la región “Cerro de los Fósiles” de la Fm. Fossil Hill, para conocer la diversidad paleoflorística del Eoceno Antártico (56-34 Ma), y producir inferencias paleoclimáticas y paleoambientales a partir del uso de la flora como *proxy*. Las muestras estudiadas fueron colectadas durante las campañas Antárticas 1997, 2000 y 2017 por el equipo del Departamento de Paleontología del Instituto de Ciencias Geológicas de Facultad de Ciencias y depositadas en la colección paleontológica de dicha institución, donde se realizó la toma de datos. El procesamiento de las muestras consistió en una selección de los restos más completos, una descripción de los mismos, la identificación asignándole una afinidad taxonómica siempre que fuera posible, y un posterior catalogado y registro en la Colección del Laboratorio de Paleontología de Facultad de Ciencias. Se identificaron ejemplares de helechos representantes de las familias Gleicheniaceae, Culcitaceae, Thyrsopteridaceae. Dentro de gimnospermas se encontraron representantes de las familias Podocarpaceae y Cupressaceae. Para angiospermas se hallaron representantes de las familias Proteaceae, Nothofagaceae, posibles miembros de Lauraceae, varios representantes del morfotipo *Dicotyllophylum* sp., y algunos ejemplares a los que no se le pudo establecer una afinidad taxonómica pero de todas maneras se dejó registro de su descripción para futuros trabajos y comparaciones.

Las asociaciones de estas floras indican proximidad a las laderas de zonas altas, buena disponibilidad de humedad y temperaturas suaves, así como un contexto de depósito en cuerpos de agua efímeros, bajo la influencia de pequeños deltas. Se confirmó que la flora era relativamente diversa y habría experimentado bajos niveles de perturbación, por lo que habrían formado parte de una vegetación clímax en un ambiente de prevolcanismo.

1. Introducción

1.1. Contexto geográfico actual

El continente Antártico se encuentra ubicado en la zona más austral del planeta, contenido casi en su totalidad por el Círculo Polar Antártico (66° 33' latitud sur). La Antártida tiene una superficie de unos 14.000.000 km² y se distingue notoriamente en dos zonas geológicas divididas por los Montes Transantárticos: al este una planicie cubierta de hielo denominada Antártida Continental u Oriental, y al oeste un archipiélago de islas montañosas cubiertas y unidas por hielo, denominado Antártida Marítima u Occidental (Izaguirre & Mataloni, 2000; De Salvo, 1998). Esta última región suele ser la más estudiada gracias a que presenta condiciones climáticas más favorables con respecto al resto del continente, y a su vez es donde más se evidencian los efectos del cambio climático (Hunt & Poole, 2003).

La Isla Rey Jorge (62°02'00"S 58°21'00"W; Fig.1), donde se encuentra la Base Científica Antártica Artigas, es la mayor del grupo de Islas Shetland del Sur y, al igual que las restantes, está cubierta por un potente y extenso casquete de hielo, en cuyas costas pueden apreciarse áreas libres de hielo durante los veranos. Este hecho determina que sólo las zonas litorales, especialmente las penínsulas y las islas cercanas a la costa, sean accesibles a la investigación geológica (Covacevich & Lamperein, 1970).

Uno de los yacimientos fosilíferos destacados de la Isla es el "Cerro de los Fósiles", ubicado en el centro de la Península Fildes frente a la isla Ardley, entre la Base Great Wall de China y la Base Presidente Frei de Chile, (Perea *et al.*, 2001; Masquelin *et al.*, 2004, Fig. 1). Esta localidad es uno de los centros de la investigación Paleobotánica: la Formación Fossil Hill (Fig.2), correspondiente a una unidad del Grupo Península Fildes definida por Haomin Li durante la Novena Expedición Antártica China en 1992-1993 (Yan-bin, 1990; Shi *et al.*, 2018). Las asociaciones de fósiles fueron descubiertas por Barton en 1964 y están compuestas por lavas basálticas y andesíticas que subyacen a aglomerados, tufitas y areniscas de grano grueso a fino (Barton, 1961; Hawkes, 1961; Tokarski, 1991; Li & Liu, 1991; Liu, 1992; Park & Jwa, 1991; Birkenmajer, 1997; Liu *et al.*, 2005). Esta formación es la principal localidad fosilífera de la Península Fildes ya que conserva una historia de actividad volcánica en curso y representa una de las floras del Eoceno medio más joven (~40Ma) (Barton, 1965; Cantrill & Poole, 2012).

Se cita un perfil esquemático del Cerro de los Fósiles (Fig.3), extraído de Perea *et al.* (2001) caracterizado desde la base hasta el tope por:

1. Una colada de basalto-andesita porfirítica, muy resistente, de color gris, escasamente vacuolar (4 m de potencia aflorante).
2. Una colada de basalto vacuolar de color rojo afanítico a porfirítico con fragmentos de rocas volcánicas (1 m de potencia).
3. Una capa resistente de basalto-andesita vacuolar de color verde oliva buzando 25° hacia el SW (1,5 m de potencia).
4. Una brecha piroclástica (aglomerado) con restos de madera fósil de hasta 1 metro de largo (con 7-15 m de potencia), conteniendo pasajes a finos niveles discontinuos de tufitas y arcillitas rojas no mayores a 10 cm.

5. En detalle, uno de estos delgados niveles conteniendo arcillitas rojas (10 cm de potencia), contiene niveles más gruesos de tufita de colores rojizos con piroclastos centimétricos y abundantes improntas foliares en la masa de la tufita, alternados por finos niveles milimétricos de estratificación plano-paralela rítmica de arcillitas rojas con improntas e icnofósiles.
6. Aflorantes en la ladera Sur de Fossil Hill, se observan algunos bancos de areniscas y siltitos tufáceos de colores amarillentos que no afloran en la ladera Norte. En dichos niveles, justo debajo de las arcillitas rojas, es posible reconocer óndulas de corriente y esferoides de 1-1,5 cm de diámetro en la masa de los bancos, con marcas de molde interno, semi-huecos en su interior, de origen aún no determinado.
7. El tope es una capa de 1-2 m restante de piroclastitas rojizas con improntas de hojas y a veces, una capa delgada de basalto-andesita masivo de color gris oscuro (0,7 m).

1.2. Contexto Paleocológico

Los estratos portadores de fósiles vegetales ocurren aproximadamente en el medio del complejo volcánico, en lavas que se han datado en 59 Ma (Paleoceno tardío) en el sur y 43 Ma (Eoceno medio) en el norte de la formación. La datación radiométrica adicional de los lechos de lava inferiores indica una edad de 52-43 Ma (Li *et al.*, 1989). Dado que la flora se depositó en un entorno volcánico activo, esta edad probablemente podría aplicarse a toda la sección en Fossil Hill ya que el período de depositación es probable que haya sido menor que los errores de precisión de la fecha de edad (Hunt, 2001). La edad de las capas fosilíferas se encuentra en debate y aunque utilizamos la fecha más recientemente derivada de 40 Ma para las capas con restos vegetales, con el fin de anclarla en su posición cronológica relativa, se acepta que, de acuerdo con su conjunto de composición, podría llegar a ser Paleoceno tardío-Eoceno temprano (Cantrill & Poole, 2012). Sin embargo, si se acepta una edad de 40 Ma, esta flora representaría una faceta de la vegetación clímax local que creció durante la leve mejora en las condiciones (MECO) del Eoceno medio, en un ambiente de prevolcanismo (Francis *et al.*, 2009). El volcanismo tiene implicaciones importantes para el desarrollo de las floras locales y regionales, ya que modifica los terrenos preexistentes y puede destruir la vegetación en un área amplia, lo que a su vez puede conducir a cambios sucesivos en la vegetación (Burnham & Spicer, 1986; Poole *et al.*, 2001). Los estudios del registro de isótopos de oxígeno marino (Miller *et al.*, 1987; Flower, 1999; Zachos *et al.*, 2001) revelan una transición de un clima uniformemente cálido, como de "invernadero", a un clima mucho más frío y heterogéneo con condiciones glaciales durante el Eoceno tardío-Oligoceno temprano. Durante este período también denominado "Icehouse", el este Antártico y luego el oeste, sufrieron una serie de glaciaciones (Barron *et al.*, 1991; Birkenmajer, 1997; Barker *et al.*, 1999; Francis *et al.*, 2009) que eventualmente llevaron a la extinción de la flora terrestre (Francis, 1996). La naturaleza de este cambio ambiental en la Tierra es poco conocida (Francis, 1999). Algunas hipótesis postulan que la ruptura de Gondwana, la apertura de los pasajes de Drake y Tasmania y el aislamiento progresivo de la Antártida provocado por la Corriente Circumpolar Antártica, habrían provocado una disminución en los taxones termófilos, combinada con una reducción gradual en la diversidad de la flora de la Isla Rey Jorge, que culminó en su extinción en el Oligoceno superior (Birkenmajer & Zastawniak, 1989b; Askin, 1992; Birkenmajer *et al.*, 2005).

1.3. Relevancia del estudio de Flora Fósil

Frente a cambios en las condiciones climáticas, las plantas no pueden adoptar estrategias como migrar a lugares más favorables o modificar su comportamiento, por lo que presentan mecanismos de rápidos cambios morfológicos y adaptativos. Esto las hace una fuente útil de información sobre los efectos de variables ecológicas (Reguero *et al.*, 2013). Además las floras están en general restringidas por barreras oceánicas para su dispersión, por lo que representan una fuente importante para reconstrucciones paleogeográficas durante las fases finales de la desintegración de Gondwana (Birkenmajer, 1987), que a su vez tiene importantes implicancias para los estudios filogenéticos (Poole *et al.*, 2001). Los estudios de las floras fósiles terciarias antárticas son de importancia fundamental, dado que por medio del Actualismo, las relaciones modernas entre el clima, el medio ambiente y las poblaciones de plantas pueden extrapolarse a partir de los fósiles para obtener datos paleoclimáticos y paleoambientales de este período (Birkenmajer & Zastawniak, 1989a; Askin, 1992; Poole *et al.*, 2005). El Cenozoico antártico contiene un importante registro de la evolución del clima global. Las floras fósiles de esta región desempeñan un papel integral en la comprensión de la biodiversidad y la paleoecología de los bosques de altas latitudes que existieron durante el Cretácico superior y el Terciario temprano (Fontes, 2008; Fontes & Dutra, 2010).

1.4. Antecedentes: Registro previo en la Isla Rey Jorge

Los estudios de la flora fósil realizados hasta el momento en la Isla Rey Jorge (Czajkowski & Rösler, 1986; Torres & Méon, 1990; Li, 1994; Zhou & Li, 1994a,b; Francis, 1999; Dutra, 1997; Dutra & Batten, 2000; Dutra, 2001; Hunt, 2001; Fisch, 2009; Trevisan, 2011; Cantrill & Poole, 2012; Warny *et al.*, 2016; Shi *et al.*, 2018) han podido determinar una flora consistente en impresiones y compresiones carbonizadas de hojas que reflejan una diversa vegetación mixta de helechos, gimnospermas y angiospermas, además de registros de inflorescencias de angiospermas, frutos y conos de coníferas. Esta paleoflora comprende elementos de vegetación con una distribución disyuntiva moderna del Hemisferio Sur, como las familias Araucariaceae, Cunoniaceae, Cupressaceae, Elaeocarpaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Nothofagaceae, Proteaceae y Winteraceae, incluidas las hojas de tipo *Sterculia* (Troncoso, 1986; Lyra, 1986; Palma-Heldt, 1987; Orlando, 1964; Dutra *et al.*, 1996; Dutra, 2004; Hayes, 1999; Hayes *et al.*, 2006; Fontes & Dutra, 2010) lo que sugiere afinidades cercanas con los bosques cálidos y templados australes (Hunt, 2001). Por otro lado se han reportado, aunque en menor frecuencia, registros de las familias Dilleniaceae, Icacinaceae, Gunneraceae, Monimiaceae, Myricaceae, Sapindaceae, además de las especies fósiles *Caldcluvia mirabilis* Dusen y *Hydrangeiphyllum affine* Dusen (Czajkowski y Rosler, 1986; Troncoso, 1986; Cao, 1992). A su vez, según Li (1994) hay un total de 20 morfotipos de angiospermas presentes en la flora, donde además de las familias ya mencionadas, se incluyen las familias Anacardiaceae y Melastomataceae. La diversidad de ejemplares correspondientes a géneros de gimnospermas están representados, de acuerdo a Orlando (1964), Czajkowski & Rosler (1986) y Troncoso (1986) por las familias Araucariaceae, Cupressaceae y Podocarpaceae. Los géneros de Pteridofitas están representados por las familias Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Gleicheniaceae, Lophosoriaceae y Osmundaceae (Torres & Méon, 1990; Torres & Méon, 1993; Zhou & Li, 1994a; Dutra, 1997; Francis, 1999; Dutra, 2001; Dutra & Batten, 2000). La mayoría de estas familias puede ser encontrada actualmente en zonas subtropicales o cálidas del hemisferio Sur (Francis *et al.*, 2007).

Objetivos e hipótesis de trabajo

El objetivo y desafío de este trabajo es describir e identificar hasta el nivel taxonómico más específico posible las floras fósiles provenientes de la región “Cerro de los fósiles” de la Isla Rey Jorge, para conocer la diversidad paleoflorística de un determinado momento de la historia geológica de Antártida (Eoceno: 56-34 Ma), y producir inferencias paleoclimáticas y paleoambientales a partir del uso de la flora como *proxy*.

Dado que la transición hacia el Eoceno temprano antártico está marcada por un influjo en la vegetación dominante de las familias Nothofagaceae, Podocarpaceae, Cunoniaceae, algunas angiospermas subtropicales y templadas como Lauraceae, Myrtaceae, Malvaceae, y Proteaceae, y por la presencia de macrofósiles de los tres grupos de helechos que aún caracterizan a las floras del Hemisferio Sur, se espera encontrar material representativo de estas familias tan reportadas para esta localidad.

