



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



FACULTAD DE
CIENCIAS
UDELAR | fcien.edu.uy



INSTITUTO
DE CIENCIAS
GEOLOGICAS

Trabajo final de grado
Licenciatura en Geología

**Estudio sedimentológico y paleobotánico de la
Formación Fossil Hill, Eoceno de la Península
Antártica y áreas adyacentes, Isla Rey
Jorge/25 de Mayo.**

Eva M. Silva

Tutor: Daniel Perea
Facultad de Ciencias, Udelar

Cotutor: Ari Iglesias
Universidad Nacional de COMAHUE

Febrero del 2022

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Daniel Perea por la orientación y apoyo que me ha brindado desde el primer día. Al Dr. Ari Iglesias quien en estos últimos dos años me ha orientado y encauzado en esta hermosa especialidad.

Agradezco a mi compañero Joan González por no dejar que me rinda y por ayudarme a perseguir mis sueños.

Agradezco a mi madre y a mi padre por el apoyo y por creer en mí siempre. A mis hermanos que a distancia siempre encontraron el modo de estar presentes.

Finalmente, agradezco a mis docentes, compañeros de carrera y amigos quienes han sido imprescindibles en este camino.

Resumen

La Antártida es un continente actualmente congelado, no obstante no siempre fue así. Durante gran parte del Paleógeno, la Península Antártica se encontraba desprovista de hielo y el abundante registro fósil existente en estratos de esa época evidencia el desarrollo de una diversa biota continental. Los sedimentos continentales del Eoceno están bien representados en la Isla Rey Jorge/25 de Mayo (Islas Shetland del Sur, Península Antártica). En el sur de la isla, se conocen macrofloras desde hace más de 60 años que fueron asignadas a la Formación Fossil Hill (FHF). Aunque existen varios afloramientos con macrofloras en la Península Fildes, la mayoría de las compresiones previamente estudiadas provienen de la localidad de Fossil Hill, correspondientes al miembro inferior (Great Wall Bay) de la formación homónima (Eoceno inferior-medio). El presente trabajo tiene como objetivo el estudio y caracterización de las muestras paleobotánicas de la Formación Fossil Hill, resguardadas en la Colección del Departamento de Paleontología del Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias/UdelaR y colectadas en una nueva localidad cercana al Glaciar Collins (norte de la Península Fildes) con el objeto de aportar a la evolución y paleobiogeografía de las floras de la Antártida. El estudio de las rocas portadoras y el análisis sedimentológico indica su vinculación con el miembro superior (Rocky Cove) de la Formación Fossil Hill, siendo entonces un aporte novedoso al conocimiento de su composición paleobotánica y a la transición desde el miembro inferior. Las hojas fósiles presentan un buen estado de preservación, conteniendo detalles de nervaduras de hasta 4to orden. Como resultado del estudio de las compresiones foliares, se han identificado cuatro familias de plantas: Podocarpaceae, Elaeocarpaceae, Nothofagaceae y cf. Atherospermataceae; y nueve especies de hojas (formas foliares). Entre estas se destaca el primer registro fósil para las familias Elaeocarpaceae y Atherospermataceae para la Antártida, representando el primer vínculo fósil para la distribución conjunta actual entre América del Sur y Australasia. Su identificación en esta tesis corresponde a uno de los registros fósiles más antiguos de la familia Elaeocarpaceae, y el único registro fósil para el género *Aristotelia*. Dos formas foliares son identificadas a nivel específico (*Aristotelia* cf. *australasica* y *Nothofagus* cf. *zastawniakiae*). Por último, se realizan comparaciones sobre las floras en el Hemisferio Sur y se brindan conclusiones sobre aspectos estratigráficos y paleoambientales en base a los datos obtenidos y otros estudios previos realizados en la isla.

Índice de contenidos

Introducción	6
Objetivos	7
Objetivo General	7
Objetivos específicos	8
Antecedentes Geológicos Regionales	8
Antecedentes Geológicos Locales (Isla Rey Jorge/ 25 de Mayo)	12
Geología de la Formación Fossil Hill	14
Antecedentes sobre las paleofloras de la Formación Fossil Hill	17
Materiales y Métodos	18
Análisis fosilífero	19
Identificación	19
Catalogación	19
Análisis sedimentológico	20
Resultados	21
Descripciones de las muestras foliares	22
Gymnospermae	22
Orden Pinnales	22
Angiospermae	24
Orden Oxalidales	24
Orden Fagales	32
Orden Laurales	39
Otras Angiospermas	44
Descripciones litológicas de las rocas portadoras	48
Descripción del Análisis de Rayos X.	50
Conclusiones	50
Análisis Fosilífero	50
Rocas portadoras	51
Análisis de Rayos X	52
Conclusiones Finales	52
Bibliografía	53
Anexo 1	62
Difractograma de las rocas portadoras de macrofósiles	62

Índice de figuras

Figura 1. Mapa topográfico de la Antártida actual.....	9
Figura 2. Principales bloques corticales de la Península Antártica y Antártica Occidental durante el Triásico.....	10
Figura 3. Islas Shetland del Sur, se resalta en contorno rosa la Isla Rey Jorge/ 25 de Mayo.....	13
Figura 4. Unidades tectónicas de la Isla Rey Jorge/25 de Mayo.....	14
Figura 5. Sección estratigráfica de la Formación Fossil Hill.....	16
Figura 6. Geología de la zona Norte de la Península Fildes.....	17
Figura 7. Mapa de la Península Fildes, Isla Rey Jorge.....	21
Figura 8. Podocarpaceae. Ilustración correspondiente al espécimen FCDPB-88A y FCDPB-88B.....	23
Figura 9. Podocarpaceae. Fotografía correspondiente al espécimen FCDPB-88A y FCDPB-88B.....	24
Figura 10. <i>Aristotelia</i> cf. <i>australasica</i> (Elaeocarpaceae). Ilustraciones correspondientes al espécimen FCDPB-56.....	28
Figura 11. <i>Aristotelia</i> cf. <i>australasica</i> (Elaeocarpaceae). Ilustraciones correspondientes al espécimen FCDPB-65.....	28
Figura 12. <i>Aristotelia</i> cf. <i>australasica</i> (Elaeocarpaceae). Ilustraciones correspondientes al espécimen FCDPB-58.....	29
Figura 13. Ilustración de la especie actual <i>Aristotelia australasica</i> (Elaeocarpaceae).....	29
Figura 14. <i>Aristotelia</i> cf. <i>australasica</i> (Elaeocarpaceae). Fotografía correspondiente al espécimen FCDPB-56.....	30
Figura 15. <i>Aristotelia</i> cf. <i>australasica</i> (Elaeocarpaceae). Fotografía correspondiente al espécimen FCDPB-65.....	30
Figura 16. <i>Aristotelia</i> cf. <i>australasica</i> (Elaeocarpaceae). Fotografías correspondientes al espécimen FCDPB-58.....	31

Figura 17. Fotografía de la especie actual <i>Aristotelia australasica</i> (Elaeocarpaceae).	32
Figura 18. <i>Nothofagus</i> cf. <i>zastawniakiae</i> (Nothofagaceae). Ilustración correspondiente al espécimen FCDPB-50.....	37
Figura 19. <i>Nothofagus</i> cf. <i>zastawniakiae</i> (Nothofagaceae). Ilustración correspondiente al espécimen FCDPB-53.....	37
Figura 20. <i>Nothofagus</i> cf. <i>zastawniakiae</i> (Nothofagaceae). Fotografías correspondientes al espécimen FCDPB-50.....	38
Figura 21. <i>Nothofagus</i> cf. <i>zastawniakiae</i> (Nothofagaceae). Fotografías correspondientes al espécimen FCDPB-53.....	38
Figura 22. Especimen ANTF22-003E-4, material tipo correspondiente a <i>Nothofagus zastawniakiae</i>	39
Figura 23. cf. Atherospermataceae. Ilustraciones correspondientes al espécimen FCDPB-51.....	43
Figura 24. cf. Atherospermataceae. Fotografías correspondientes al espécimen FCDPB 51.....	43
Figura 25. Fotografía correspondiente a <i>Daphnandra apatela</i> (Atherospermataceae).....	44
Figura 26. Ilustraciones de hojas de angiospermas no identificadas.....	46
Figura 27. Fotografías de hojas de angiospermas no identificadas.....	47
Figura 28. Fotografías de rocas portadoras.....	49

Índice de tablas

Tabla 1. Diferentes interpretaciones estratigráficas para el Grupo Península Fildes.....	15
Tabla 2. Listado de Taxones identificados.....	22

Introducción

La Antártida es un continente actualmente congelado, aunque no siempre fue así. Durante el Mesozoico y gran parte del Paleógeno, la Península Antártica se encontraba desprovista de hielo y el abundante registro fósil existente en estratos de esa época evidencia el desarrollo de una diversa biota continental (Taylor y Taylor 1990; Phillippe *et al.* 1995; Dutra, 2004; Reguero *et al.* 2013).

En el año 1959, reconociendo la importancia científica de este continente para la humanidad, se firma el tratado antártico con el fin de promover el estudio y la cooperación internacional científica (SCAR, 2019). Desde ese momento se han llevado a cabo numerosas campañas científicas en las cuales se ha constatado una gran diversidad fosilífera en diferentes períodos geológicos.

El primer registro fósil para la Isla Rey Jorge/25 de Mayo, ubicada al noroeste de la Península Antártica, fue documentado en la Formación Fossil Hill (Orlando, 1963, 1964; Barton, 1964) y desde entonces, esta isla se ha convertido en un área de gran interés paleontológico y geológico debido a su alta diversidad de fósiles y vasto registro. La mayoría de los restos fósiles en esta unidad corresponden a restos vegetales continentales, dentro de los cuales se destacan las impresiones de hojas. Los niveles portadores de fósiles se encuentran interestratificados con niveles producto de episodios de vulcanismo, característicos de la evolución cortical del oeste de la Península Antártica para ese momento.

El estudio de las floras fósiles permite analizar no solo la composición taxonómica y con ello estimar la biodiversidad en cada momento de la historia de la Antártida y su bioestratigrafía, sino también establecer patrones de migración de los grupos de plantas en relación con los continentes de Gondwana (paleobiogeografía), y otras conexiones geográficas que existieron en el pasado (Dutra, 2004; Reguero *et al.*, 2013).

El estudio de las floras fósiles de la Península Antártica y regiones adyacentes resulta de extremo valor para establecer los patrones de distribución que tuvieron los grupos de plantas que, en la actualidad, se encuentran en el Hemisferio Sur (i.e. América del Sur, África y Australasia) y que presentan distribuciones disyuntas (separadas). De esta forma se pueden establecer los momentos del tiempo en que estos taxones pasaron a través de puentes biogeográficos dados por la deriva de los continentes y/o dispersión a gran distancia (Dutra, 1997; Reguero *et al.*, 2013).

A su vez, el estudio de macrofósiles de hojas, a través de su taxonomía y de metodologías cuantitativas, permite realizar inferencias bastante acotadas que resultan

muy informativas para conjugar el patrón de distribución y migración con estimaciones paleoclimáticas (Wilf, 1997; Wilf *et al.*, 1998; Iglesias *et al.*, 2011, Hinojosa *et al.*, 2011). Las inferencias basadas en datos actualistas toman un mayor peso en su validez, cuanto más variadas e independientes sean las fuentes del conocimiento del cual parten. En el presente trabajo el estudio del ambiente sedimentario y las condiciones físico-químicas para la generación de determinadas arcillas y minerales se intenta conjugar con las estimaciones paleoclimáticas interpretadas en base a las determinaciones de las hojas fósiles.

Como ya se ha citado, las paleofloras y las sedimentitas terciarias preservadas en la Isla Rey Jorge/25 de Mayo se conocen desde hace más de 60 años. Su estudio ha aportado un buen registro de taxones vegetales para el Cretácico, Paleoceno y Eoceno del noroeste de la Península Antártica (Reguero *et al.*, 2013). No obstante, nuevas colecciones aportan mayor información y modernas metodologías, así como una estandarización para las comparaciones, se encuentran a disposición para evaluar condiciones paleoambientales con mayor precisión. El estudio sedimentológico y de las impresiones foliares representa una importante herramienta para la reconstrucción de los ambientes que dominaban en el pasado.

El estudio científico en el continente antártico es también una política de estado (SCAR, 2019). La puesta en valor de colecciones fósiles procedentes de la Antártida debe tomarse como un bien patrimonial de gran importancia para los estados. En este sentido, la existencia de colecciones de muestras paleobotánicas no estudiadas de la Antártida, colectadas por la Facultad de Ciencias en campañas de Uruguay y resguardadas en el Departamento de Paleontología (CF-FC/DP) deben ser puestas en valor con un aporte en su conocimiento científico y es parte también de la fundamentación de su estudio en esta tesis.

Objetivos

Objetivo General

El presente trabajo de tesis de Licenciatura tiene como objetivo aportar al conocimiento de la evolución y paleobiogeografía de las floras de la Antártida a partir del estudio y caracterización de las muestras paleobotánicas de la Formación Fossil Hill (Eoceno de la Península Antártica, Isla Rey Jorge/25 de Mayo) resguardadas en la Colección de Fósiles (CF-FC/DP) del Departamento de Paleontología del Instituto de Ciencias Geológicas, Facultad de Ciencias/UdelaR.

Objetivos específicos:

- Descripción y determinación taxonómica de los especímenes con el objeto de conocer la composición vegetal representada en el nivel portador estudiado.
- Descripción sedimentológica de las muestras y las unidades portadoras con el objeto de realizar una posible asignación estratigráfica.
- Valorización de la colección antártica de muestras paleobotánicas del Departamento de Paleontología (CF-FC/DP), colectada por expediciones conjuntas del Instituto Antártico Uruguayo y la Facultad de Ciencias.

Antecedentes Geológicos Regionales

El continente antártico se formó a partir de la ruptura de Gondwana hacia fines del Mesozoico, conservando una posición polar aproximadamente constante respecto a las demás masas continentales de Gondwana, que divergieron septentrionalmente para conformar la actual disposición de los continentes del Hemisferio Sur.

El Continente Antártico se encuentra actualmente cubierto por enormes capas de hielo que le confieren una aparente continuidad y uniformidad, contrariamente a lo que se puede interpretar de su historia evolutiva en base a la composición de sus rocas.

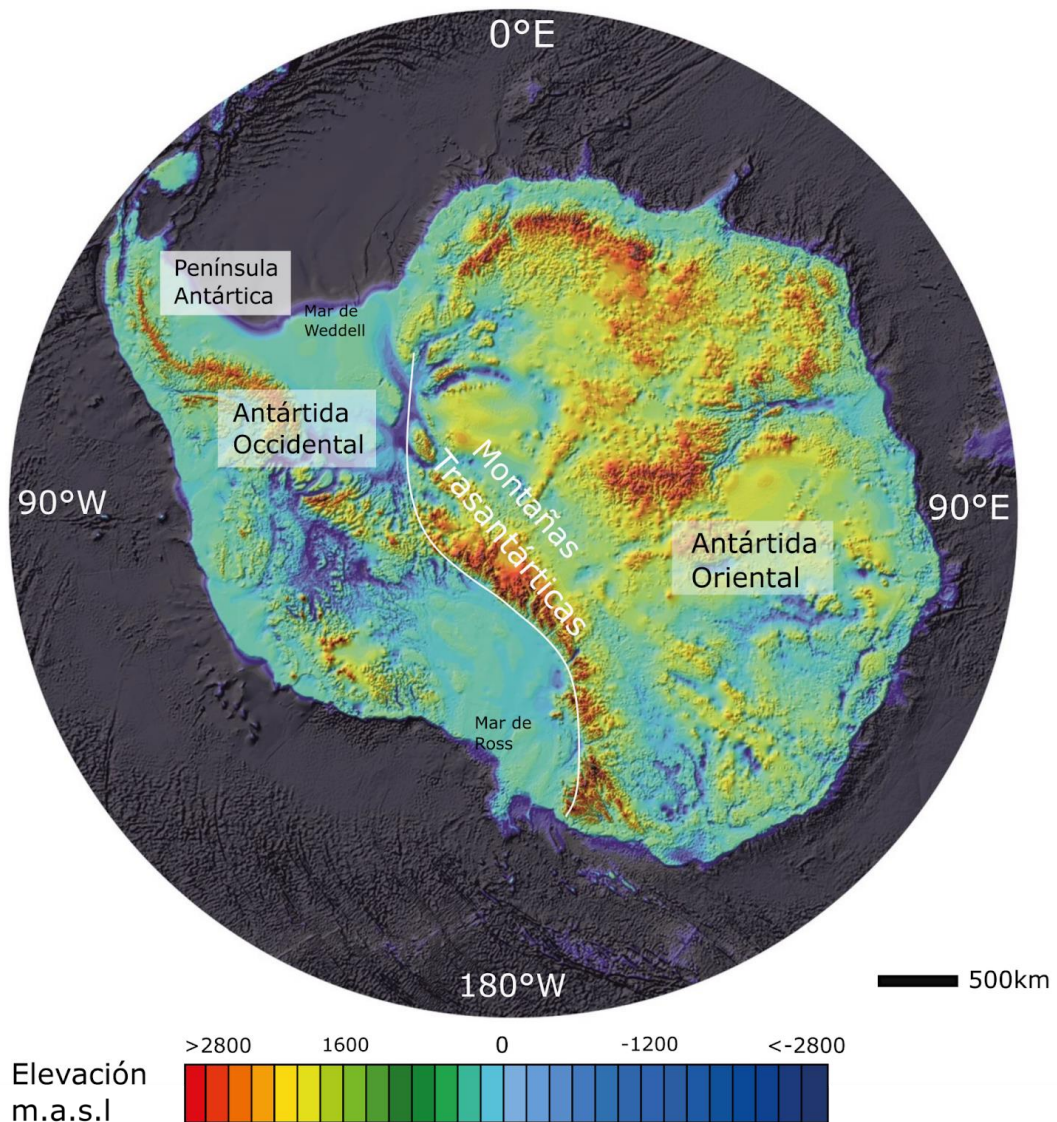


Figura 1. Mapa topográfico de Antártida actual, modificado de Fretwell *et al.* (2013), con topografía glaciaria y límites de plataformas de hielo (m.a.s.l. = metros sobre el nivel del mar).