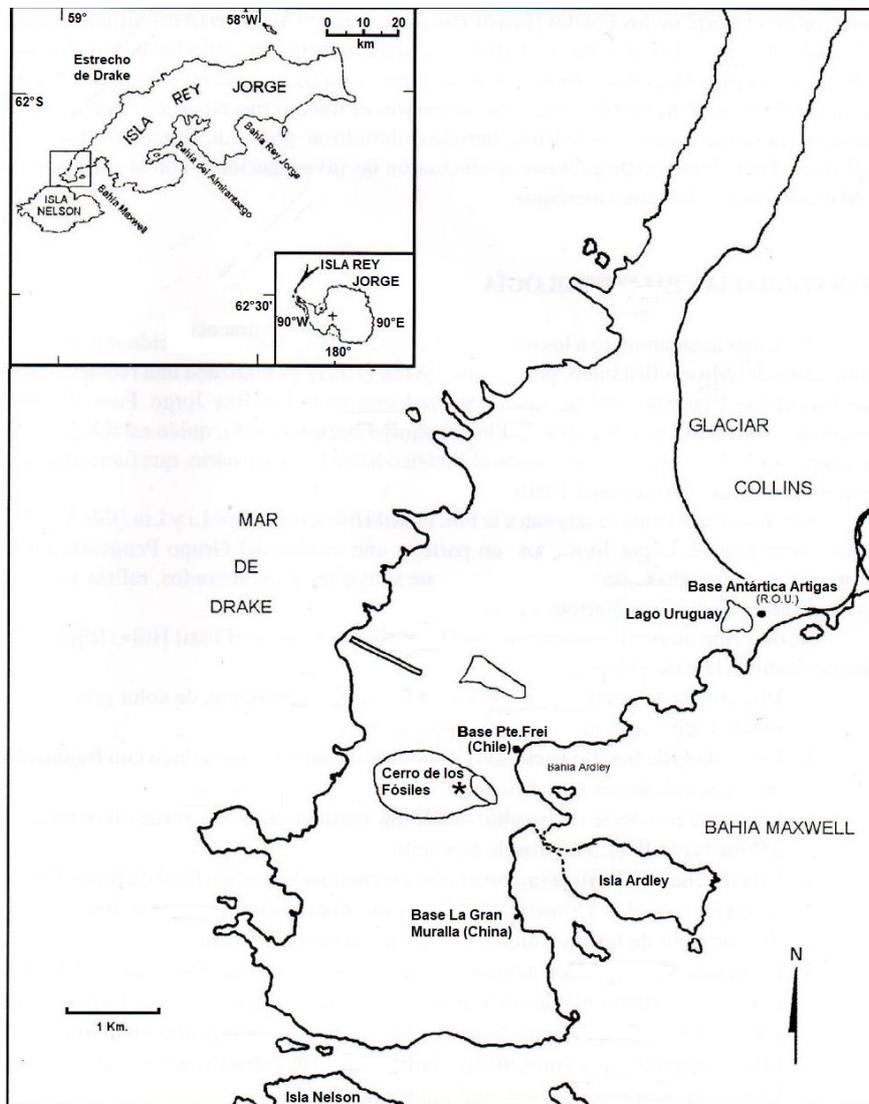


Fig 1. Ubicación geográfica actual del Cerro de los Fósiles (*), Isla Rey Jorge, Antártida (Perea *et al.*, 2001).



Fig.2. Afloramiento de la Formación Fossil Hill en el cerro homónimo.

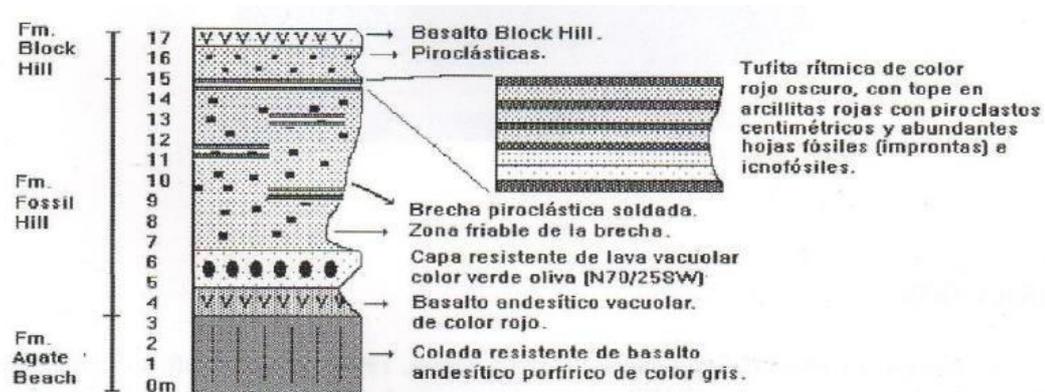


Fig.3. Perfil geológico-estratigráfico de la Formación Fossil Hill. Extraído de Perea *et al.* (2001).

2. Materiales y métodos

El material de estudio proviene de la localidad conocida como “Cerro de los Fósiles”, correspondiente a la Formación Fossil Hill, ubicada en la Península Fildes, al extremo sudoeste de la Isla Rey Jorge (Fig.2). Las muestras estudiadas, correspondientes a fósiles y fragmentos de roca, fueron colectadas durante las campañas Antárticas 1997, 2000 y 2017 llevadas a cabo por miembros del equipo del Departamento de Paleontología del Instituto de Ciencias Geológicas de Facultad de Ciencias y fueron depositadas en la colección paleontológica de dicha institución, donde se realizó la toma de datos. El procesamiento de las muestras consistió en los siguientes pasos:

2.1. Selección

Se realizó una observación preliminar de las muestras a simple vista y bajo estereomicroscopio para detectar la presencia de restos vegetales, previo a la limpieza de las mismas con cepillo y/o agua.

Luego de separar las muestras que contenían alguna impresión se realizó una observación más a fondo mediante contraste con luz bajo estereomicroscopio y se seleccionaron las muestras más representativas y completas encontradas.

2.2. Descripción e Identificación

Las muestras seleccionadas fueron fotografiadas con cámara Nikon Coolpix L320, y se realizaron dibujos digitalizados para representar más fielmente los parámetros de morfología y arquitectura foliar, con el uso del programa Corel Draw 14.

Las muestras fueron identificadas basándose en aspectos morfológicos presentes en los restos foliares y en la comparación con ejemplares de la flora fósil previamente descrita para las cuencas australes. Estas fueron agrupadas según su taxonomía en Angiospermas, Gimnospermas y Pteridofitas, dentro de estas categorías se procuró llegar al nivel taxonómico más preciso posible. Los ejemplares referentes a Pteridofitas fueron comparados con los ya descritos para cuencas australes y, cuando fue posible, la identificación taxonómica se basó en Dutra & Batten (2000) y Trevisan (2011). Los restos de gimnospermas se identificaron basándose en Fontes (2008), Eckenwalder (2009), Fontes & Dutra (2010) y Bastos *et al.* (2013). Para la descripción de los microfósiles de hojas de angiospermas se utilizó la clave propuesta por Hunt (2001) (Fig.4), donde se clasifican según el tipo de margen, y la arquitectura de venación foliar, junto con el análisis de caracteres como tamaño y forma de la lámina foliar, el curso de la nerviación, la forma del margen y la cutícula; términos propuestos en el Manual of Leaf Architecture de Wing *et al.* (1999).

Las afinidades taxonómicas de las hojas se discutieron siempre que fue posible. Una condición común para los restos de la Isla Rey Jorge es la falta de caracteres precisos para una atribución taxonómica convencional, debido a que se cuenta con partes aisladas y a que las plantas presentan una variación continua de sus caracteres y una alta frecuencia de hibridaciones a lo largo de su historia evolutiva, lo que dificulta aún más la identificación en el registro fósil. Una de las soluciones para estos problemas ha sido la utilización de los tipos morfológicos o morfotipos, como ya venía siendo realizado por algunos paleobotánicos, lo

que creó una sistemática paralela y alternativa. El sistema de morfotipos fue inicialmente utilizado por Johnson (1989), quien creó categorías explícitamente definidas de hojas fósiles basándose en rasgos que podrían ser usados para estudios estratigráficos y paleoecológicos. Un morfotipo es una categoría informal independiente del sistema Linneano de nomenclatura. El arreglo de los tipos foliares en este sistema sería independiente de su afinidad a un género, familia, orden o subclase, pretendiendo brindar al paleobotánico una base comparativa entre su material y aquel de otras comunidades de plantas fósiles o modernas.

Esta metodología fue adoptada en el presente estudio, siempre que faltaron caracteres más precisos para la atribución taxonómica, reuniéndolos en grupos morfológicos a modo de uniformizar los datos, con las formas previamente descritas. A su vez, este enfoque permite el tratamiento estadístico posterior y la evaluación de la diversidad, útil para el análisis de las paleocomunidades.

2.3. Catalogado

El material identificado se registró en el catálogo de la Colección del Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias, donde se especifica su procedencia estratigráfica, geográfica, descripción e identificación. También se realizó un catálogo en formato virtual con imágenes de los ejemplares y su respectiva información. Los números de catálogo utilizados van desde el FCDP/B110 al FCDP/B196.

I. Entire margined leaves	
1a¹ , Palmately lobed	(1.1 – 1.3)
1a² , Finnately lobed	(1.4 - 1.5)
1a³ , Non-lobed	
1b¹ , Acrodromous veined leaves	(1.6 – 1.8)
1b² , Brochidodromous veined leaves	(1.9 – 1.22)
1b³ , Peltate/orbicular leaves	(1.23)
1b⁴ , Eucamptodromous veined leaves	(1.24 – 1.27)
2. Toothed leaves	
2a¹ , Leaf organisation pinnately compound	(2.1 - 2.2)
2a² , Leaf organisation palmately compound	(2.3)
2a³ , Leaf organisation appears simple	
2b¹ , Leaf pinnately lobed	(2.4)
2b² , Leaf palmately lobed	(2.5 - 2.7)
2b³ , Leaf non-lobed	
2c¹ , Acrodromous venation	(2.8)
2c² , Pinnate venation	
2d¹ , Semicraspedodromous secondary venation	(2.9 – 2.25)
2e¹ , Possible juvenile foliage	(2.26)
2d² , Craspedodromous secondary venation	(2.27 – 2.38)

Table 6.1. Hierarchical table summarising the main morphological divisions of the King George Island floras studied during this project. 1a – lobing, 1b – secondary venation, 2a – leaf organisation, 2b – lobing, 2c – primary venation, 2d – secondary venation.

Fig.4. Clave para identificación de angiospermas propuesta por Hunt (2001).

3. Resultados

Se analizaron 550 muestras, de las cuales sólo 185 (33,6%) permitieron una aceptable descripción y la proposición de afinidades taxonómicas. Este bajo índice de identificación se deriva del carácter incompleto de los restos, donde faltan caracteres morfológicos, tales como: aspecto del margen foliar, ápice y base, y de su registro en litologías groseras que no permiten mucha definición y dificultan el reconocimiento. Se identificaron 141 ejemplares de helechos representantes de las familias Gleicheniaceae (n=8), Culcitaceae (n=4), y Thyrsopteridaceae (n=128) y el género extinto *Scleropteris* (n=1). Dentro de gimnospermas se identificaron 12 ejemplares, representantes de la familia Podocarpaceae (n=9) y de la familia Cupressaceae (n=3). Para angiospermas se identificaron 32 ejemplares representantes de las familias Proteaceae (n=1), Nothofagaceae (n=7), posibles miembros de Lauraceae (morfotipo Laurofílico, n=8), y varios representantes del morfotipo *Dicotylophyllum* (n=16). Se encontraron varias muestras con impresiones de maderas, pero no fueron tomadas en cuenta por la reducida información que aportan. Todo el material analizado resultó ser vegetativo, no se encontraron estructuras reproductivas, a excepción de una impresión de una posible semilla, pero se requieren estudios más profundos para determinar si esta suposición es correcta. La mayoría de los fragmentos estuvo compuesta por hojas y no tanto por tallos ni estructuras más complejas. En gran parte de ellos, las características de la venación de segundo y tercer orden son apenas visibles. Los recuentos de los ejemplares totales de hojas se basan en hojas fragmentadas y completas. El número y el grado de integridad de las muestras utilizadas para denotar cada morfotipo se indica en la descripción.

Sistemática Paleobotánica

3.1. PTERIDOFITAS

Clase: Polypodiopsida

Orden: Gleicheniales

Familia: Gleicheniaceae C. Presl

Gleichenia sp. Smith

(Fig 5)

Material: Fragmentos de pinnas con pínulas pecopterídeas. FCDP/B117, FCDP/B118, FCDP/B119, FCDP/B120, FCDP/B121, FCDP/B122, FCDP/B123, FCDP/B124.



Fig.5. FCDP/B117: Pinnas de *Gleichenia* sp. Smith y detalle de pínulas pecopterídeas. Escala en mm.

Descripción: Fragmentos de pinnas 1,1- 2,5 x 2,2 cm, con raquis (0,5 – 1,6 cm) del cual divergen pínulas dispuestas en ángulos regulares intercalados y manteniendo distancias uniformes de 0,5 cm. Pínulas pecopterídeas cuyos segmentos son de contorno redondeado del lado inferior y falcado del superior; base pegada al raquis de 1,5 mm de ancho.

Discusión: Según Zhou & Li (1994a) las formas de Gleicheniaceae del Cerro de los Fósiles son las más completas referentes a esta familia en niveles cenozoicos de la Antártida. En la forma aquí descrita el margen de las pínulas es contorneado por material carbonoso, que además de ayudar a su visualización, sugiere un engrosamiento de los márgenes, comunes en formas de Gleicheniaceae modernas donde el margen de la pínula puede doblarse para proteger los soros desnudos (Trevisan, 2011). Zhou & Li (1994a) identificaron las frondas de helechos de Fossil Hill como *Gleichenia* sp. sobre la base de la ramificación pseudodicotómica del raquis y las axilas de los brotes, así como la distintiva morfología triangular a falcada de las pínulas de estos especímenes, que se conservan débilmente, y son características de las Gleicheniaceae (Cantrill, 2000). Frondas descritas como cf. *Pecopteris* de la Formación Cross Valley de edad Paleoceno (Dusen, 1908) y *Gleichenia* sp. de Fossil Hill (Czajkowski & Rosler, 1986) son comparables en tamaño y morfología de fronda y es probable que pertenezcan al mismo morfotipo.

Orden: Cyatheales

Familia: Thyrsopteridaceae C.Presl

Thyrsopteris shenii Zhou & Li
(Fig.6)

Material: Fragmentos de pínulas. FCDP/B120, FCDP/B121, FCDP/B122, FCDP/B158, FCDP/B159, FCDP/B160, FCDP/B161, FCDP/B162, FCDP/B163, FCDP/B164, FCDP/B165, FCDP/B166, FCDP/B167, FCDP/B168, FCDP/B169, FCDP/B170, FCDP/B171, FCDP/B172, FCDP/B173, FCDP/B174, FCDP/B175, FCDP/B176, FCDP/B177, FCDP/B178, FCDP/B179, FCDP/B180, FCDP/B181, FCDP/B182, FCDP/B183, FCDP/B184, FCDP/B185, FCDP/B186, FCDP/B187, FCDP/B188.

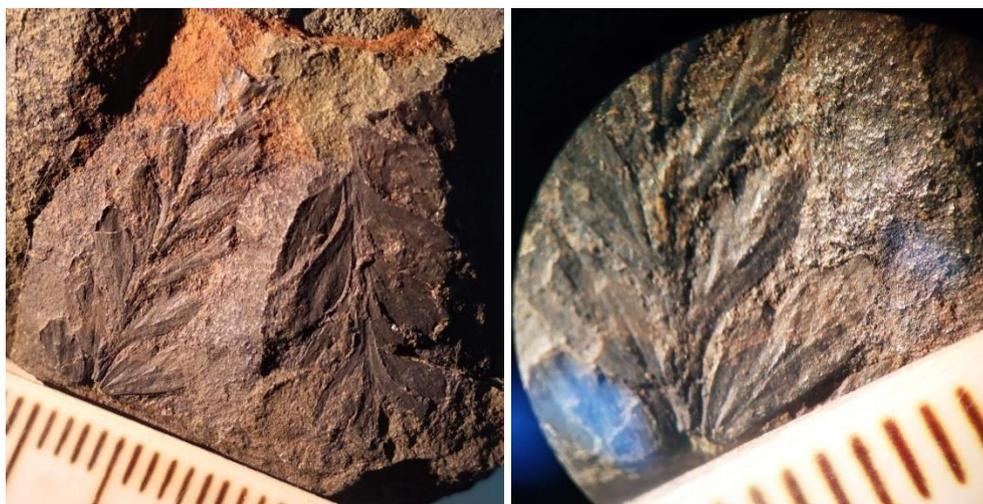


Fig. 6. FCDP/B121: Fragmento de pínulas de *Thyrsopteris shenii* Zhou & Li. Escala en mm.