El continente se divide en dos sectores: Antártida Oriental y Antártida Occidental (figura 1); los mismos se encuentran separados por la Cadena Montañosa Transantártica cuya altura supera los 4.000 m y que evidencia una historia geológica más compleja.

La Antártida Oriental corresponde a un cratón estable constituido por bloques corticales de edad Arqueozoica y Proterozoica-Cámbrica que se amalgamaron durante el Precámbrico-Cámbrico (Fitzsimons, 2000; Harley, 2003). Por otra parte, la Antártida Occidental, consiste en 4 bloques principales (figura 2): Península Antártica, Montañas Ellsworth-Withmore, Isla Thurston y Tierra de Marie Byrd Land (Dalziel y Elliot, 1982).

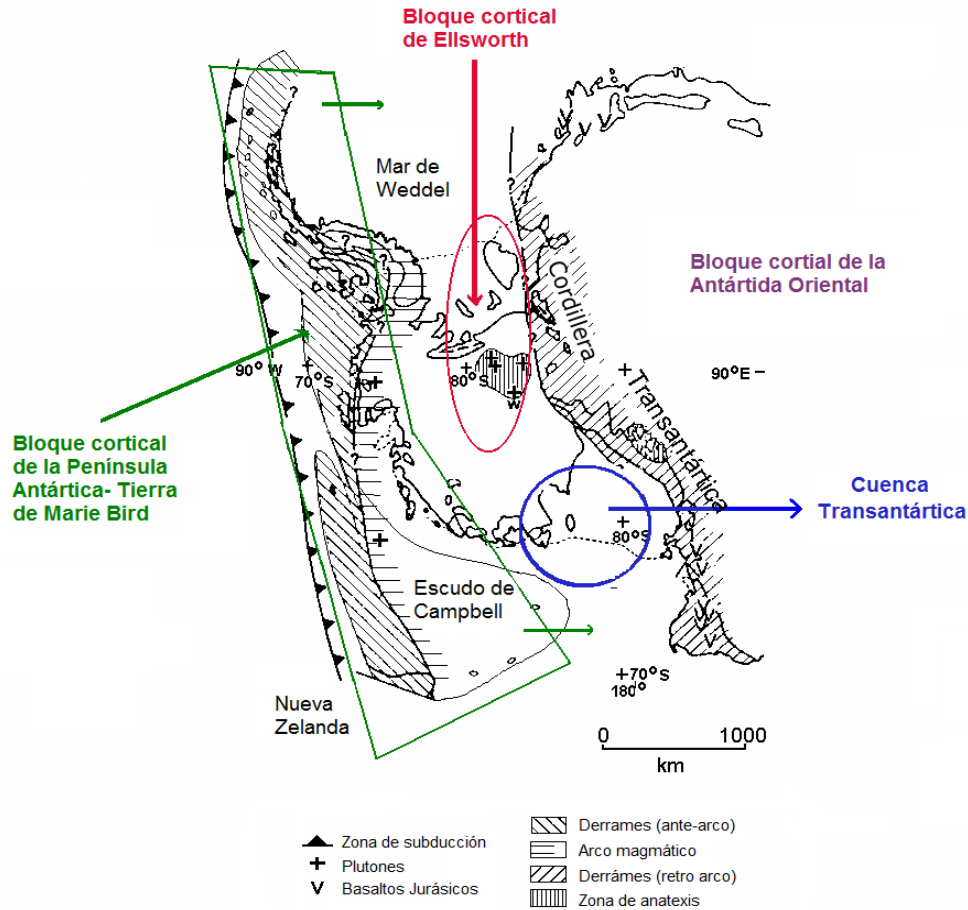


Figura 2. Principales bloques corticales de la Península Antártica y Antártida Occidental durante el Triásico, modificado de Elliot (1991).

Por otra parte, desde fines del Paleozoico la Península Antártica refleja procesos de subducción en el frente pacífico que van de sur a norte. Según Birkenmajer (1981 y 2001), el magmatismo asociado a la subducción del Pacífico a lo largo de la costa occidental de la Península Antártica muestra dos etapas principales, una entre el Jurásico Tardío y el Cretácico Temprano; y otra más intensa en el límite del Cretácico-Paleógeno.

Los paquetes de rocas sedimentarias, volcánicas y plutónicas intrusivas de edades triásica y neógena son más visibles en la península que en el resto del continente y sugieren un magmatismo asociado a zonas de arco y cuencas de antearco (Elliot, 1988; del Valle y Rinaldi, 1993).

Las rocas volcánicas y metamórficas de la porción norte de la Península Antártica corresponden a depósitos de arco y son incluidas por Adie (1964) en el Grupo Antartic Peninsula Volcanic del Jurásico Medio, el cual se interdigita con conglomerados y

depósitos de inundación del Grupo Botany Bay del Jurásico Temprano, rico en restos vegetales.

Los esfuerzos de subducción originaron tres regiones tectónicas principales a lo largo de la Península Antártica (Elliot, 1988; del Valle, *et al.* 1992; Del Valle y Rinaldi, 1993), conformando depósitos y litologías diferentes para las zonas de arco y cuenca de antearco.

En la zona de antearco se forman dos cuencas: Larsen al norte y Latady al sur, subdivididas en el Cretácico a partir de un levantamiento transversal (Del Valle, *et al.* 1992; Del Valle y Rinaldi, 1993; Hathway, 2000; Hunter, *et al.* 2006). En la cuenca de Larsen, hacia el norte, la sub-cuenca James Ross reúne un espeso depósito de sedimentos con edades entre el Jurásico y el Eoceno Tardío (Macdonald *et al.* 1988).

El Oligoceno está marcado por un hiato depositacional en las cuencas de la Península Antártica así como en las cuencas australes de América del Sur, correspondiente a la actividad geológica que da inicio a la apertura del Mar (Pasaje) de Drake y a la separación definitiva entre América y la Antártida (Barker y Burrell, 1977; Jeffers, *et al.* 1991; Tokarski, 1991; Soliani Jr. y Bonhomme, 1994; Cunningham, *et al.* 1995).

La formación del Arco de Scotia entre las placas de América del Sur y la Península Antártica fue un evento tectónico de gran envergadura al suroeste del Atlántico. La transición de la fase de subducción hacia movimientos de transcurrencia (característicos de este margen de placa) ocasionó la reacomodación de las placas, inclinación de estratos previos y fallamientos, reactivando el vulcanismo de la península en el Neógeno (Bohoyo, *et al.* 2007). Estos procesos de cambio también desarrollaron el rift que formó el Estrecho de Bransfield (Jeffers, *et al.* 1991; Tokarski, 1991), ubicado entre las Islas Shetland del Sur y el borde occidental de la Península Antártica. Corresponde a una cuenca extensional de tras- arco que tiene aproximadamente 100 kilómetros de ancho. El eje del rifting tiene una orientación NE-SW, definida por el alineamiento de volcanes y montes submarinos (Klepeis y Lawver, 1996; Prieto, *et al.*, 1998).

La apertura del estrecho de Bransfield y el movimiento hacia el noroeste de las Islas Shetland ocurridos hace aproximadamente 2 millones de años permiten suponer una conexión continental inicial de las Islas Shetland con el sector occidental de la Península de la Antártida (Weaver, *et al.* 1994).

Antecedentes Geológicos Locales (Isla Rey Jorge/25 de Mayo)

Las islas Shetland del Sur conforman un archipiélago formado por once islas que se disponen linealmente con un rumbo aproximado N60E. De estas islas, las de mayor superficie corresponden a las islas Rey Jorge y Livingston, las cuales se encuentran separadas por 3 islas menores: Nelson, Greenwich y Robert (figura 3).

La estratigrafía de la sucesión volcanoclástica para la Isla Rey Jorge fue propuesta inicialmente por Birkenmajer (1980, 1988) y Smellie *et al.* (1984), los cuales incluían hacia la base, lavas de edad jurásica y hacia el tope una suite intrusiva andina de edad Mioceno-Plioceno.