Descripción: Fragmentos de pinnas asimétricas, y pínulas con segmentos de 0,5-0,7 x 0,2 cm, de inserción opuesta y alterna, y venación esfenopteroide, pocas veces bifurcada y ramificada. Se observan distintos grados de fragmentación de los especímenes. Se midieron los ejemplares más completos y se formaron lotes de los ejemplares más fragmentarios agrupados por tamaño y en números de 10 por lote. El tamaño de las frondas más completas fue de 6,7 x 4 cm en su parte más ancha. El tamaño de los fragmentos de pinnas varió entre 1,6 - 3,4 x 0,5 - 1 cm, (\bar{X} = 2,02 x 0,72 cm, n= 10).

Discusión: En el trabajo de Torres (1990), impresiones similares fueron relacionadas a la forma moderna cf. *Thyrsopteris elegans* Kunze, y en Dutra & Batten (2000) se encontró un morfotipo muy similar a *Thyrsopteris elegans*, especie actualmente exclusiva del Archipiélago de Juan Fernández (Chile). A su vez, morfotipos con estos rasgos, identificados para niveles un poco más jóvenes del Cerro de los Fósiles, permitieron a Zhou & Li (1994a) determinar una nueva especie, *Thyrsopteris shenii* Zhou & Li, hasta ese momento representativa de la familia Dicksoniaceae, según los autores. Los fósiles relacionados con *Thyrsopteris* fueron comunes y generalizados durante el Mesozoico, especialmente el extinto *Coniopteris*, un morfogénero compuesto principalmente por fósiles de compresión, hoy en día atribuido a Dicksoniaceae (Harris, 1961). Harris (1961) trató a *Thyrsopteris* como sinónimo de *Coniopteris*, pero este último parecería diferir por sus láminas fértiles más estrechas (pero no esqueletizadas como en *Thyrsopteris*) y receptáculos casi planos (no clavados como en *Thyrsopteris*) (Harris, 1961). Dada la edad más joven de estos depósitos, esta nomenclatura sería menos adecuada y la comparación con formas modernas ya sería posible (Trevisan, 2011). Actualmente, con base en análisis de secuencias de ADN de plástidos (Schuettpelz & Pryer, 2009; Lehtonen, 2011; Sosa *et al.*, 2016), *Thyrsopteris* está asignado a la familia Thyrsopteridaceae (Tryon & Tryon, 1982), y hoy en día se clasifica en el orden Cyatheaales junto con otras siete familias (PPG I, 2016). Dentro de los Cyatheaales, Thyrsopteridaceae pertenece a un clado que contiene las familias Culcitaceae, Loxsomataceae y Plagiogyriaceae (Korall *et al.*, 2006; Smith *et al.*, 2006; PPG I, 2016).

Familia: Culcitaceae Pichi Sermolli

Culcita macrocarpa C. Presl
(Fig.7)

Material: Fragmentos parciales de pínulas. FCDP/B189, FCDP/B190, FCDP/B191, FCDP/B192.



Fig.7. FCDP/B190, FCDP/B191: Fragmentos de pínulas de *Culcita macrocarpa*. Escala en mm.

Descripción: Fragmentos de pínulas de 1,7 x 0,7 cm, con segmentos de inserción opuesta y venación paralela a los márgenes, que van disminuyendo su tamaño hacia el ápice (desde 6 x 1,5 mm a 3 x 0,75 mm) y divergen en ángulos agudos homogéneos.

Discusión: Estos ejemplares han sido difíciles de diferenciar de *Thyrsopteris shenii* ya que presentan una gran similitud, pero se distinguen en que los segmentos de las pínulas de *C. macrocarpa* son más redondeados y se encuentran menos separados, mientras que los de *T. shenii* son más lobados con venación esfenopteroide característica y se disponen de manera más dispersa. Las características del género *Calcita* son la lámina altamente disectada y los surcos en la superficie adaxial de los ejes que lo distinguen de *Dicksonia* y *Cibotium*, géneros altamente emparentados (Maxon, 1922; Holttum, 1963). *Calcita* es un género de siete especies. En el trabajo de Dutra & Batten (2000), impresiones similares fueron identificadas como *C. macrocarpa*.

Incertae sedis

Scleropteris sp. Saporta

Material: Fragmento de pinna. FCDP/B193.



Fig.8. FCDP/B193: Impresión de fragmento de pinna de *Scleropteris* sp. Escala en mm.

Descripción: Fragmento carbonizado de pinna de 1,5 x 1,4 cm, pínulas 0,7 - 0,9 x 0,2 cm, venación levemente visible, espacio entre pínulas amplio 0,4 cm.

Discusión: El género *Scleropteris* fue definido por Saporta (1873) con el objeto de incluir frondas bi o tripinnadas, imparipinnadas que se distinguen de *Pachypteris* Brongniart emend Harris. Una especie comparable, por la forma y tamaño de sus pínulas, es *Pachypteris crassa* (Halle) Townrow a la que Gee (1989) describe para la flora de la Antártida, originalmente citada por Halle (1913) como *Scleropteris crassa* Halle. Se trata de frondas de pinnas opuestas alternas, espaciadas, con pínulas pequeñas, gruesas y espaciadas, estrechamente ovadas con su ancho máximo cerca del centro, ápices obtusos a subagudos, decurrentes. Fuenzalida *et al.* (1972) asignó un ejemplar muy similar al morfotipo *Scleropteris* sp., pero no dio ninguna descripción detallada ni discutió el porqué de su identificación, y a su vez parece ser un género extinto. En este trabajo asignamos el epíteto *Scleropteris* sp. por comparación morfológica con el registro de Fuenzalida *et al.* (1972) pero sería necesario una revisión en mayor profundidad. Se clasifica como *incertae sedis* debido a que no fue posible conocer su posición superior en la jerarquía taxonómica.

3.2 GIMNOSPERMAS

Orden: Pinales
Familia: Cupressaceae Gray

Papuacedrus sp. H.L.Li
(Fig.9)

Material: Fragmentos de ramas vegetativas FCDP/B133, FCDP/B134, FCDP/B195.



Fig. 9. FCDP/B134: Fragmentos de ramas vegetativas de *Papuacedrus* sp. Escala en mm.

Descripción: Fragmentos de ramas vegetativas, eje de 11 mm recubierto por dos hojas laterales alargadas de 13 x 1,25 mm y tres hojas faciales pequeñas de 2 x 1 mm. Las hojas laterales tendiendo a lineares, poseen base convexa, y contornos levemente curvos, y están fusionadas entre sí por el margen. Los ápices son agudos y están parcialmente preservados. La superficie está marcada por líneas finas y longitudinales, que probablemente corresponden a las múltiples bandas de estomas, y por un canal resinífero prominente, con orientación paralela al margen. Las hojas faciales, visibles en la porción distal del par de laterales, son quilladas, de forma romboide a ovada y con ápices levemente acuminados.

Discusión: Estos fragmentos muestran características que los insertan entre los representantes de la familia Cupressaceae. La afinidad es sugerida por la presencia de hojas dimórficas, de inserción opuesta decusada, con hojas laterales grandes y alargadas, y faciales pequeñas (Farjon, 2008; Eckenwalder, 2009). *Papuacedrus* se distingue por el canal resinífero prominente, las bandas longitudinales de estomas y por la fusión apical de las hojas laterales con las faciales (Wilf *et al.*, 2009), caracteres aparentemente aquí presentes. El carácter poco acuminado del ápice de las hojas laterales, y las faciales acuminadas, sugieren que se trate de parte de una rama transicional (Wilf *et al.*, 2009). Entre los morfotipos previamente descritos en áreas próximas, la mayor afinidad está con las ramas de *Papuacedrus shenii* Zhou, descritos por Zhou & Li (1994b) y mencionados por Dutra (1997), sin descripción formal, ambos en niveles del Eoceno Inferior de la Fm. Fossil Hill. Las semejanzas se manifiestan en el heteromorfismo de las hojas laterales y faciales, estas últimas emergiendo aparentemente soldadas, de la porción apical de las laterales (Whang & Hill, 2000).

Familia: Podocarpaceae
(Fig.10)

Material: Fragmentos parciales de ramas vegetativas. FCDP/B126, FCDP/B127, FCDP/B128, FCDP/B129, FCDP/B130, FCDP/B131, FCDP/B132, FCDP/B133.



Fig. 10. FCDP/B126, FCDP/B130: Impresión de posible semilla alada y ramas vegetativas de Podocarpaceas.
Escala 1 cm.

Descripción: Porciones de ramas vegetativas lineares, finas y alargadas, preservadas como impresiones y carbonizaciones. Todas las muestras presentan un ancho de 1 mm, y su largo es variable entre 1,1 y 4,2 cm. Muestran un eje principal ramificado, con extensiones laterales insertadas en ángulos agudos, de modo alterno y bifacialmente aplanadas. Hojas de entre 1,5-2,5 x 1 mm, de arreglo espiralado, imbricadas y pegadas al tallo, con ápices agudos a obtusos libres, y base decurrente. Algunas de las muestras presentan bifurcaciones en ángulos agudos, y una de ellas se encuentra acompañada de una impresión de una posible semilla alada de 2,5 x 1,1 cm (FCDP/B126).

Discusión: En la Isla Rey Jorge, diferentes autores señalaron un conjunto de ramas con caracteres comparables entre los mencionados por Orlando (1964) y Czajkowski & Rösler (1986) para Fossil Hill y por Zastawniak (1981) para Mount Wawel, formación que guarda una gran semejanza a nivel estratigráfico con la formación de este estudio. Estas ramas han sido asignadas frecuentemente a dos taxones informales basados en el arreglo y tamaño de las hojas: *Podocarpus sensu lato* y *Dacrydium sensu lato* (Florin, 1931; de Laubenfels, 1969) y han sido descritas como *Podocarpus sp.l* por Li & Shen (1990), y como *Podocarpus tertiarius* por Zhou & Li (1994b). Varios de los ejemplares analizados en este trabajo, presentan similitudes con los géneros *Lepidothamnus* y *Dacrycarpus* debido a la presencia de hojas pequeñas, adpresas y de disposición aparentemente subopuesta, pero son una característica común a todas las podocarpaceas microfílicas (Fontes, 2008), por lo que no sería adecuado asignar las muestras a alguno de estos géneros sin estudios más minuciosos. Las ramas y hojas aisladas se conservan como impresiones, con parte del material orgánico original mantenido como compresiones carbonizadas (carbón vegetal), lo que sugiere su preservación por el recubrimiento de cenizas aún calientes (Manfroi *et al.*, 2015). Es complicado identificar a nivel genérico las formas de Podocarpaceae, debido a la similitud entre los géneros, principalmente entre aquellos con ramas dotadas de hojas pequeñas y escamosas, y la ausencia de preservación de los caracteres cuticulares, un elemento importante en el establecimiento de afinidades taxonómicas y condiciones

paleoambientales (Fontes, 2008). Las claves dicotómicas de uso botánico no especifican caracteres vegetativos macroscópicos, solo aspectos cuticulares o reproductivos y, por lo tanto, no son útiles en estos análisis (Quinn, 1982; Judd *et al.*, 1999).

Acmopyle sp. Pilger
(Fig.11)

Material: Fragmento parcial de rama vegetativa. (FCDP/B116)



Fig.11. FCDP/B116: Fragmento parcial de rama vegetativa y detalle de hojas. Escala en mm.

Descripción: Impresión de 5 x 2,2 cm, filotaxia opuesta, hojas de 12 mm x 2 mm, vena primaria 1-2 mm de largo. Base de la hoja decurrente y levemente imbricada, ápice agudo, afilado. Las hojas divergen en ángulos agudos moderados.

Discusión: *Acmopyle* es un género distintivo, caracterizado por tener las hojas aplanadas bilateralmente y dísticas en cada brote corto (Smith, 1979). Stockey y Ko (1988) examinaron la micromorfología cuticular de *A. pancheri*, y la encontraron muy distintiva en comparación con otras especies con aspecto de Podocarpaceae que examinaron. Zhou & Li (1994b) asignaron estos especímenes a *Acmopyle antarcticum*, basados en las similitudes morfológicas con *Phylliles* sp. 4, de las muestras de la Formación Cross Valley, Isla Seymour, del Paleoceno, por Dusen (1908). *Phylliles* sp. 4 fue posteriormente asignado a *A. antarcticum* por Florin (1940), basado en la fuerte similitud morfológica con *A. pancheri* (Brongn & Gris) Pilger.

3.3. Angiospermas

1. Hojas de márgenes enteros

1a². Hojas Pinnatilobadas

Orden: Proteales

Familia: Proteaceae

Stenocarpus sinuatus (A.Cunningham) Endl.

(Fig. 12)

Material: Fragmento de hoja pinnatilobada FCDP/B125.

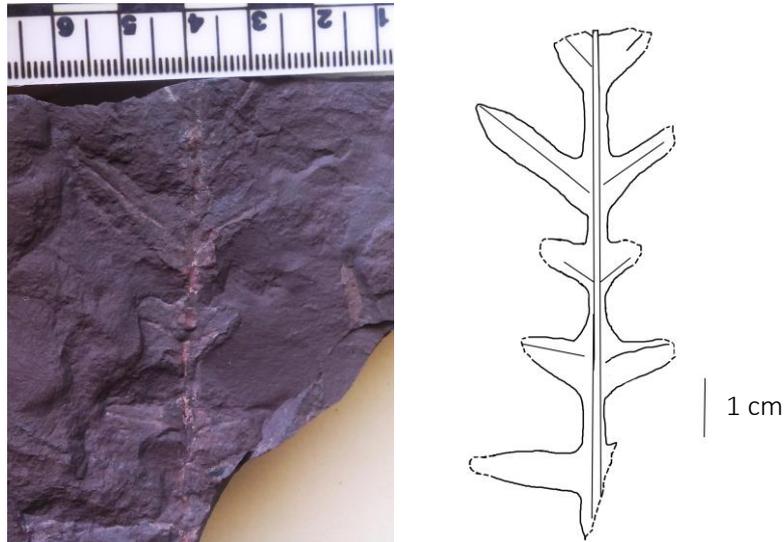


Fig.12. FCDP/B125: Impresión de *Stenocarpus sinuatus*. Escala 1 cm.

Descripción: La organización de la hoja parece simple, pinnatilobada, simétrica, de márgenes enteros. Los lóbulos divergen en ángulos agudos de 50° bastante uniformes y el espacio entre ellos es homogéneo. Vena primaria y secundarias robustas fuertemente marcadas. Las venas secundarias terminan en el ápice del lóbulo, el cual es redondeado a ligeramente angular. Largo de la lámina 8 cm, ancho máximo 4 cm, mínimo 1,5 cm.

Discusión: Las hojas pinnatilobadas de márgenes enteros no son discutidas específicamente por Hickey & Wolfe (1975) pero están presentes en varios órdenes incluyendo Fagales y Proteales. *Stenocarpus* se asemeja a las formas de *Lomatia* R.Br, otro género de la familia Proteaceae, dado que son géneros fuertemente emparentados, y han sido altamente reportados por tener una distribución a lo largo del hemisferio sur (Sudamérica, Australia, Tasmania) tanto en registros modernos como fósiles (Hill & Carpenter, 1991), pero se diferencian en que este último género presenta márgenes fuertemente dentados y lóbulos generalmente asimétricos al acercarse a la base. La morfología de margen entero pinnatilobado de *Stenocarpus sinuatus* se diferencia de todos los fósiles de angiospermas de las secuencias de la Península Antártica, ya que las formas lobadas son raras en el registro fósil y cuando están presentes, suelen ser dentadas (Hunt, 2001).

1a³. Hojas no lobadas
1b². Venación braquidódrroma

Morfotipo laurofílico
(Fig.13)

Material: Impresiones de láminas de hojas simples laurofílicas. FCDP/B143, FCDP/B151, FCDP/B152, FCDP/B153, FCDP/B154, FCDP/B155, FCDP/B156, FCDP/B157.

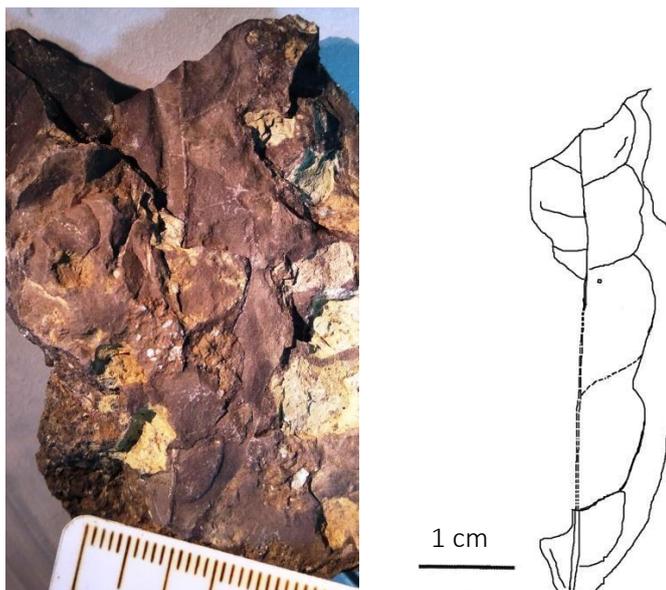


Fig.13. FCDP/B151: Impresión de hoja laurofílica parcialmente completa. Escala 1 cm.

Descripción: Fragmentos parciales de hojas aparentemente simples, de márgenes enteros y base cuneada, ápice tendiendo a agudo. Se aprecia una nervadura central bien definida, destacada y recta. Venación secundaria aparentemente braquidódrroma, de inserción opuesta y ángulos de divergencia amplios. Hojas de largo entre 2,2 y 5,5 cm, y ancho máximo entre 1,6 y 2,4 cm. El espacio internerval es muy homogéneo, solamente varía entre 0,4 y 0,6 cm. Presentan pequeños icnofósiles circulares sin patrón de disposición aparente, posiblemente causados por interacciones planta-artrópodo.

Discusión: Las hojas simples, de margen entero, con venación pinnada y venas secundarias braquidódromas, tendiendo a formar una vena intramarginal son comunes en muchos grupos de angiospermas, siendo en general englobadas en Magnoliídeas y, más específicamente en Laurales. Sin embargo, estos caracteres no son exclusivos de este grupo de angiospermas por lo que no es posible asignar un morfotipo foliar a un género particular de la familia Lauraceae (Hill, 1983). El escaso material y la preservación de estas impresiones imposibilitan el establecimiento de afinidades más precisas. Morfotipos de este estilo han sido tradicionalmente incluidos entre los laurofílicos y su presencia caracteriza las litologías más antiguas en la Isla Rey Jorge (Czajkowski & Rösler, 1986; Zastawniak, 1994; Dutra & Batten, 2000) por lo que se optó por clasificarlo como morfotipo laurofílico sin asignación taxonómica definida.

2. Hojas de márgenes dentados
2a³. Hojas de organización aparentemente simple

2b³. Hojas no lobadas

2c². Venación primaria pinnada

2d¹. Venación secundaria semi-craspedródroma

Dicotylophyllum sp.
(Fig.14)

Material: Fragmentos de láminas foliares parciales a completas. FCDP/B135, FCDP/B136, FCDP/B137, FCDP/B138, FCDP/B139, FCDP/B140, FCDP/B141, FCDP/B142.

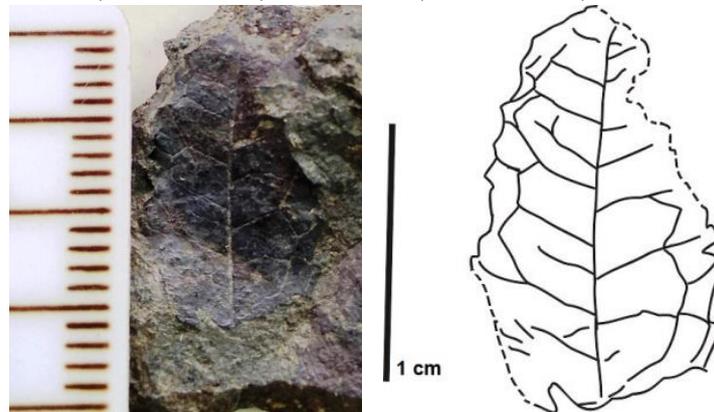


Fig.14. FCDP/B136: *Dicotylophyllum* sp. Escala en mm.

Descripción: Fragmentos parcialmente completos de hojas simples, ovadas a elípticas, simétricas, base convexa, margen fuertemente serrado a espinoso. Nervadura primaria pinnada bien definida y recta. Venación secundaria semi-craspedódroma. Espacio internerval uniforme entre 0,2 y 0,6 cm ($\bar{X}=0,35$ cm, n=8), se observan venas terciarias y en algunos casos, cuaternarias. Se halló un ejemplar del tipo nanófila y los restantes tipo micrófila, el área promedio de las láminas osciló entre 113 y 333mm². El largo visible de las láminas varió entre 1,7 y 3,2 cm ($\bar{X}= 2,49$ cm, n=8), ancho máximo varió entre 0,9 y 2,8 cm ($\bar{X}=1,59$ cm, n=8). Márgenes fuertemente serrados, disponiéndose hasta 3 dientes por cm de tipo cóncavo-convexo.

Discusión: La condición parcialmente completa del morfotipo descrito dificulta una inserción taxonómica más precisa dado que a su vez, presenta caracteres comunes a varias familias. Las hojas de márgenes dentados con venación secundaria semi-craspedódroma están presentes en órdenes como Fagales, Dilleniales, Proteales, Sapindales, y dentro de la subclase Rosidae (Hickey & Wolfe, 1975). Al mismo tiempo, las hojas semi-craspedódromas

son comunes tanto a Elaeocarpaceae como a Monimiaceae, y el carácter del margen con dientes marginales bien desarrollados es una característica de Celastraceae (Hickey y Wolfe, 1975). Czajkowski y Rosler (1986) sugirieron que material similar estaba relacionado con *Myrica* (Myricaceae) basado en comparaciones con Berry (1938) y Dusen (1908). Este tipo de hojas están presentes en Myricales, actualmente dentro del orden Fagales, lo que respalda las interpretaciones de Czajkowski y Rosler (1986). Por otro lado, Dutra (1997) en su trabajo preliminar con fósiles de la Isla Dufayel, atribuyó este morfotipo como un folíolo de Rosidea. En base a la forma distintiva del diente cóncavo-convexo, alta relación largo-ancho y venación semi-craspedódroma también podría tratarse de folíolos aislados de *Cupania* L. (Sapindaceae), según Dutra (1997) y Zastawniak (1981). La presencia de hojas gruesas, no onduladas, con venación pinnada semi-craspedódroma ligeramente irregular, ha sido atribuida además a *Monimiophyllum antarcticum* Zastawniak durante las Expediciones Antárticas Polacas entre 1978 y 1981 (Birkenmajer & Zastawniak, 1989 a,b). Como puede notarse, son varias las posibilidades de clasificación de este morfotipo, es por esto que se le atribuye la denominación *Dicotylophyllum*, ampliamente utilizada para formas y patrones foliares de angiospermas incluidas en Dicotiledoneae por Hickey & Doyle (1977), o Magnoliopsida, por Upchurch & Askin (1989), y Upchurch *et al.* (1994), junto con una atribución que aluda a la forma genérica moderna relacionada, seguida de la terminación *phyllum*.

2d². Venación secundaria craspedódroma

Orden: Fagales

Familia: Nothofagaceae Kuprian.

Nothofagus sp. Blume
(Fig.15)

Material: Impresiones de fragmentos de láminas foliares parciales a completas. FCDP/B110, FCDP/B111, FCDP/B112, FCDP/B113, FCDP/B114, FCDP/B115, FCDP/B194.



Fig 15. FCDP/B111: Fragmento parcialmente completo de *Nothofagus* sp. Escala en mm.

Descripción: Hojas simples, láminas ovadas a elípticas, simétricas, base convexa, margen crenado a serrado. Venación pinnada craspedódroma, las venas secundarias divergen con un curso recto, en ángulos de 40-45°, no se observan venas intersecundarias, ni venas terciarias o cuaternarias. Micrófilas de $\bar{X}=759,5 \text{ mm}^2$ (n=6). Largo de la nervadura $\bar{X}=3,5$ cm (n=6), ancho máximo visible de la lámina $\bar{X}=2,93$ cm (n=6), distancia entre nervaduras uniforme entre 0,4 cm y 0,8 cm. Presentan trazas pequeñas circulares sin patrón de disposición aparente.

Discusión: Las hojas de Nothofagaceae se caracterizan generalmente por una venación pinnada, craspedódroma, uniforme, venas secundarias relativamente rectas con ángulos agudos de divergencia, que terminan en el diente y venación terciaria percurrente (Hill, 1983). Presentan venación marginal fimbrial o de bucle y un margen serrado con dientes espinosos (Hill & Read, 1991). El curso casi recto de las venas secundarias, su anchura uniforme con pocas ramificaciones y la presencia de pliegues en la lámina entre cada una implicarían un carácter caducifolio (Philipson & Philipson, 1988). Una vena primaria sinuosa que se desvía luego de cada vena secundaria, suele estar presente (Hill, 1991). Este tipo arquitectónico de hoja se puede comparar con otros presentes especialmente en las floras cenozoicas de los diferentes continentes del sur (Dutra & Batten, 2000). Este morfotipo relacionado a *Nothofagus* presenta una ocurrencia abundante y dispersa en varias localidades de la Isla Rey Jorge, habiendo sido ya identificadas en numerosos trabajos anteriores, con elementos más o menos completos y no siempre atribuidos a una especie formal (Zastawniak, 1981; Zastawniak, 1994; Li, 1994; Dutra, 2000; Li & Zhen, 2007). Se encontraron especies diferentes dentro de los especímenes pero se requieren estudios más profundos para diferenciarlas.

Dicotylophyllum sp.
(Fig.16)

Material: Fragmentos de hojas simples con venación pinnada craspedódroma. FCDP/B144, FCDP/B145, FCDP/B146, FCDP/B147, FCDP/B148, FCDP/B149, FCDP/B150, FCDP/B196.



Fig.16. FCDP/B144: Fragmentos de hojas pinnadas craspedódromas. Escala 1 cm.

Descripción: Todos los fragmentos comparten la característica de tener márgenes serrados y hojas pinnadas de venación secundaria craspedódroma. El largo de las hojas varía entre 2,3 cm y 5,7 cm, ancho entre 1 cm y 1,8 cm, distancia internerval 2-6 mm.

El fragmento más representativo y parcialmente completo es FCDP/B144: hoja simple de 2,8 x 1 cm, simétrica, elíptica, con venación pinnada craspedódroma, distancia internerval 2–2,5 mm. Se observa venación terciaria. Márgenes serrados, francamente ondulados. Base aguda decurrente y ápice poco visible, posiblemente retuso.

Discusión: Así como en la categoría anterior, estas muestras presentan varios caracteres compartidos por una cantidad de familias de angiospermas, y a su vez algunos de estos ejemplares están tan fragmentados que no es posible asignar una clasificación taxonómica más certera. Es por esto que nuevamente utilizamos el epíteto *Dicotylophyllum sp.* y procedemos a discutir cada ejemplar individualmente.

En el caso de FCDP/B144 presenta similitud con el Morfotipo 2.33 descrito en Hunt (2001), debido al tipo de hoja simple, elíptica, venación pinnada craspedódroma, curso de la vena primaria recto, base aguda decurrente y márgenes serrados. A pesar de estas características distintivas no se encontraron similitudes con hojas modernas ni fósiles por comparación.

Los ejemplares FCDP/B145, FCDP/B146 y FCDP/B149 presentan caracteres similares a los de las hojas del género *Nothofagus* pero están bastante fragmentados como para permitir afirmarlo, por lo que sería necesario un tratamiento más afinado para asegurarlo.

Los ejemplares FCDP/B147, FCDP/B148 y FCDP/B150 presentan características típicas de angiospermas y una leve afinidad con el Morfotipo 2.29 definido por Hunt (2001) dado que son hojas ovadas a elípticas con márgenes serrados, con venación pinnada marcada y venación secundaria débil por lo que hacen falta más caracteres para su identificación.

Los fragmentos FCDP/B158 y FCDP/B159 se tratan de dos angiospermas indeterminadas acompañadas del helecho *T.shenii* discutido en la sección 3.1 de este trabajo.

En el caso de FCDP/B196 se observaron 2 fragmentos de angiospermas diferentes donde uno de ellos presenta similitud al morfotipo 2.23 de Hunt (2001) debido al tipo de hoja microfílica elíptica de apariencia simple con márgenes dentados diminutos; y el otro fragmento no está lo suficientemente completo como para asignar una afinidad taxonómica.