Investigaciones petrológicas más recientes han determinado que el sur de la Isla Rey Jorge está caracterizado principalmente por unidades volcánicas del Jurásico al Paleógeno (Burton-Johnson y Riley, 2015). En Bahía Almirantazgo (Isla Rey Jorge) se han reconocido complejos de estrato-conos definidos por Birkenmajer (1980), como el Grupo Marlet Inlet, el cual se compone de más de 1160 metros de basaltos, andesitas calco alcalinas a riolitas y dacitas cortados por numerosas intrusiones hipabisales, diques y sills.

La Península Barton, en el centro sur de la isla (figura 4), se caracteriza por la presencia de lavas andesíticas y tobas con intrusiones menores de tonalitas, cuarzo-dioritas y cuarzo-gabros, mientras que en el sector de la Península Fildes (al sudoeste de la isla) se encuentran lavas basálticas-andesíticas con presencia de tobas y aglomerados volcánicos (Smellie, *et al.* 1984).

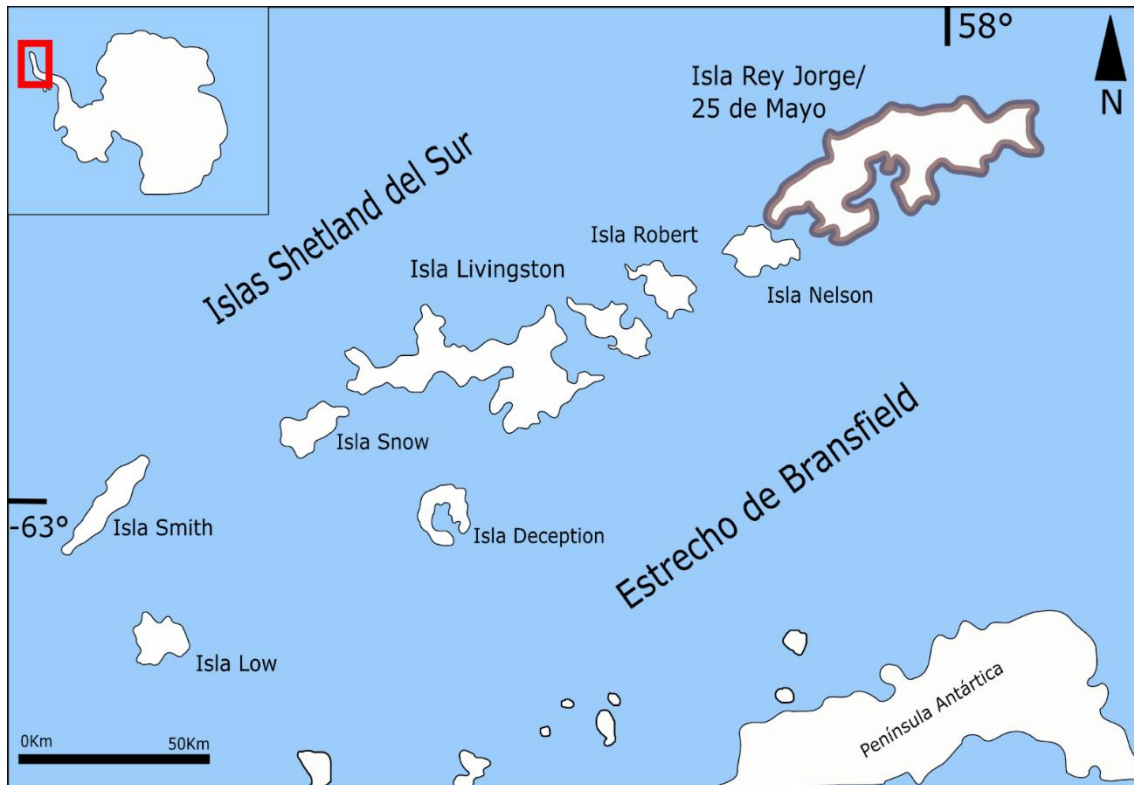


Figura 3. Islas Shetland del Sur, se resalta en contorno rosa la Isla Rey Jorge/25 de Mayo.
Redibujado de Malvé *et al.* (2014).

La Isla Rey Jorge se compone de varios bloques tectónicos limitados por fallas longitudinales (figura 4): el Bloque Fildes (parte Norte de la isla), que está separado del Horst Barton por la Falla Collins, probablemente transcurrente. El Horst Barton está limitado en la parte sur por la Falla Ezcurra, de naturaleza transcurrente, que separa el Horst Barton del Bloque Warszawa en la porción sur. El sistema de fallas Kraków sirve como límite entre el Bloque Warszawa y el Bloque Kraków (Matus, 2017). Birkenmajer *et al.* (1986), basado en la datación K/Ar de un sistema de plugs y diques relacionados al movimiento transcurrente a lo largo de la Falla Ezcurra, obtuvieron una edad terciaria de las fallas transcurrentes de la isla Rey Jorge. El movimiento transcurrente habría comenzado alrededor de los 54 Ma (Paleoceno-Eoceno) y continuó durante un período de al menos 33 Ma (Mioceno Temprano), cuando se generó un nuevo sistema de fallas transversales, seguido por la intrusión de diques paralelos a las fallas (Birkenmajer, *et al.* 1986). La continuas reactivaciones de este sistema de fallas transcurrentes han dejado expuestas rocas del Eoceno a lo largo de la superficie de toda la Isla; pero que han sido referidas con diferentes nombres en las diferentes regiones de la isla, complejizando su correlación estratigráfica.

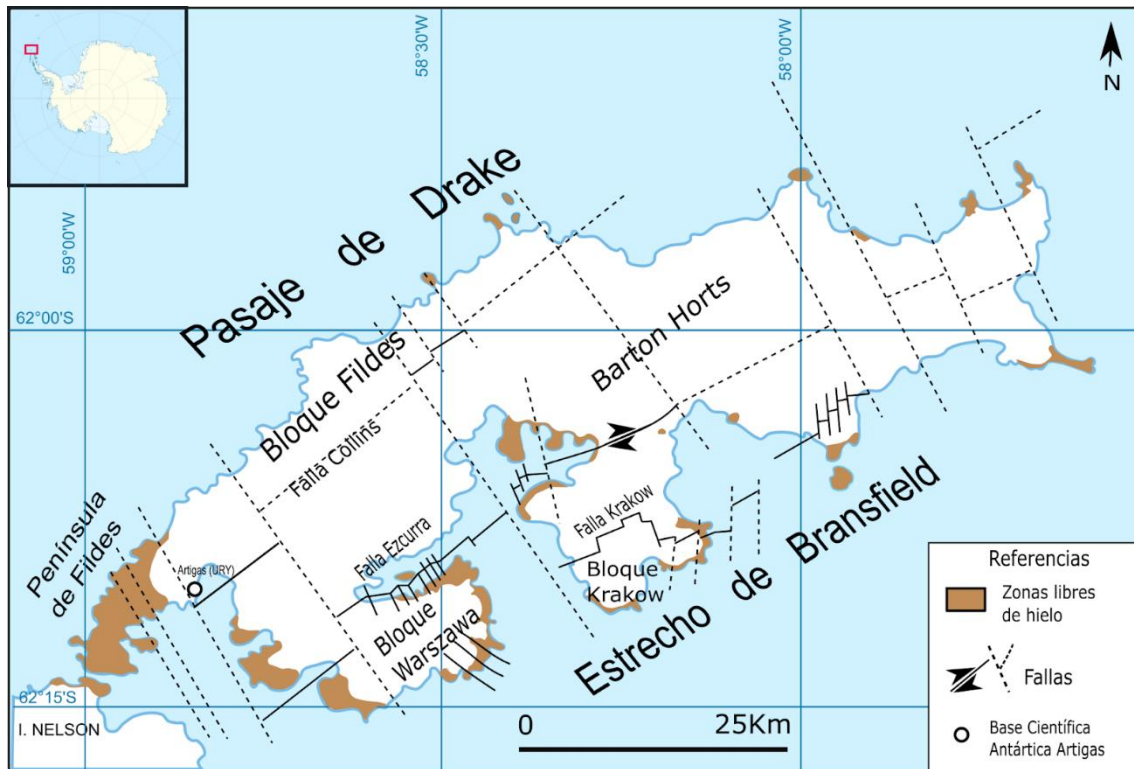


Figura 4. Unidades tectónicas de la Isla Rey Jorge/25 de Mayo. Redibujado de Birkenmajer (1983).

Geología de la Formación Fossil Hill

La Península Fildes, ubicada en el extremo suroeste de la Isla Rey Jorge (figura 4), está conformada por un conjunto de rocas volcánicas subalcalinas y una secuencia sedimentaria piroclástica rica en macrofloras que pertenece al Grupo Península Fildes (Hawkes, 1961). Durante el Eoceno, la Isla Rey Jorge seguía siendo un foco de actividad piroclástica y sedimentación epiclástica que dio lugar a extensos depósitos tobáceos en los que se conservó la Flora del Glaciar Collins (Poole, Hunt y Cantrill, 2001).