4. Discusión

Material analizado

Se corroboró al igual que en otras colecciones de macrofósiles de la Península Antártica y el sur de Sudamérica, que las muestras generalmente carecen de cutículas y venación de orden terciario o superior, características taxonómicas importantes para la identificación (Dilcher, 1974). El bajo índice de identificación se deriva del carácter incompleto de los restos, donde faltan caracteres morfológicos, tales como: aspecto del margen foliar, ápice y base, y de su registro en litologías que no permiten mucho contraste y dificultan su visualización. A menudo faltan descripciones detalladas de la arquitectura de la hoja para materiales provenientes de esta Formación y las descripciones suelen carecer de una base sistemática sólida. Además, faltan registros modernos detallados de las floras sudamericanas y las referencias más antiguas se remontan al siglo XIX, cuando las afinidades genéricas y familiares a veces eran cuestionables y las plantas a menudo se identificaban erróneamente como géneros del hemisferio norte (Wing *et al.*, 1999). Por lo tanto, falta una

base de datos sólida de caracteres morfológicos. Esto es particularmente pertinente cuando se describen taxones que tienen morfologías foliares similares como en angiospermas de las familias Lauraceae, Proteaceae y Nothofagaceae, que son extremadamente difíciles de diferenciar sin datos de cutícula (Hill, 2001), o como en gimnospermas de las familias Podocarpaceae y Araucariaceae (Cantrill, 1992) y a la hora de distinguir entre géneros de helechos de las familias Dicksoniaceae, Culcitaceae y Thyrsopteridaceae (Tryon & Tryon, 1982). Otro problema al que nos enfrentamos, fue la dificultad para determinar si el material que observamos se trata de una hoja simple o de un folíolo ya que no contamos con la presencia de pecíolo y a veces los márgenes están muy poco definidos. La ausencia de caracteres foliares de margen, base, o ápice es una realidad común en las macrofloras de la porción occidental de la península antártica y está probablemente relacionada a la proximidad con áreas sometidas a volcanismo activo durante gran parte de su historia evolutiva (Dusén, 1908; Tokarski, 1991; Zastawniak, 1981, 1994; Dutra & Batten, 2000).

Inferencias Paleoambientales

La flora del Eoceno de la Formación Fossil Hill analizada en este trabajo, mostró una gran afinidad con la flora de cuencas australes de América del Sur, especialmente las de Patagonia (Berry, 1928; Berry, 1938; Frenguelli, 1941; Dutra, 2004) y con elementos característicos de los bosques australes templados modernos como: Podocarpaceae, Nothofagaceae, y algunas Lauraceae y Proteaceae (Torres & Lemoigne, 1989; Askin, 1992; Zhou & Li, 1994b). Los taxones cálidos templados, junto con los relativamente tropicales, como Gunneraceae, Monimiaceae y Malvaceae (*Sterculia*), también han sido reportados en estos conjuntos florales (Orlando, 1964; Dettmann *et al.*, 1990; Askin, 1992), pero en este trabajo no se han identificado ejemplares.

El conjunto de ejemplares estudiados aquí, esencialmente recrea una vegetación de Nothofagus-Podocarpaceae-Thyrsopteridaceae con otras Angiospermas y Pteridofitas, que crecieron en climas templados (Askin, 2000), lo que sugiere que la flora era relativamente diversa y habría experimentado niveles de perturbación bajos o relativamente moderados (Poole *et al.*, 2001). Más hacia el tope de la secuencia de Fossil Hill y en lugares más distales, la diversidad floral aumenta con Pteridofitas (como Cyatheaceae, Dicksoniaceae y Osmundaceae), coníferas (Araucariaceae, Cupressaceae y Podocarpaceae) y angiospermas (como Nothofagaceae, Proteaceae, Myrtaceae, Araliaceae, Anacardiaceae y Cunoniaceae) representando bajos niveles de perturbación, por lo que dadas las condiciones de baja energía, habrían formado parte de una vegetación clímax local creciendo en un ambiente de prevolcanismo (Cantrill & Poole, 2012). La asociación de estas floras indica proximidad a las laderas de zonas altas, buena disponibilidad de humedad y temperaturas suaves (Hunt, 2001). La preservación de huellas de aves zancudas, junto con depósitos de areniscas gruesas y la limitada cantidad de material vegetal preservado aquí, proporcionan evidencia de un cuerpo de agua estancada que probablemente se manifestó como un sistema tranquilo de lagos con inundaciones estacionales (Cantrill & Poole, 2012). El registro previo de las huellas de aves y posibles grietas de resecaamiento (Dutra, 2004) para esta localidad, también sugiere un contexto de depósito en cuerpos de agua efímeros, bajo la influencia de pequeños deltas (Yan-bin, 1994). Los bosques polares australes habrían experimentado un

régimen de crecimiento único con largos períodos de oscuridad invernal y luz solar incidente de bajo ángulo casi continua durante los meses de verano (Poole *et al.*, 2001).

Nuevos modelos paleoambientales propuestos para floras de la Isla Rey Jorge sugieren que los cambios en la diversidad de asociaciones de plantas pueden interpretarse en términos de una comunidad dinámica de plantas en varios estados de sucesión (Poole *et al.*, 2001; Hunt, 2001). Para la secuencia a la que pertenece Fossil Hill, se propuso un escenario interlacunar fluviolacustre (Covacevich & Lamperein, 1970), con volcanismo piroclástico y estacional (Yan-bin, 1994; Xue *et al.*, 1996).

En el Cerro de los fósiles, los restos fósiles marcan el final de una sucesión volcánica y un momento de quiescencia probablemente más duradero (Fig. 17); allí las podocarpáceas suelen ser más raras y restringidas a formas de mayor tamaño foliar generalmente, como *Dacrycarpus tertiaris*, *Podocarpus* y *Microcachrys tetragona*, lo que sugeriría una condición desnuda de los suelos para esa edad (Poole *et al.*, 2001). La flora de angiospermas, excepto por el hecho de que las hojas fósiles de *Nothofagus* serían menos frecuentes (pero con longitudes mayores a 10 cm), es muy similar a aquella de carácter mixto presente en los niveles basales del Monte Wawel (Zastawniak, 1981; Troncoso, 1986; Dutra, 2004). A medida que los climas fríos del final del Cenozoico se manifestaron, el crecimiento de las formas dotadas de hojas mayores fue afectado, lo que facilitó su adaptación a las nuevas condiciones climáticas y paleogeográficas manifestadas a partir del final del Eoceno (Dutra, 2004).

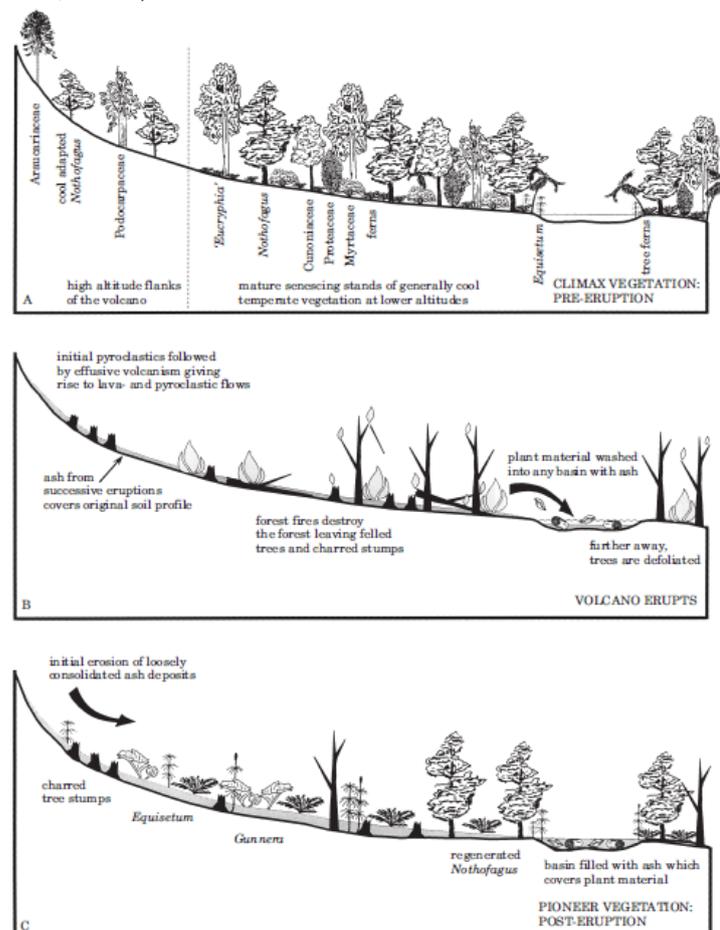


Fig. 17. Reconstrucción de una sucesión vegetal antes y después de una erupción volcánica (Poole *et al.*, 2001). A: vegetación clímax compuesta de elementos templados fríos, con algunos elementos templados más cálidos; B: momento de la erupción con depósitos de cenizas, incendios y movimientos tectónicos que devastan el paisaje circundante; C: vegetación pionera posterior a la erupción que, con el tiempo, volverá a la vegetación clímax.

Durante el Cretácico superior (60-70Ma) y el Terciario temprano, se sugiere que el clima de la Península Antártica fue relativamente suave y húmedo, con una falta de hielo significativo en las latitudes altas (Truswell, 1990; Askin, 1992; Francis, 1996). Se produjo un evento de enfriamiento entre el Cretácico superior y el Paleoceno medio, con temperaturas medias anuales de $8 \pm 15^{\circ}\text{C}$, (Askin, 1992; Zachos *et al.*, 1993; Dingle y Lavelle, 1998). La evidencia foliar de la Isla Rey Jorge (Birkenmajer & Zastawniak, 1989 a, b) y Seymour (Dusén, 1908; Case, 1988) sugiere que durante el Paleoceno predominó un clima templado fresco a templado con temperaturas medias anuales de $10 \pm 12^{\circ}\text{C}$ y precipitación media anual (MAT) de 2000 ± 4000 mm/año (Hunt, 2001). Con base en los datos de paleotemperatura marina superficial, la temperatura alcanzó su punto máximo en el Eoceno temprano y posteriormente disminuyó durante el Eoceno tardío (Dingle & Lavelle, 1998). Los episodios de frío sugeridos por Birkenmajer *et al.* (1986) y Birkenmajer & Zastawniak (1989 a,b) no parecen ser la única explicación para la sustitución temporal y la extinción de determinados grupos paleoflorísticos, exceptuando probablemente el del límite Eoceno-Oligoceno. Además de haber podido condicionar los cambios morfológicos y de fisionomía de las hojas, el volcanismo registrado hace 53-57 Ma y 41 Ma, parece haber sido el factor que produjo los efectos más profundos sobre la capacidad de la vegetación de recolonizar los ambientes y en la preservación de los restos (Pereira *et al.*, 2003). Ese segundo episodio de volcanismo, con edades variables entre 45 y 41 Ma, marcaría el surgimiento del arco de islas y los primeros movimientos y fallas transformantes que originaron la apertura del Estrecho de Drake y la formación de la Corriente Circumpolar Antártica (Frakes, 1999; Hill, 2004). Esto último, sumado a la caída de la temperatura y al aislamiento geográfico en relación a América, acabó por causar la extinción de estos grupos de floras a nivel local (Poole *et al.*, 2001; DeConto & Pollard, 2003). A principios del Oligoceno, se observa una caída masiva de la diversidad en el ensamblaje que es consistente con el deterioro del clima, la diversidad de Proteaceae también se redujo (Askin, 2000). Las floras más jóvenes sugieren una vegetación de tundra con al menos una especie de *Nothofagus*, una Conífera-Podocarpacea y algunas otras Angiospermas y Pteridofitas, algunas de las cuales aún sobreviven en las floras subantárticas y alpinas del sur (Hunt, 2001). En la Antártida Oriental, las mismas tendencias de diversidad decreciente desde el Eoceno al Oligoceno se registran mediante datos palinológicos y respaldan las interpretaciones del enfriamiento gradual hacia el límite Eoceno-Oligoceno (Zachos *et al.*, 2001).

Inferencias Biogeográficas

Algunos de los géneros aquí identificados han sido el foco en estudios biogeográficos. Para *Nothofagus*, Dettmann *et al.* (1990) y Askin (1990) sugirieron un centro de probable origen, y posterior dispersión, en áreas del norte de la Península durante el Campaniano (~80 Ma) y, su posterior migración para los otros continentes del hemisferio sur. Por otro lado, para *Papuacedrus*, su registro fósil y su moderna distribución constituyen un buen argumento para un origen y distribución de las Cupressaceae profundamente ligada a la ruptura de Gondwana (Mao *et al.*, 2012). Las características presentes en los fragmentos de *Papuacedrus*, confirman su probable condición de constituir el más antiguo registro conocido para el género y, junto con las formas eocénicas de la propia Península y Patagonia, un origen de la subfamilia Callitroideae en áreas occidentales del sur de Gondwana, con posterior migración al sector oriental (Bastos *et al.*, 2013). Los análisis filogenéticos de Quinn & Price (2003), además apoyan que *Papuacedrus* habría sido la forma

Callitroidea que primero divergió, en un tiempo que se siguió a la individualización entre las Taxodiaceae (Sciadopityaceae) y Cupressaceae. La permanencia de *Papuacedrus* hasta el inicio del Eoceno en Gondwana Occidental, demuestra su importante papel en la evolución de las Cupressaceae australes, y para los modelos biogeográficos, atestiguando que existían tierras continuas hasta ese momento entre Antártida, América del Sur y Australasia.

Conclusiones

Determinar la afinidad taxonómica de helechos, gimnospermas y angiospermas fósiles no es tarea fácil, principalmente cuando los especímenes se restringen apenas a material vegetativo y a restos de hojas incompletos y, además de esto, se conservan como impresiones o compresiones carbonizadas. Por estos motivos, se optó por su tratamiento a través de grupos morfológicos, estableciendo afinidades con formas anteriormente descritas para el registro, y con floras fósiles y actuales, siempre que hubiese cierto grado de seguridad. Se corroboró que dentro de los sedimentos volcanoclásticos del Eoceno Medio de Fossil Hill, en la Isla Rey Jorge se conservan abundantes plantas fósiles. Estas representan los restos de vegetación en crecimiento antes del inicio de la glaciación cenozoica, durante un período de climas cálidos a nivel global con bajos niveles de perturbación, por lo que habrían formado parte de una vegetación clímax en un ambiente de prevolcanismo. Asimismo se encontraron ejemplares con icnofósiles ocurriendo comúnmente en las láminas de las hojas pertenecientes al género *Nothofagus* y aquellas pertenecientes al morfotipo laurofílico. Las trazas representan una fuente de datos paleoambientales para esta localidad y serían interpretadas como evidencia de interacciones planta-artrópodo, e interacciones planta-hongo.

Se identificaron 141 ejemplares de helechos representantes de las familias Gleicheniaceae, Thyrsopteridaceae, y el género extinto *Scleropteris*. Dentro de gimnospermas se identificaron 12 ejemplares, representantes de las familias Podocarpaceae y Cupressaceae. Para angiospermas se identificaron 32 ejemplares representantes de las familias Proteaceae, Nothofagaceae, posibles miembros de Lauraceae (morfotipo Laurofílico), y varios representantes del morfotipo *Dicotylophyllum*, epíteto utilizado para cuando la afinidad taxonómica no es del todo clara. Se encontraron algunos ejemplares a los que no se les pudo establecer una afinidad taxonómica pero de todas maneras se dejó registro de su descripción para futuros trabajos y comparaciones. Será necesario realizar trabajos en mayor profundidad, complementando con estudios palinológicos, para determinar ciertas afinidades taxonómicas y afinar aún más la aproximación a géneros y especies.