Shen (1994) divide el Grupo Península Fildes en cinco formaciones y una unidad litoestratigráfica basada en características litológicas, paleontológicas y volcánicas (Tabla 1). Estas formaciones de abajo hacia arriba corresponden a: Half Three Point, Jasper, Agate Beach, Fossil Hill, Block Hill y la unidad volcánica Suffield Point, cuyas edades van desde el Cretácico tardío al Mioceno temprano.

Tabla 1. Diferentes interpretaciones estratigráficas para el Grupo Península Fildes (modificado de Hunt 2001). En color rosa se resalta la estratigrafía considerada en este trabajo.

Smellie et al., 1984		Li y Liu, 1989	Shen, 1994	Shen, 1999		
			Suffield Point Volcanics		Suffield Point Volcanics	
Formación Fildes	Miembro superior		Miembro Block Hill	Grupo Península Fildes	Fm Block Hill	
	Miembro medio	Block Fm. Fossil Hill	Miembro Fossil Hill		Fm Fossil Hill (3)	Miembro Rocky Cove (3b) Miembro Great Wall Bay (3a)
	Miembro inferior	Fm Fossil Hill	Block Hill		Fm Agata Beach	
		Fm Jasper Hill	Miembro Agata Beach		Fm Jasper Hill	
		Fm Agata Beach	Miembro Jasper Hill			

El perfil estratigráfico de la Formación Fossil Hill fue levantado por distintos autores (Shen, 1994; Dutra *et al.* 1996; Perea *et al.* 1998, 2001; Dutra y Batten, 2000). El perfil modificado de Perea *et al.* (1998, 2001) de la localidad Fossil Hill presenta de base a tope las siguientes litologías (figura 5):

- Colada de basalto-andesita porfirítica de color gris, escasamente vacuolar con aproximadamente 4 m de potencia aflorante.
- Colada de basalto vacuolar de color rojo afanítico a porfirítico con fragmentos de rocas volcánicas de 1 m de potencia.
- Una capa resistente de basalto-andesita vacuolar de color verde oliva buzando 25° hacia el SW de 1,5 m de potencia.
- Una brecha piroclástica (aglomerado) con restos de leños fósiles de hasta 1 metro de largo. Desarrollado con 7-15 m de potencia conteniendo finos niveles discontinuos de tufitas y arcillitas rojas no mayores a 10 cm, en estos se pueden distinguir niveles más gruesos de tufita de colores rojizos con piroclastos centimétricos, y abundantes improntas foliares alternados por niveles milimétricos de estratificación plano-paralela rítmica de arcillitas rojas con icnofósiles como *Cochlichnus* y *Helminthopsis* (Perea *et al.* 1998, 2001) ambas trazas de pastoreo, la primera probablemente realizadas por nemátodos y anélidos, además de la presencia de icnitas de aves, improntas foliares, marcas de gotas de lluvia y grietas de desecación. Se interpreta como un ambiente lacustre pantanoso, durante los intervalos no efusivos.
- Aflorantes en la ladera Sur de la elevación denominada Fossil Hill se observan algunos bancos de areniscas y siltitos tufáceos de colores amarillentos con estratificación ondulítica. Estas no afloran en la ladera Norte.
- El tope está compuesto de 1-2 m de piroclastitas rojizas con improntas de hojas.
- Capa delgada de basalto-andesita masivo de color gris oscuro de 0,7 m.

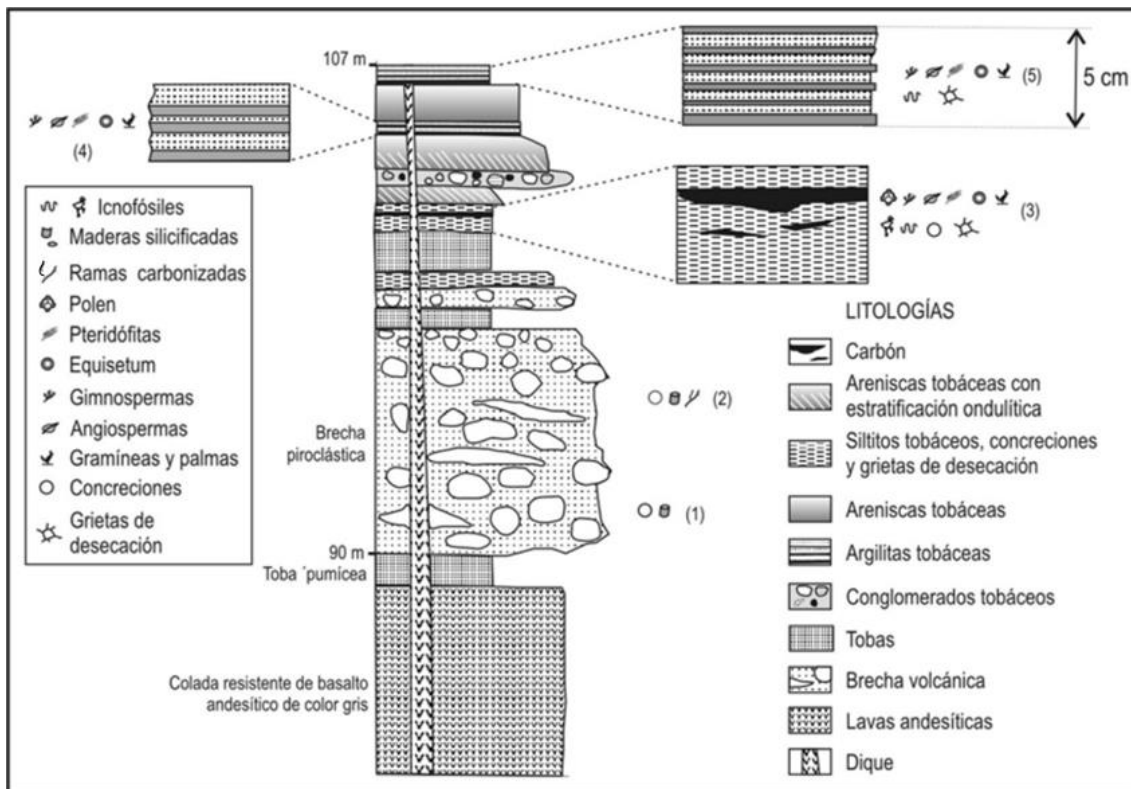


Figura 5. Sección estratigráfica aproximada correspondiente al perfil de la Formación Fossil Hill en su área tipo. Tomado de Masquelin, *et al.* 2009.

Por otra parte, Shen (1994) subdividió la Formación Fossil Hill en dos miembros (Tabla 1), en base a litofacies, ambiente depositacional y biota. El miembro inferior se denomina Miembro Great Wall Bay y está compuesto principalmente de brechas volcánicas, piroclastos, tufitas zeolitizadas, areniscas tobáceas y limolitas, intercaladas con dos vetas de carbón, representados en unos 12,5 m de espesor en su localidad tipo en Fossil Hill. Este miembro descansa de manera discordante sobre la Formación Agate Beach del Paleoceno (Xue, *et al.* 1996).

El miembro superior de la Formación Fossil Hill es denominado Rocky Cove; la sección tipo del mismo se encuentra a los 62 ° 11'S y 58 ° 55'W entre la estación rusa Bellingshausen y la estación uruguaya General Artigas. Este miembro tiene un espesor visible de 36 m y se extiende sobre la Isla Ardley, Rocky Cove y al oeste de la Base Científica Antártica Artigas y del Glaciar Collins. Está compuesto por sedimentos tobáceos de color gris verdoso a amarillo marrón con intercalaciones de basaltos y su techo se encuentra en contacto discordante con el conglomerado masivo de la Formación Block Hill del Eoceno Superior (Shen, 1994) (figura 6).

Shen (1999) propone integrar las tobas estratificadas distribuidas a lo largo del margen occidental del Glaciar Collins al Miembro Rocky Cove en lugar de a la Formación Agate Beach (Li, *et al.* 1992). Las tobas verdes grisáceas contienen varias hojas, como *Nothofagus* sp., *Podocarpus* sp. y *Araucaria* sp., y palinomorfos, el registro es muy similar a los del Miembro Rocky Cove (Cao, 1992; Song, 1998).

Hunt (2001) describe una muestra de roca del Miembro Rocky Cove como areniscas dominadas por sideromelano (vidrio volcánico de origen basáltico) de grano fino, con fragmentos de piedra pómez de tamaño guijarro y limolitas.