Se logró cumplir con los objetivos del trabajo, obteniendo varios resultados ya esperados y algunas novedades como el registro de *Scleropteris* sp., *Acmopyle* sp., *Papuacedrus* sp. y *Stenocarpus sinuatus*, especímenes escasamente reportados para la localidad de Cerro de los Fósiles, que se lograron identificar, en su mayoría, gracias a la comparación con especímenes actuales.

De lo expuesto, se resalta el importante papel de las floras antárticas para el conocimiento de los procesos evolutivos, paleoambientales, paleogeográficos, y paleoclimáticos de las altas latitudes del sur y su relación con los ocurridos en otras regiones de Gondwana.

Este trabajo constituye el primer trabajo de Grado realizado en Uruguay, sobre la identificación de floras fósiles Antárticas y se espera que sea un promotor de futuros trabajos que continúen con esta rica línea de investigación.

Agradecimientos

A mamá y papá, que siempre han sido mi motor, siempre han estado pendientes de mí, han sido ellos quienes promovieron mi educación y me inculcaron el gustito por el estudio y el trabajo duro. Por ellos soy quien soy y llegué a donde estoy gracias a todos sus sacrificios.

A la tía, que ha sido siempre una segunda mamá, y siempre ha estado ahí para mí.

A la abuela por haber formado parte de mi crianza, por su sopita antes de ir a la escuela mientras veíamos la tele, por sus charlas sin tabúes y su amor incondicional.

A mi abuelo, mi madrina, mi padrino, tíos y primos que de una u otra manera me han acompañado en este camino.

A los amigos que me acompañaron en toda esta travesía, en las buenas, en las malas, y siempre dieron para adelante.

A mi orientador y co-orientador, Mariano Verde y Andrés Rossado, por su guía y paciencia durante este arduo proceso.

A los demás integrantes del Tribunal Daniel Perea y Gloria Daners por aceptar participar en la evaluación y brindarme grandes consejos para mejorar este trabajo.

A Daniel Perea, Mariano Verde, Felipe Montenegro, Pablo Toriño, Fernanda Cabrera, Elizabeth Morosi y Andrés Batista por la colecta de las muestras en la Isla Rey Jorge.

A la 3ª EVIIA, por haberme permitido cumplir un sueño al vivir la experiencia Antártica.

A aquellos que ya no están pero formaron parte indispensable de mi vida, y,
como permite ver esta tesis:

Donde hubo vida, impresiones quedan.

Referencias

Askin, R. A. 1990. Campanian to Paleocene spore and pollen assemblages of Seymour Island, Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 65: 105-113.

Askin, R.A. 1992. Late Cretaceous-early Tertiary Antarctic outcrop evidence for past vegetation and climates, in *The Antarctic Paleoenvironment: A Perspective on Global Change: Part One*, Antarct. Res. Ser., vol. 56, edited by J. P. Kennett and D. A. Warkne, pp. 61-73, AGU, Washington, D.C.

Askin, R.A., Raine, J.I. 2000. Oligocene and early Miocene terrestrial palynology of the Cape Roberts drillhole CRP-2/2A, Victoria Land Basin, Antarctica. *Terra Antarctica* 7(4):493–501.

Barker, P.F., Barrett, P.J., Cooper, A.K., Huybrechts, P. 1999. Antarctic glacial history from numerical models and continental margin sediments. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 150: 247-267.

Barron, B., Larson, B., Baldauf, J.G. 1991. Evidence for late Eocene to early Oligocene Antarctic glaciation and observations on late Neogene glacial history of Antarctica: Results from Leg 119. *Proceedings of the Ocean Drilling Program Scientific Results* 119: 869-891.

Barton, C.M. 1961. The geology of King George Island. *Falkland Islands Dependencies Survey, Preliminary Report*, v. 12, p. 1-18.

Barton, C.M. 1965. The Geology of South Shetland Islands. III. The stratigraphy of King George Island. *Scientific Reports of the British Antarctic Survey*, 44: 1-33.

Bastos, B., Dutra, T., Wilberger, T., Trevisan, C. 2013. A late cretaceous flora from Nelson Island, south Shetland Islands, Antarctic Peninsula. *Revista Brasileira de Paleontologia*. 16. 10.4072/rbp.2013.3.06.

Berry, E.W. 1928. Tertiary fossil plants from the Argentine Republic. *Proceedings of the United States Natural Museum*, 73 (22):1-27.

Berry, E. W. 1938. Tertiary flora from the Rio Pichileufú. Argentina. *GSA Special Papers*. 12:1- 140.

Birkenmajer, K., Delitala, M.C., Narebski, W., Nicoletti, M., Petrucciani, C. 1986. Geochronology of Tertiary island-arc volcanics and glacial deposits, King George Island South Shetland Islands (West Antarctica). *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 3(34):257-273.

Birkenmajer, K. 1987. Oligocene-Miocene glacio-marine sequences of King George Island (South Shetland Islands), Antarctica. *Palaeontologia Polonica*, 49, 9-36.

Birkenmajer, K., Zastawniak, E. 1989a. Late Cretaceous–early Tertiary floras of King George Island, West Antarctica: their stratigraphic distribution and paleoclimatic significance. In: J.A. Crame (ed.) *Origins and evolution of the Antarctic biota*. Geological Society Special Publication 47: 227–240.

Birkenmajer, K. & Zastawniak E. 1989b. Late Cretaceous- Early Neogene Vegetation History of the Antarctic Peninsula Sector, Gondwana Break-up and Tertiary Glaciations. *Bull. Polish Acad. Sci., Earth Sci.* 37:63-88

- Birkenmajer, K. 1997. Tertiary glacial/interglacial palaeoenvironments and sea-level changes, King George Island, West Antarctica. An overview. *Bull. Pol. Acad. Sci. Earth Sci.*, 44, 157–181.
- Birkenmajer, K., Gazdzicki, A., Krajewski, K.P., Przybycin, A., Solecki, A., Tatur, A., Yoon, H.I. 2005. First Cenozoic glaciers in West Antarctica. *Pol. Polar Res.* 26, 3–12.
- Burnham, R.J. & Spicer, R.A. 1986. Forest litter preserved by volcanic activity at El Chichón, Mexico: A potentially accurate record of the pre-eruption vegetation. *Palaios* 1: 158-161.
- Cantrill, D.J. 1992. Araucarian foliage from the Lower Cretaceous of southern Victoria, Australia. *International Journal of Plant Sciences*, 153(4), 622-645.
- Cantrill, D.J. 2000. A Cretaceous macroflora from a freshwater lake deposit, President Head, Snow Island, Antarctica. *Palaeontographica Abteilung B*, 253, 153-191.
- Cantrill, D.J. & Poole, I. 2002. Cretaceous to Tertiary patterns of diversity changes in the Antarctic Peninsula. In: Owen AW & JA Crame (eds) *Palaeobiogeography and Biodiversity Change: A Comparison of the Ordovician and Mesozoic-Cenozoic Radiations*, Geological Society of London Special Publication, London 194:141-152.
- Cantrill, D.J. & Poole, I. 2012. *The Vegetation of Antarctica Through Geological Time*. Cambridge University Press, New York (480 pp).
- Cao, L. 1992. Late Cretaceous and Eocene palynofloras from Fildes peninsula, King George Island (South Shetland Island), Antarctica. In: YOSHIDA, Y.; KAMINUMA, K.; AND SHIRAIISHI, K (Eds.). *Recent Progress in Antarctic Earth Science*. Tokyo: Terra Scientific Publishing Company, p. 363-369.
- Case, J.A. 1988. Paleogene floras from Seymour Island, Antarctic Peninsula. In: R.M. Feldmann and M.O. Woodburne (eds) *Geology and paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula*. Geological Society of America, Memoir 169: 523–530.
- Covacevich, V. & Lamperein, C. 1970. Hallazgos de icnitas en península Fildes, isla Rey Jorge, archipiélago Shetland del Sur, Antartica. *Ser. Cient. INACH.* 1: 55-74.
- Czajkowski, S. & Rösler, O. 1986. Plantas fósseis da Península Fildes, Ilha Rei Jorge (Shetlands do Sul): morfografia das impressões foliares. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 58:99-110.
- DeConto, R.M. & Pollard, D. 2003. Rapid Cenozoic glaciation of Antarctica induced by declining atmospheric CO₂. *Nature*, 421, 245-249.
- De Laubenfels, D. J. 1969. A revision of the Malesian and Pacific rainforest conifers. I. Podocarpaceae, in part. *Journal of the Arnold Arboretum* 50, 274-367.
- De Salvo, A. 1998. *Paralelo 62º, Uruguay en la Antártida*. Archivo General de la Nación – Centro de Difusión del Libro. ISBN: 9974-7518-9-6
- Dettmann, M.E, Pocknall D.T, Romero, E.J., Zamaloa, M. 1990. *Nothofagidites Erdtman ex Potonié, 1960; a catalogue of species with notes on the paleogeographic distribution of Nothofagus B1. (Southern Beech)*. *Paleontological Bulletin of the New Zealand Geological Survey*, 60 : 1-79.

- Dilcher, D. L. 1974 Approaches to the identification of angiosperm leaves. *The Botanical Review* 40(1).
- Dingle, R.V., Lavelle, M. 1998. Antarctic Peninsula cryosphere: Early Oligocene (ca. 30 Ma) initiation and a revised glacial chronology. *Geological Society (London) Journal* 155:433–437.
- Dusén, P. 1908. *Über die tertiäre flora der Seymour-Insel*. Alexander Doweld.
- Dutra, T. L. 1997 Composição e História da Vegetação do Cretáceo e Terciário da Ilha Rei George, Península Antártica. Curso de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Tese de Doutorado, 488 p., 2 anexos.
- Dutra, T. L. 2000. *Nothofagus* no noroeste da Península Antártica. II. Paleoceno Superior- Eoceno inferior. *Revista da Universidade de Guarulhos, Geociências* 5 (X REUNIÃO DE PALINÓLOGOS E PALEOBOTÂNICOS), Número Especial : 131 – 136.
- Dutra, T.L. 2001. Paleoflora da ilha 25 de Mayo, Península Antártica: Contribuição à paleogeografia, paleoclima e para a evolução de *Nothofagus*. *Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial (Argentina)* 8: 29-37.
- Dutra, T.L. 2004. Paleofloras da Antártica e sua relação com os eventos tectônicos e paleoclimáticos nas altas latitudes do Sul. *Rev. Bras. Geosci.* 34 (3), 401–410.
- Dutra, T. & Batten, D. 2000. Upper Cretaceous floras of King George Island, West Antarctica and their palaeoenvironmental and phytogeographic implications. *Cretaceous Research*, 21, 181-209.
- Dutra, T. L., Leipnitz, B., Faccini, U. F., Linder Mayer, Z. 1996. A non-marine Upper Cretaceous interval in West Antarctica (King George Island, northern Antarctic Peninsula). *SAMC (South Atlantic Mesozoic Correlations) News* 5, 21–22.
- Eckenwalder, J. E. 2009. *Conifers of the World*. Portland, OR: Timber Press. ISBN 978-0-88192-974-4.
- Farjon, A. 2008. *A Natural History of Conifers*. Portland, OR: Timber Press.
- Fisch, F. 2009. Taxonomía e contexto geológico da Taoflora da Ilha King George, Península Antártica.
- Florin, C.R. 1931. Untersuchungen zur Stammesgeschichte der Coniferales und Cordaitales, I. Morphologie und Epidermisstruktur der Assimilationsorgane bei den rezenten Koniferen. *Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademia Handlingar*, 10(3):1-588.
- Florin, C.R. 1940. The Tertiary fossil conifers of South Chile and their phytogeographical significance. *Kungliga Svenska Vetenskaps-Akademia Handlingar*, series III, 19(2):1-107
- Flower, B.P. 1999. Cenozoic deep-sea temperatures and polar glaciation: the oxygen isotope record. *Terra Antarctica Reports* 3: 27-42.
- Fontes, D. 2008. Registro Fóssil de Podocarpaceae na ilha King George e sua relação com os eventos paleoclimáticos e paleoambientais. Dissertação (Mestrado em Geologia) 175 p. Universidade do Vale do Rio dos Sinos.

- Fontes, D. & Dutra, T.L. 2010. Paleogene imbricate-leaved podocarps from King George Island (Antarctica): assessing the geological context and botanical affinities. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 13(3):189-204
- Frakes, L. A. 1999. Evolution of Australian environment. In: Orchard, A. E. (Ed.). *Flora de Australia*. v.1, p. 163-203.
- Francis, J.E. 1996. Antarctic palaeobotany: Clues to climate change. *Terra Antarctica* 3: 135-140.
- Francis, J.E. 1999. Evidence from fossil plants for Antarctic palaeoclimates over the past 100 million years. *Terra Antarctica Reports* 3: 43–52.
- Francis, J.E., Ashworth, A., Cantrill, D.J., Crame, J.A., Howe, J., Stephens, R., Tosolini, A.M., Thorn, V. 2007. "100 Million Years of Antarctic Climate Evolution: Evidence from Fossil Plants". Related Publications from ANDRILL Affiliates. 3.
- Francis, J.E, Marensi, S., Levy, R., Hambrey, M., Thorn, V.T., Mohr, B., Brinkhuis, H., Warnaar, J., Zachos, J., Bohaty, S., DeConto, R. 2009. From Greenhouse to Icehouse–The Eocene/ Oligocene in Antarctica. *Developments in Earth & Environmental Sciences*, 8.
- Frenguelli, J. 1941. Nuevos elementos florísticos del Magellánico de Patagonia Austral. *Notas del Museo de La Plata*, 6(30):173-202.
- Fuenzalida, H., Araya, R., Hervé, F. 1972. Middle-Jurassic flora from north-eastern Snow Island, South Shetland Islands. En: Adie, R. J. (Eds.) *Antarctic Geology and Geophysics - Symposium on Antarctic Geology and Solid Earth Geophysics*. Oslo, august 1970. Universitetsforlaget, p. 93- 97.
- Gee, C.T. 1989. Revision of the Late Jurassic/Early Cretaceous flora from Hope Bay, Antarctica. *Palaeontographica*. 213 B, 149-214.
- Halle, T.G. 1913. The Mesozoic flora of Graham Land. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Südpolar-Expedition 1901-1903*, 3(14):1-123.
- Harris, T.M., 1961. The Yorkshire Jurassic Flora. In: *Thallophyta-Pteridophyta*, vol. I. British Museum (Natural History), London.
- Hawkes, D. D. 1961. The Geology of the South Shetland Islands. I. The petrology of the King George Island. *Science Reports Falkland Island Department Survival*, v.26, p.1-28.
- Hayes, P. 1999. Cretaceous angiosperm floras of Antarctica. Ph.D. Thesis, University of Leeds, 1-310.
- Hayes, P.A., Francis, J.E., Cantrill, D.J. 2006. Palaeoclimate of Late Cretaceous Angiosperm leaf floras, James Ross Island, Antarctic. In *Cretaceous-Tertiary High Latitude Palaeoenvironments, James Ross Basin.*, eds. J. E. Francis, D. Pirrie, and J. A. Crame, Geological Society London Special Publication 258:49-62.
- Hickey, L.J. & Wolfe, J.A. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: vegetative morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 62(3):538-589.
- Hickey, L. J. & Doyle, J. A. 1977. Early Cretaceous fossil (evidence for angiosperm evolution). *Botanical Review*, 43, v. 3, p.104.