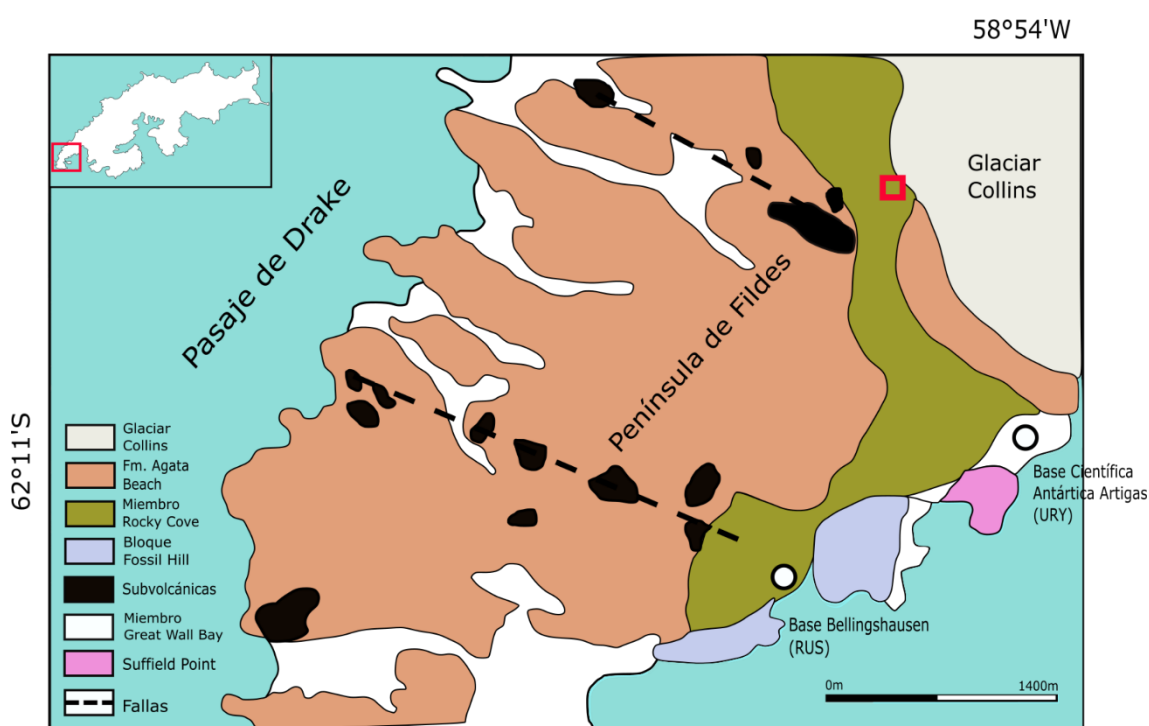


Figura 6. Geología de la zona Norte de la Península Fildes. El rectángulo rojo indica el área de procedencia de las muestras de macroflora estudiadas en este trabajo (al oeste del Glaciar Collins). Redibujado de Shen (1999).

Antecedentes sobre las paleofloras de la Formación Fossil Hill

Los primeros registros fósiles para la Isla Rey Jorge/25 de Mayo, fueron realizados en la Formación Fossil Hill por Orlando (1963, 1964) y Barton (1964) y desde entonces se ha convertido en un área de gran interés paleontológico debido a su alta variedad de fósiles y vasto registro.

La Formación Fossil Hill contiene más de 40 taxones reconocidos los cuales incluyen coníferas (podocarpáceas, araucariáceas y cupresáceas), helechos y angiospermas (Birkenmajer y Zastawniak, 1989a,b; Li, 1992; Haomin, 1994; Francis, 1999; Reguero et

al., 2002). La macroflora de la Formación Fossil Hill durante el Eoceno temprano a medio refleja una enorme diversidad de angiospermas que incluye hojas de tipo *Sterculia* sp. y los géneros *Monimiophyllum antarcticum* Dusén y *Dicotylophyllum duseni* Zastawniak (Czajkowski y Rosler, 1986; Troncoso, 1986; Birkenmajer y Zastawniak, 1989b; Cao, 1992; Li, 1994; Zhou y Li, 1994a/b); *Caldcluvia mirabilis* Dusén y *Hydrangeiphyllum affine* Dusén (Czajkowski y Rosler, 1986; Troncoso, 1986; Cao, 1992). Además de la presencia de las familias Dilleniaceae, Icacinaceae, Gunneraceae, Monimiaceae, Myricaceae y Sapindaceae.

En los trabajos de Li (1992, 1994) se han identificado un total de 20 morfotipos de angiospermas en la flora para la localidad de Fossil Hill, incluyendo las especies *Lomatia mirabilis* (Dusén) Li (Proteaceae), *Rhoophyllum nordenskjoldi* Dusén (Anacardiaceae), *Myrtiphyllum* Dusén (Myrtaceae) y *Pentaneurum dusenii* Zastawniak. El género *Nothofagus* se encuentra presente a lo largo de toda la secuencia tanto en la microflora como en la macroflora (ej. Dutra, 2004; Li y Zhou, 2007). Durante el Cretácico, la Península Antártica se caracteriza por la presencia de formas primitivas de granos de polen de este género, así como formas modernas del grupo fusca y brassi (Zhou y Li, 1994 a). Ya en los niveles del Maastrichtiano de la Isla Vicecomodoro Marambio y del Paleógeno de las Islas Shetland del Sur, las agrupaciones de micro y microfósiles de *Nothofagus* llegan a representar hasta un 40% de la flora total (Dutra y Batten, 2000, Dutra 2001) indicando su neta dominancia.

Materiales y Métodos

Los materiales que se analizaron para esta tesis fueron colectados en el marco de la campaña Antártica organizada por la Facultad de Ciencias (UdelaR) en conjunto con el Instituto Geográfico Militar y el Instituto Antártico Uruguayo, la cual tuvo lugar entre los días 24 de enero de 2017 hasta el 10 de febrero del mismo año. Los geólogos y paleontólogos que participaron en la campaña fueron: Elizabeth Morosi, Felipe Montenegro, Andrés Batista, Fernanda Cabrera, Mariano Verde y Pablo Toriño.

Las muestras fueron extraídas del norte de la Península Antártica, específicamente al suroeste de la Isla Rey Jorge/25 de Mayo, al norte de la Península Fildes, en rocas al oeste del Glaciar Collins, en el punto de coordenadas 62° 9'58.25"S - 58°55'20.39"O. Esta localidad fosilífera se encuentra a 2,32 km de la Base Científica Antártica Artigas y a 3,05 km de la Base Científica Rusa Bellingshausen (figuras 6 y 7).

En el yacimiento se colectaron un total de 150 muestras de rocas, de las cuales 63 contenían impresiones foliares en distintos grados de preservación.

Para el análisis de las mismas se llevaron a cabo dos metodologías separadas, una para la descripción y clasificación de los fósiles, en este caso impresiones foliares; y otra para el análisis de la rocas portadoras.

Previamente, se había realizado una exhaustiva recopilación bibliográfica con el objetivo de reunir información acerca de la geología y paleontología de la zona de estudio.

Análisis fosilífero

Para la observación y el análisis morfológico de las impresiones foliares se llevó a cabo el lavado de las muestras utilizando agua y pinceles, removiendo las partículas superficiales. Algunos materiales requirieron de limpieza mecánica con agujas y/o percutor eléctrico para dejar visible parte de la impresión incluida dentro del sedimento.

Posteriormente se comenzó con la observación a simple vista y con lupa estereoscópica con el fin de realizar una primera diferenciación morfológica. Una vez separadas, para una visualización a detalle de los fósiles y posterior registro fotográfico se utilizó la lupa binocular con cámara integrada modelo Nikon DIGITAL SIGHT DS-Fi1. Las fotografías a escala de mano fueron realizadas con la cámara Fujifilm FinePix S2500HD de 12 megapíxeles. Posterior al registro fotográfico a diferentes escalas se realizó la representación gráfica de los fósiles utilizando el programa de diseño gráfico Inkscape versión 1.1 sobre las fotografías digitales tomadas. Se dibujaron los bordes foliares preservados y los dañados; los diferentes órdenes de venación y sus características arquitecturales por regiones (margen, base, ápice, zona central).

Identificación

Para las descripciones del material en base a sus caracteres de arquitectura foliar fueron utilizados los manuales de arquitectura foliar de Ellis *et al.* (2009) y Ash *et al.* (1999), para la determinación de tamaño foliar fue utilizada clasificación de Webb (1959) en la cual se utiliza el término micrófilo para hojas con dimensiones entre 225-2,025 mm². Se llevó a cabo una clasificación taxonómica de las impresiones/compresiones foliares y comparación con especies actuales por medio de la revisión de herbarios digitales tales como: The Royal Botanic Gardens Kew (<https://www.kew.org/>) , The Harvard University Herbaria (<https://huh.harvard.edu/>), The Australian National Herbarium (<http://www.anbg.gov.au/cpbr/herbarium/>) e imágenes de alta resolución de especies actuales y fósiles en Wilf *et al.* (2022).

Catalogación

Una vez identificadas, las impresiones foliares fueron ingresadas al catálogo de la Colección de Paleobotánica del Departamento de Paleontología de Facultad de Ciencias bajo el acrónimo de FCDPB y su correspondiente número de muestra que van

desde el 46 al 109; adicionalmente a esto se le agregó una breve descripción junto con las coordenadas geográficas del punto en las que fueron encontradas y su asignación taxonómica. Finalmente, las muestras fueron guardadas en bolsa ziploc acompañadas de su respectiva etiqueta de identificación.

Análisis sedimentológico

Para el análisis de las rocas portadoras de las impresiones foliares se realizaron observaciones utilizando lupa de mano y lupa estereoscópica, de las cuales se obtuvo información como: color, mineralogía, tamaño de grano, selección (atributo obtenido mediante comparador visual de Compton 1962), consolidación, permeabilidad y cementación. Se clasifica la roca según el diagrama de clasificación de Pettijohn *et al.* (1987).

Por otra parte, se analizaron 9 muestras con difracción de rayos x para la identificación de arcillas. Se extrajeron 200 mg de cada muestra pulverizada utilizando un taladro Bauker con mecha de 2 mm. Estas fueron analizadas con el método de polvo cristalino, usando un difractómetro modelo Rigaku Ultima IV y radiación de Cu del Laboratorio de Cristalografía, Estado Sólido y Materiales, DETEMA de la Facultad de Química (UdelaR). Luego mediante el software Crystallographica Search-Match Version 3, 1, 0, 2 se procedió a la asignación de fases cristalinas. Los resultados se muestran en la sección correspondiente (página 50) y Anexo 1.

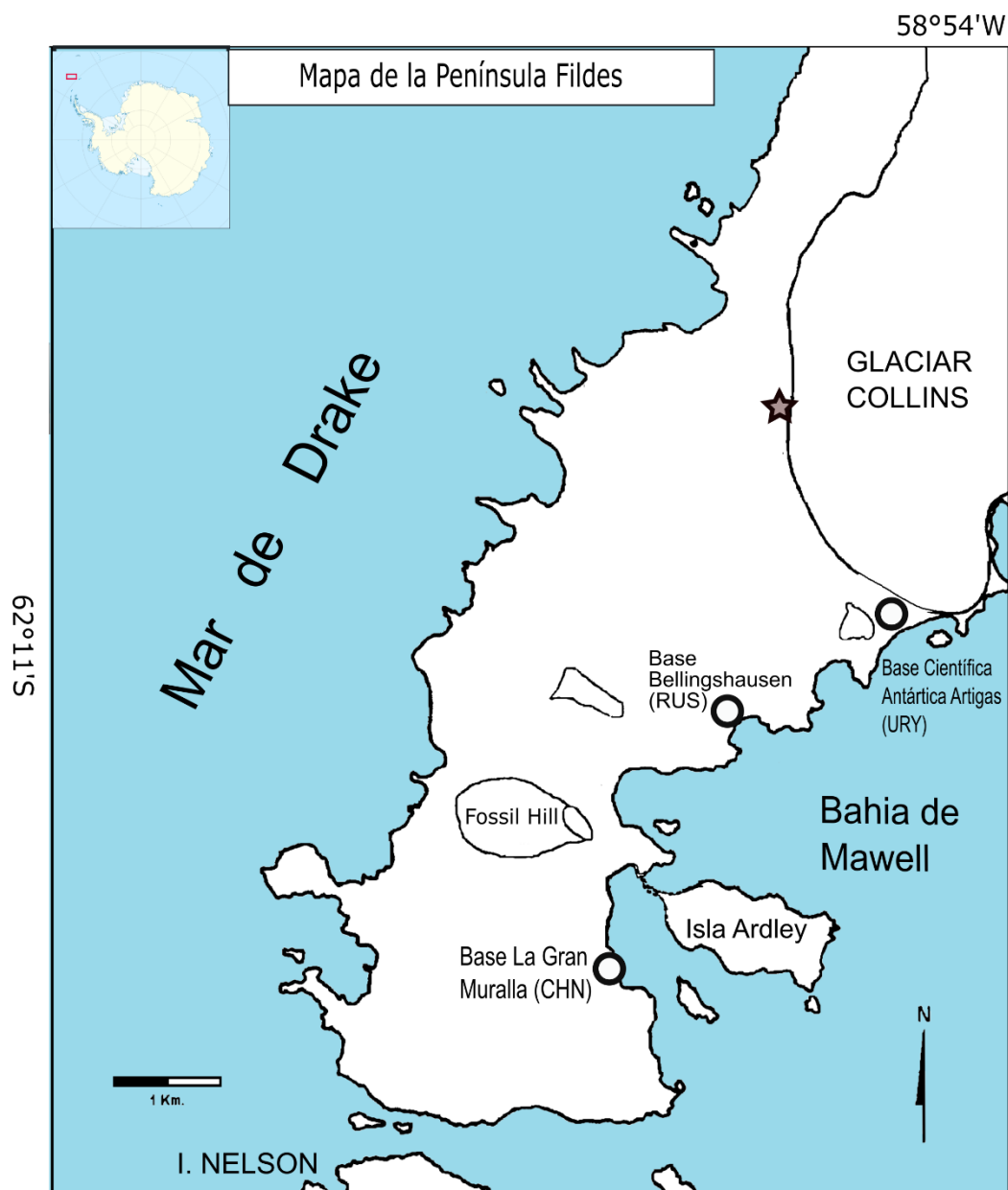


Figura 7. Mapa de la Península Fildes, Isla Rey Jorge. La estrella indica el punto de colecta de los materiales fósiles estudiados en esta tesis. URY (Uruguay), RUS (Rusia) y CHN (China).

Modificado de Perea *et al.* (2001).

Resultados

Un conjunto de 150 muestras fue analizado de las cuales 63 contienen impresiones foliares en distintos grados de preservación. De estas últimas, 12 ejemplares se asignaron a una gimnosperma correspondiente a la familia Podocarpaceae, 6 muestras se asignaron a hojas de angiospermas identificables, 11 a angiospermas *insertae sedis* (Tabla 2) y 34 fueron fragmentos indeterminables.

En resumen, solo un 30 % del total de las muestras conteniendo impresiones de macroflorapudo ser identificado. La principal limitación para la identificación de las restantes se debió al carácter incompleto de las mismas.

Tabla 2. Listado de taxones identificados.

Listado de Taxones						
Especimen	Grupo	Orden	Familia	Género	Cf	Figura
FCDPB-88A y FCDPB-88B	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	7 y 8
FCDPB-48	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-64	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-69	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-79	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-84	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-85	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-87	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-88	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-96	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-102	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-108	Gimnospermas	Pinales	Podocarpaceae	indet	Indet	
FCDPB-56	Angiospermas	Oxalidales	Elaeocarpaceae	<i>Aristotelia</i>	<i>Aristotelia</i> cf. <i>australasica</i>	9 y 13
FCDPB-65	Angiospermas	Oxalidales	Elaeocarpaceae	<i>Aristotelia</i>	<i>Aristotelia</i> cf. <i>australasica</i>	10 y 14
FCDPB-58	Angiospermas	Oxalidales	Elaeocarpaceae	<i>Aristotelia</i>	<i>Aristotelia</i> cf. <i>australasica</i>	11 y 15
FCDPB-50	Angiospermas	Fagales	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>Nothofagus</i> cf. <i>zastawniakiae</i>	17 y 19
FCDPB-53	Angiospermas	Fagales	Nothofagaceae	<i>Nothofagus</i>	<i>Nothofagus</i> cf. <i>zastawniakiae</i>	18 y 20
FCDPB-51	Angiospermas	Laurales	Atherospermataceae	indet	Indet	22 y 23
FCDPB- 107	Angiospermas	Fagales	Nothofagaceae?	indet	indet	25a y 26a
FCDPB- 101	Angiospermas	indet	indet	indet	indet	25b y 26b
FCDPB-47	Angiospermas	indet	indet	indet	indet	25c y 26c
FCDPB-74	Angiospermas	Fagales	Nothofagaceae?	indet	indet	25d y 26d
FCDPB-91	Angiospermas	indet	indet	indet	indet	25e y 26e

Descripción de las muestras foliares

Gymnospermae

Orden Pinnales. Gorozh

Familia Podocarpaceae. Endl

Gen. indet.

Materiales: FCDPB-88A y FCDPB-88B (figuras 8 y 9), FCDPB-48, FCDPB-64, FCDPB-69, FCDPB-79, FCDPB-84, FCDPB-85, FCDPB-87, FCDPB-77 (conteniendo varias hojas), FCDPB-96, FCDPB-102, FCDPB-108.

Se trata de una impresión-compresión de una hoja simple de margen liso, hoja de forma elíptica-oblonga, simétrica entre hemiláminas. Posee 3 cm de longitud y ancho de 0,4 cm uniforme. Presenta una única vena media con 0,5 mm de grosor uniforme. La base presenta un ángulo agudo, decurrente y con disposición retorcida. De forma

característica, presenta una decoloración blanquecina a ambos lados de la vena media en ejemplares que dejan ver la cara abaxial.

La muestra FCDPB88 presenta conexión orgánica con una rama. Sobre la misma roca se observa la impresión compresión de una rama de forma lineal, delgada de 1 cm de longitud y aproximadamente 1 mm de diámetro en donde se observan marcas de bases foliares persistentes. El eje principal es ramificado.