- Hill, R. S. 1983. Evolution of *Nothofagus cunninghamii* and its relationship to *N. moorei* as inferred from Tasmanian macrofossils. *Australian Journal of Botany*, n.31, p. 453- 465.
- Hill, R.S. 1991. Tertiary *Nothofagus* (Fagaceae) macrofossils from Tasmania and Antarctica and their bearing on the evolution of the genus. *Botanical Journal of the Linnean Society* 105,73-112.
- Hill, R. 2001. The Cenozoic macrofossil record of the Cupressaceae in the Southern Hemisphere. *Acta Palaeobotanica*, 41:123-132.
- Hill, R. S. 2004. Origins of the southeastern Australian vegetation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, v. 359, p. 1537-1549.
- Hill, R.S. & Carpenter, R.J. 1991. Evolution of *Acmopyle* and *Dacrycarpus* (Podocarpaceae) foliage as inferred from macrofossils in south-eastern Australia. *Australian Systematic Botany*, 4:449-79.
- Hill, R. S., & Read, J. 1991. A revised infrageneric classification of *Nothofagus* (Fagaceae). *Botanical journal of the Linnean Society*, 105(1), 37-72.
- Holttum, R. E. 1963. Cyatheaceae, *Flora Malesiana*, Ser. II, 1: 65-176.
- Hunt., R.J. 2001. Biodiversity and palaeoecological significance of Tertiary fossil floras from King George Island, West Antarctica.
- Hunt, R.J. & Poole, I. 2003. Paleogene West Antarctic climate and vegetation history in light of new data from King George Island. In: Wing SL, PD Gingerich, B Schmitz & E Thomas (eds) *Causes and consequences of globally warm climates in the early Paleogene* 369: 395-412. Geological Society of America, Boulder, USA.
- Izaguirre, I. & Mataloni, G. 2000. Antártida, descubriendo el continente blanco. Editorial Del Nuevo Extremo.
- Johnson, K.R. 1989. A high resolution megafloral biostratigraphy spanning the Cretaceous-Tertiary boundary in the northern Great Plains. Unpublished Ph.D. dissertation, Yale University.
- Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., Donoghue, M. J. 1999. Plant systematics: a phylogenetic approach. *Ecologia mediterranea*, 25(2), 215.
- Korall, P., Pryer, K.M., Metzgar, J.S., Schneider, H., Conant, D.S., 2006. Tree ferns: Monophyletic groups and their relationships as revealed by four protein-coding plastid loci. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 39, 830-845.
- Lehtonen, S. 2011. Towards resolving the complete fern tree of life. *PLoS ONE* 6(10): e24851.

Li, Z. & Liu, X. 1991. The geological and geochemical evolution of Cenozoic volcanism in central and southern Fildes Peninsula, King George Island, South Shetland Islands. In: M.R.A. THOMSON, J.A. CRAME, AND J.W. THOMSON (Eds.). Fifth International Symposium. Antarctic Earth Science, Geological Evolution of Antarctica, Proceedings, 487-491.

Li, Z.; Liu, X.; Zheng, X.; Jin, Q., Li, G. 1989. Tertiary volcanism and formation of volcanic rocks in the Fildes Peninsula, King George Island, Antarctic. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANTARCTIC RESEARCH, 1, 1989. Proceedings, Hangzhou, p. 114-118.

Li, H. 1994. Early Tertiary Fossil Hill flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. In: Shen Y (ed) Stratigraphy and palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island. State Antarctic Committee Monograph 3, p. 133-171

Li, H. & Shen, Y. 1990. A primary study of Fossil Hill flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. *Acta Paleontologica Sinica*, v. 2, n. 29, p. 147-153.

Li, H., & Zhen, Z. 2007. Fossil nothofagaceous leaves from the Eocene of western Antarctica and their bearing on the origin, dispersal and systematics of *Nothofagus*. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 50(10), 1525-1535.

Liu, C. 1992. Paleomagnetism of the Late Cretaceous and Early Tertiary rocks from Fildes Peninsula, West Antarctica, and its geotectonic significance. *Antarctic research (Chinese edition)*, 3(1): 40-49.

Liu X.D., Sun, L., Yin, X.B., Zhu, R., Xie, Z.Q., & Wang, Y.H. 2005. A preliminary study of elemental geochemistry and its potential application in Antarctic seal palaeoecology. *Geochemical Journal*, 39(1): 47-59.

Lyra, C.S. 1986. Tertiary sediment palynology at Fildes Peninsula, King George Island, South Shetland Islands, and some paleoenvironmental considerations. *Anais do Academia Brasileira do Ciencias*. 58(1-Suppl.): 137-147.

Manfroi, J., Uhl, D., Guerra-Sommer, M., Francischini, H., Martinelli, A. G., Soares, M. B., Jasper, A. 2015. Extending the database of permian palaeo-wildfire on Gondwana: charcoal remains from the Rio do Rasto Formation (Paraná Basin), middle permian, Rio Grande do Sul State, Brazil. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 436, 77-84.

Mao, K., Milne, R.I., Libing, Z., Yanling, P.; Jianquan L., Thomas, P.; Mill, R.R.; Renner, S.S. 2012. Distribution of living Cupressaceae reflects the breakup of Pangea. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. doi:10.1073/pnas.1114319109

Masquelin, E.; Perea, D.; Verde, M.; Guerequiz, R.; Sienna, M. 2004. Cuencas Sedimentarias de Uruguay. Número de volúmenes: 2 Edición: Editorial: DIRAC, Montevideo. ISSN/ISBN: 002389

Maxon, W. R. 1922. The genus *Culcita*. *Jour. Wash. Acad. Sci.* 12: 454-460.

Miller, K.G., Fairbanks, R.G., Mountain, G.S. 1987. Tertiary oxygen isotope synthesis, sea-level history and continental margin erosion. *Paleoceanography* 2. 1-19.

- Orlando, H.A. 1964. The fossil flora of the surroundings of Ardley Peninsula (Ardley Island), 25 de Mayo Island (King George Island) South Shetland Islands. In: Adie RJ, ed. Antarctic geology. Amsterdam: North Holland Publishing Company, 629-636.
- Palma-Heldt, S. 1987. Estudio palinológico en el Terciario de las Islas Rey Jorge y Brabante, Territorio Insular Antártico. *Série Científica del Instituto Antártico Chileno*, v. 36, p. 56-71.
- Park, B.K. & Jwa, Y.J. 1991. Potassium-argon radiometric ages of volcanic rocks from the Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. *Journal of the Geological Society of Korea*, 27(4): 409-415.
- Perea, D., Masquelin, H., Verde, M., Guerequiz, R. 2001. Estratigrafía y paleontología de Fossil Hill, Peninsula Fildes, Isla Rey Jorge, Antártida: un nuevo aporte. v:7. p. 49-55.
- Pereira, F.; Dutra, T. L.; Almeida, D. P. M. 2003. Ambientes Vulcânicos Associados à Paleoflora no Cretáceo e Terciário da Ilha Rei George, Antártica. p. 387-410. In: RONCHI, L. H. & ALTHOFF, J. (orgs). *Caracterização e Modelamento de Depósitos Minerais*. Ed. Unisinos, 441 p.
- Philipson, W.R. & Philipson, M.N. 1988. A classification of the genus *Nothofagus* (Fagaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 98:27-36.
- Poole, I., Hunt, R.J., Cantrill, D.J. 2001. A fossil wood flora from King George Island: ecological implications for an Antarctic Eocene vegetation. *Ann Bot.* 88:33-54.
- Poole, I., Cantrill, D.J., Utescherd, T. 2005. A multi-proxy approach to determine Antarctic terrestrial palaeoclimate during the Late Cretaceous and Early Tertiary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 222:95-121.
- PPG, I., 2016. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution* 54 (6), 563-603.
- Quinn, C.J. 1982. Taxonomy of *Dacrydium* Sol. ex Lamb. emend. De Laub. (Podocarpaceae). *Australian Journal of Botany*, 30:311-320
- Quinn, C.J. & Price, R.A. 2003. Phylogeny of the Southern Hemisphere Conifers. *Acta Horticulturae*, 615:129-136.
- Reguero, M., Goin, F.; Hospitaleche, C.A.; Dutra, T.; Marensi, S. 2013. *Late Cretaceous/paleogene West Antarctica terrestrial biota and its intercontinental affinities*. Springer Briefs in Earth System Sciences, pp. 55-65, DOI 10.1007/978-94-007-5491-1.
- Saporta, G. 1873. *Paléontologie française ou description des fossiles de France, plantes jurassiques 2. Cycadées*. Paris, 222 pp.
- Schuettpelz, E. & Pryer, K. 2009. Evidence for a Cenozoic radiation of ferns in an angiosperm-dominated canopy. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 106. 11200-5. 10.1073/pnas.0811136106.

Shi, G., Li, H., Leslie, A.B., Zhou, Z. 2018. Araucaria bract-scale complex and associated foliage from the early-middle Eocene of Antarctica and their implications for Gondwanan biogeography, *Historical Biology*, DOI:10.1080/08912963.2018.1472255

Smith, A. C. 1979. *Flora Vitiensis Nova* Vol. 1. (Pacific Tropical Botanical Garden: Hawaii)

Smith, A.R., K. M. Pryer, E. Schuettpelz, P. Korall, H. Schneider, P. G. Wolf. 2006. "A classification for extant ferns". *Taxon* 55(3), 705-731

Sosa, V., Ornelas, J.F., Ramírez-Barahona, S., Gándara, E., 2016. Historical reconstruction of climatic and elevation preferences and the evolution of cloud forest-adapted tree ferns in Mesoamerica. *PeerJ* 4, e2696.

Stockey, R. A., & Ko, H. 1988. Cuticle micromorphology of some New Caledonian podocarps. *Botanical Gazette* 149, 240-52.

Tokarski, A.K. 1991. The Late Cretaceous-Cenozoic structural history of King George Island, South Shetland Islands, and its plate-tectonic setting. In: Thomson, M. R. A., Crame, J.A. & Thomson, J. W. *Geological Evolution of Antarctica*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 493-498.

Torres, G. T. 1990. Étude paléobotanique du Tertiaire des Isles Roi Georges et Seymour, Antarctique. Thèse de Doctorat (Inédit), Université Claude Bernard, Lyon, 2 volumes, 290 pp., 40 pls.

Torres, T. & Lemoigne, Y. 1989. Hallazgos de maderas fósiles de Angiospermas y Gimnospermas Cretácico Superior en punta Williams, isla Livingston, islas Shetland del Sur, Antártica. *Serie Científica Instituto Antártico Chileno*, 39: 9-29.

Torres, T. & Méon, H. 1990. Estudio palinológico preliminar de Cerro Fósil, Península Fildes, Isla Rey Jorge, Antártica. *Serie Científica del Instituto Antártico Chileno*, v. 40, p. 21-39.

Torres, T. & Méon, H. 1993. Lophosoria del Terciario de isla Rey Jorge y Chile Central: origen y dispersión en el hemisferio Sur. *Serie Científica Instituto Antártico Chileno* 43: 17-30.

Trevisan, C. 2011. Fósseis de pteridófitas das ilhas King George e Nelson: afinidade taxonômica e importância no contexto deposicional e do clima nas áreas setentrionais da Península Antártica.

- Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Dissertação de Mestrado, 44 p.
- Troncoso, A. 1986. Nuevas órgano-especies en la taoflora Terciaria Inferior de península Fildes, isla Rey Jorge, Antártica. *Serie Científica Instituto Antártico Chileno* 34: 23-46.
- Truswell, E. M. 1990. Cretaceous and Tertiary Vegetation of Antarctica: A palynological perspective. En: T. N. Taylor. & E. L. Taylor (Eds.) *Antarctic Paleobiology, its role in the reconstruction of Gondwana*, Springer-Verlag, pp. 71-88.
- Tryon, R.M. & Tryon, A.F. 1982. *Ferns and Allied Plants with Special Reference to Tropical America*. Springer, New York.
- Upchurch, G.R. & Askin, A.R. 1989. Latest Cretaceous and earliest Tertiary dispersed plant cuticles from Seymour Island. *Antarctic Journal of the United States*, 24:7-10.
- Upchurch, G. R., Crane, P. R., Drinnan, A. N. 1994. *The megafloora from the Quantico locality (Upper Albian), lower cretaceous Potomac group of Virginia*. Virginia Museum of Natural History.
- Warny, S., Kymes, C.M, Askin, R.A., Krajewski, K.P., Bart, P.J. 2016. Remnants of Antarctic vegetation on King George Island during the early Miocene Melville Glaciation. *Palynology* 40(1):66–82
- Whang, S. S & Hill. R.S. 2000. *Dacrycarpus (Podocarpaceae) macrofossils from Miocene Sediments at Elands, Eastern Australia*. *Australian Systematic Botany*, v. 13, p. 395-408.
- Wilf, P.; Little, S.A.; Iglesias A.; Zamalao, M.C.; Gandolfo, M.A.; Cúneo, N.R. & Johnson, K.R. 2009. *Papuacedrus (Cupressaceae) in Eocene Patagonia, a new fossil link to Australasian rainforests*. *American Journal of Botany*, 96:2031-2047.
- Wing, S., Wilf, P., Hickey, L.J., Johnson, K., Ash, A., Ellis, B. 1999. *Manual of Leaf Architecture-morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms by Leaf Architecture Working Group*. 65p.
- Xue, Y; Yanbin, S., Zhuo, E. 1996. Petrological characteristics of the sedimentary volcanoclastic rocks of the Fossil Hill Formation (Eocene) in King George Island, West Antarctica. *Antarctic Research*, v. 7, p. 99-117.
- Yan-bin; S. 1990. Progress in stratigraphy and paleontology of Fildes peninsula, King George Island, Antarctica. *Acta paleontológica sínica*, 29 (2): 129-139.
- Yan-Bin, S. 1994. Cretaceous to Paleogene biostratigraphy in Antarctic peninsula and its significance in the reconstruction of Gondwanaland. In: SHEN YANBIN, *STRATIGRAPHY AND PALAEONTOLOGY OF FILDES PENINSULA, KING GEORGE ISLAND, ANTARCTICA*. Monograph, Science Press, Beijing, China, v.3, p. 329-348.
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., Thomas, E., Billups, K. 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292: 686–693.
- Zachos, J., Lohmann, K.C., Walker, J.C.G., Wise, S.W. 1993. Abrupt climate change and transient climates during the Paleogene: a marine perspective. *Journal of Geology*. 101: 191-213.

Zastawniak, E. 1981. Tertiary leaf flora from the Point Hennequin Group of King George Island (South Shetland Island, Antarctica). Preliminary Report. *Studia Geologica Polonica*, 72:97-108.

Zastawniak, E. 1994. Upper Cretaceous leaf flora from the Blaszyk Moraine (Zamek Formation), King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica. *Acta Paleobotanica*, 34:119-163.

Zhou, Z. & Li, H. 1994a. Early Tertiary ferns from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. In: Shen, Y. (Ed.), *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. State Antarctic Committee, Monograph, vol. 3, pp. 173-190.

Zhou, Z. Y. & Li, H. M. 1994b. Early Tertiary gymnosperms from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. *Nanji Qiaozhi Wang Dao Feierdesi Bandao diceng ji gushengwu yanjiu (Stratigraphy and palaeontology of Fildes Peninsula)*, P.191-221

Anexo

Pteridofitas



Fig. 18. FCDP/167: Impresiones de pínulas de *Thyrsopteris shenii*. Escala en mm.



Fig.19. FCDP/B169: Fragmento de pinna de *T.shenii*. Escala en mm.

Gimnospermas



Fig.20. FCDP/B126, FCDP/B130: *Podocarpaceae*. Escala en mm.



Fig.21. FCDP/B133: *Podocarpaceae* y *Papuacedrus* sp.

Angiospermas

1a³. Hojas no lobadas

1b². Venación braquidódrroma

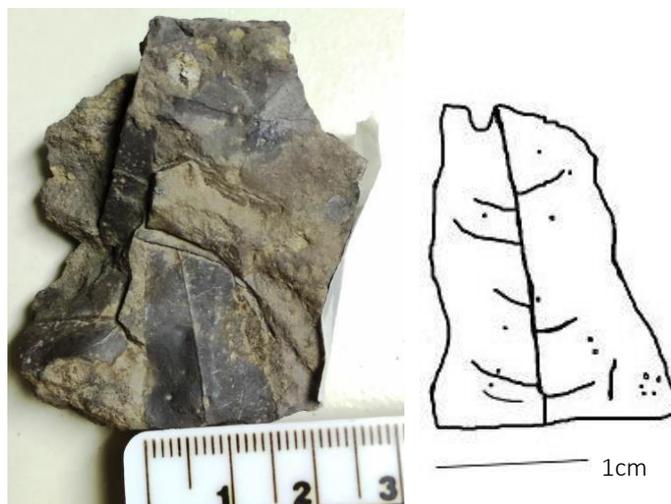


Fig.22. FCDP/B152: Morfotipo laurofílico con pequeñas trazas circulares sin patrón de distribución aparente.

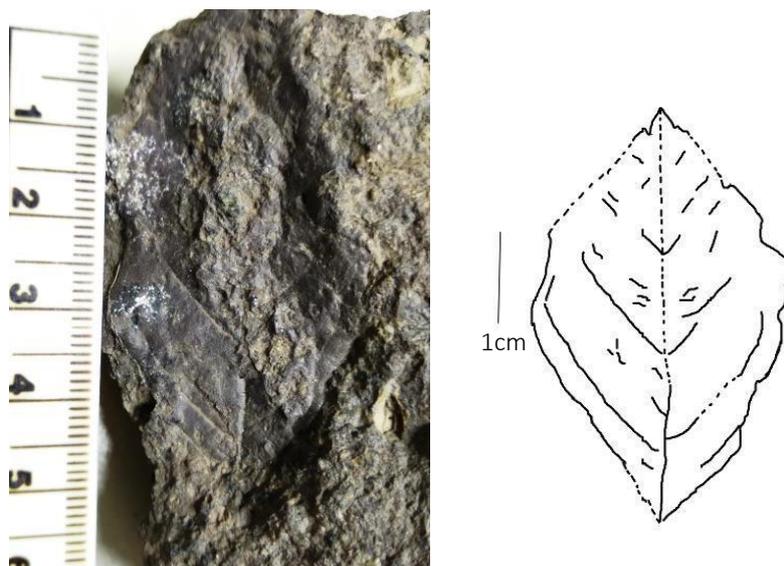


Fig.23. FCDP/B156: Morfotipo laurofílico con pequeñas trazas circulares sin patrón de distribución aparente.

2. Hojas de márgenes dentados

2a³. Hojas de organización aparentemente simple

2b³. Hojas no lobadas

2c². Venación primaria pinnada

2d¹. Venación secundaria semi-craspedródroma

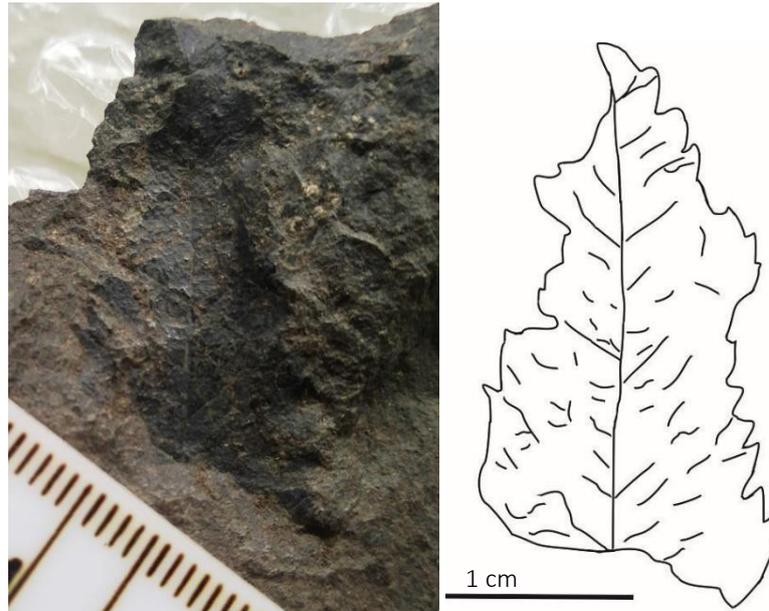


Fig.25. FCDP/B139: Hoja semi-craspedódroma. *Dicotylophyllum* sp. Escala en mm.

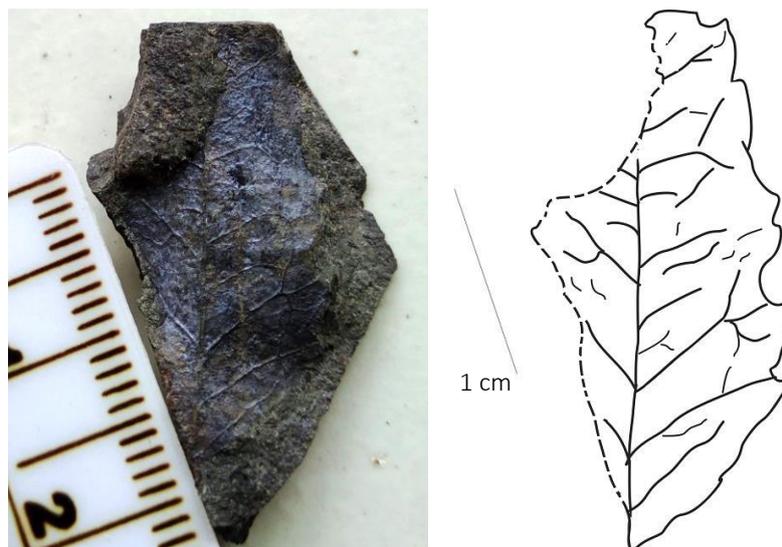


Fig.25. FCDP/B135: Hoja con venación pinnada semi-craspedódroma. *Dicotylophyllum* sp. Escala en mm.

2d². Venación secundaria craspedódroma

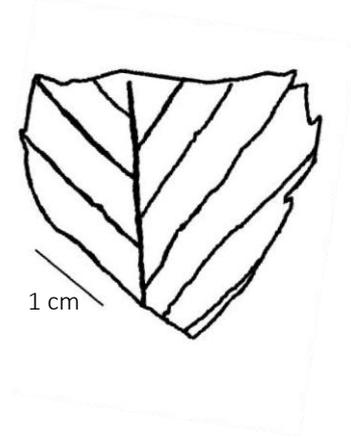


Fig.26. FCDP/B110: Hoja pinnada craspedódroma. *Nothofagus sp.* Escala 1 cm.

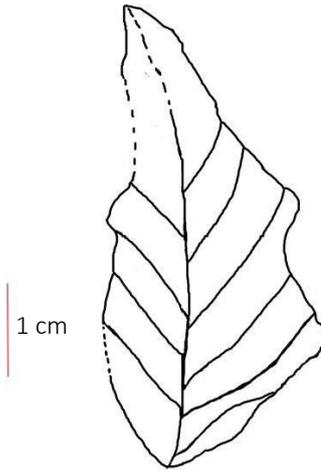


Fig.27. FCDP/B114: Hoja pinnada craspedódroma. *Nothofagus sp.* Escala 1 cm.

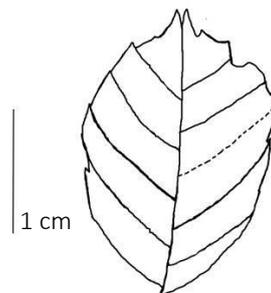


Fig.28. FCDP/B115: Hoja pinnada craspedódroma. *Nothofagus sp.* Escala 1 cm.

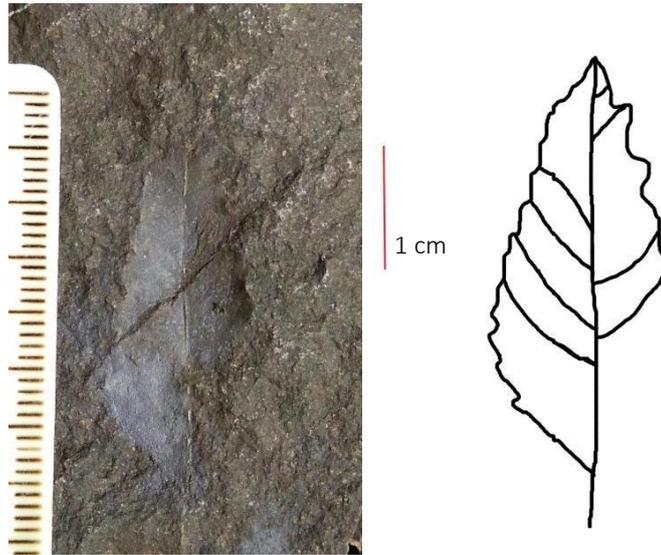


Fig.29. FCDP/B145: Hoja pinnada craspedódroma. *Dicotylophyllum* sp. Escala 1 cm.



Fig.30. FCDP/B147: Hoja pinnada craspedódroma. *Dicotylophyllum* sp. Escala en mm.

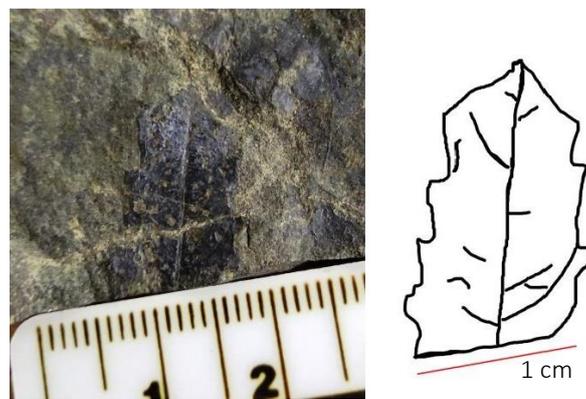


Fig. 31. FCDP/B150: Hoja pinnada craspedódroma. *Dictoylophyllum* sp. Escala en mm.

Glosario

Afanítico: Término textural; utilizado para describir las rocas ígneas que tienen un grano tan fino que sus constituyentes individuales no son visibles a simple vista, pero sí con un aumento adecuado.

Apical (distal): cercano al ápice foliar.

Ápice: usualmente aproximadamente el 25% superior de la lámina foliar.

Arcillita: rocas sedimentarias, cuyas partículas corresponden al tamaño de las arcillas <2 micras.

Arenisca: La arenisca es una roca sedimentaria clástica. Principalmente se compone de clastos pequeños de cuarzo.

Basal (proximal): cercano a la base foliar.

Basalto: Roca volcánica, de color negro verdoso, compuesta generalmente de feldespato y piroxeno.

Base: usualmente el 25% inferior de la lámina foliar.

Braquidódro: tipo de arreglo donde los nervios secundarios de la hoja se unen entre sí, en una serie de arcos prominentes.

Cóncavo: curvamiento hacia el centro de la lámina o diente.

Convexo: curvamiento alejándose del centro de la lámina o diente.

Craspedódro: tipo de arreglo donde los nervios secundarios de la hoja finalizan en el margen.

Curso de la vena: el camino que sigue la nervadura.

Distribución disyuntiva: en biogeografía, es una distribución geográfica de una especie (u otro taxón) que tiene dos o más poblaciones ampliamente separadas una de otra geográficamente.

Elíptica: Forma de hoja donde la parte más ancha se encuentra en el centro y los extremos son más agudos.

Folíolo: cada una de las piezas separadas en que a veces se encuentra dividido el limbo de una hoja compuesta.

Hoja simple: tipo de hoja que se caracteriza por la presencia de una sola y única lámina la cual no se divide o segmenta en raquis, pinnas ni folíolos.

Hoja compuesta: Tipo de hoja cuyo limbo está dividido en dos o más partes llamadas folíolos.

Lámina o limbo: la región expandida y achatada de la hoja o folíolo.

Margen: El borde de la lámina foliar.

Micrófila: Tipo de hoja cuya área foliar varía entre 225-2025 mm².

Nanófila: Tipo de hoja cuya área foliar varía entre 25-225 mm².

Oblonga: Forma de hoja donde ligeramente alargada con los lados ligeramente paralelos.

Ovada: Forma de hoja donde el ancho predomina en la zona basal.

Pecopterídeo: Que se asemeja al género extinto de helecho *Pecopteris sp.*

Percurrente: Tipo de venación donde las venas terciarias pueden unir a las venas secundarias entre sí formando un patrón en escalera.

Pinna: división primaria de una hoja compuesta o fronde; puede estar dividida en pínulas.

Pínula: última división completa de las hojas compuestas de helechos.

Piroclástico: Roca detrítica formada por acumulación de partículas sólidas expulsadas por un volcán, llamadas piroclastos o piroclastitas.

Porfírico: Término textural relativo a pórfido, utilizado para describir rocas compactas y duras.

Raquis: Prolongación del pecíolo de una hoja pinnaticompuesta, desde donde divergen los folíolos.

Semi-craspedódromo: tipo de arreglo donde los nervios secundarios ramifican justo antes del margen, una de las ramas termina en el margen y la otra se une al nervio secundario siguiente.

Siltito: roca sedimentaria clástica formada por la deposición y litificación de sedimentos con granos de tamaño silte, intermedio entre los tamaños arena y argila.

Tufita: Roca volcano-sedimentaria marina que contiene al menos un 50% de restos piroclásticos finos, integrados en un cemento arcilloso o calizo.

Vena (o nervio) primaria: La vena más larga de la hoja o cualquier otra de igual largo y/o curso. Suelen originarse a partir del pecíolo.

Vena (o nervio) secundaria: la siguiente clase de venas más finas luego de las primarias, originadas a partir de la primaria o primarias.

Vena (o nervio) terciaria: la siguiente clase de venas más finas luego de las secundarias, suelen originarse a partir de las secundarias o primarias.