Hojas oblongas uninervias con bases retorcidas (orientando la lámina desde el eje) y la aparente distribución (por coloración) de estomas hipostomáticos, en bandas a ambos lados de la vena media, relacionan esta forma con la familia Podocarpaceae (Hill y Brodrib 1999).

En la Formación Fossil Hill, Zhou y Li (1994a), Fontes (2008) y Hunt (2001) describen diferentes ramas de coníferas con marcas de hojas y una hoja oblonga de asignación probable a *Podocarpus* sp. con una sola nervadura central pronunciada y margen entero. En particular, en los ejemplares ilustrados de Zhou y Li (1994a, lámina 2 Figs, 1 a 5) las hojas muestran un patrón similar de estomas en bandas en la cara abaxial. En lo que refiere a madera fósil de Podocarpaceae, Zhang y Wang (1994) y Poole *et al.* (2001) registran la especie *Podocarpoxylon fildesense* en una localidad fosilífera cercana a el Glaciar Collins.

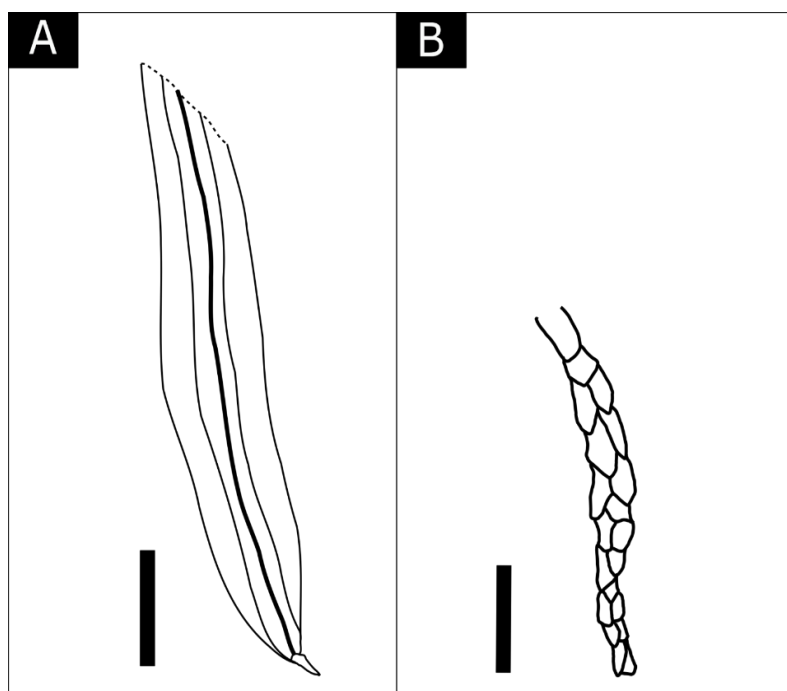


Figura 8. **Podocarpaceae.** Ilustración correspondiente al espécimen FCDPB-88A (Izquierda) y FCDPB-88B (Derecha). Escala 5 mm.

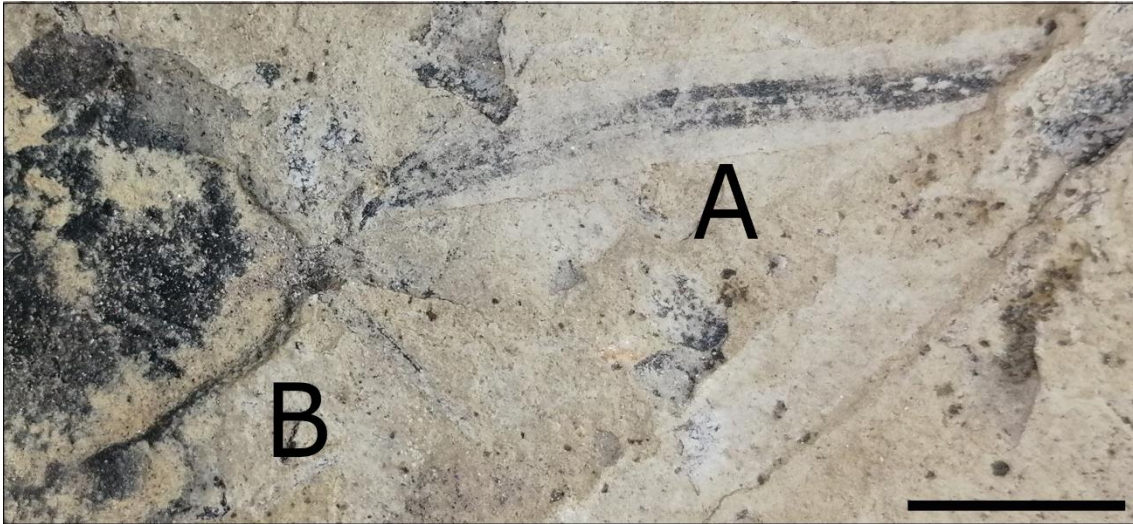


Figura 9. **Podocarpaceae**. Fotografía correspondiente al espécimen FCDPB-88A y FCDPB-88B. Escala 10mm.

Angiospermae

Orden Oxalidales. Bercht. & J. Presl

Familia Elaeocarpaceae. Juss

Género *Aristotelia*. L'Hér

***Aristotelia* cf. *Australasica*. F. Muell**

Materiales: FCDP- B65 (figuras 10 y 15), FCDP-B56 (figuras 11 y 16), FCDP-B58 (figuras 12 y 17).

Se trata de la impresión-compresión de una hoja simple de lámina entera. Presenta buen estado de preservación de la venación de alto orden. Hoja de forma ovada, presentando una leve asimetría entre las hemiláminas. Tamaño micrófilo, largo 4,5 a 4 cm y ancho de 2,1 a 2 cm. Margen serrado. La base presenta un ángulo agudo, forma no preservada. El ápice es de forma convexa (inferido) y presenta ángulo agudo. La venación primaria es pinnada. Presenta una única vena media muy marcada (1mm de ancho) que se vuelve más tenue hacia el ápice; con un recorrido suavemente sinuoso. La venación secundaria es semicraspedódroma. Está compuesta de ~10 pares de venas secundarias, de grosor normal, con un espaciamiento irregular de recorrido curvo, disponiéndose tangencialmente al margen. Surgen de la vena media con disposición opuesta decurrente y excurrentes; el ángulo de las venas secundarias respecto a la vena media aumenta hacia la base. Todas las venas secundarias emiten ramificaciones basípetas hacia el margen y se unen a la supradyacente en ángulo recto. Presenta venas intersecundarias fuertes (largo mayor a 50 % de las venas secundarias) y de recorrido curvo a sinuoso, con ángulo mayor a las venas secundarias, una o dos por

área intercostal, y no se ramifican. Venación perimarginal conformada por la unión de *loops* de venas terciarias exteriores y una vena fimbrial. Venas agróficas compuestas, con dos venas agróficas basales que emiten venas menores externas que generan *loops* o alcanzan el margen. La venación de tercer orden intercostal tiene una disposición densa (6 por cm.), posee patrón perpendicular alterno, es sinuosa en su recorrido. La variación de sus ángulos aumenta proximalmente. Venación de tercer orden epimedial con patrón perpendicular alterno, con un ángulo obtuso respecto a la vena primaria. Venación terciaria exterior *looped*, solo desarrollada basalmente. La venación de cuarto orden tiene un patrón reticulado poligonal regular, formando areolas pentagonales de 0,5 mm de tamaño. Areolación bien desarrollada. Venas libres (FEVs) no observadas. La venación última marginal es *looped*. Dientes simples, con espaciamiento regular (8 por cm), de forma triangular, st-st o st-cc o cc-st. El ápice de los dientes es simple. La forma de los senos es redondeada y amplia. Venación de los dientes suplida por una vena medial que llega hasta el ápice del diente. Esta vena medial se origina a partir de una ramificación de los *loops* de las venas terciarias exteriores más cercanas al margen.

Observaciones: Esta forma fósil de la Antártida comparte numerosos caracteres con la especie actual Australiana *Aristotelia australasica* (familia Elaeocarpaceae, figuras 13 y 17) como su forma ovada, vena media engrosada hacia la base, venación primaria pinnada, ápice recto, venación secundaria semicraspedódroma con 8-10 pares de venas. Venación intersecundaria fuertemente marcada con recorrido sinuoso, venas agróficas compuestas, venas terciarias excurrentes basales, venación perimarginal por *loops* terciarios y una vena fimbrial dientes simples con una vena medial que llega al ápice y que surge desde los *loops* de la venación más exmedial, senos redondeados y amplios.

Dentro del mismo género, la descripción del fósil también encuentra semejanzas con la especie actual *Aristotelia chilensis* de Patagonia, aunque se observa dientes de mayor tamaño y venas terciarias exteriores basípetas y acrópetas.

También encuentra semejanzas con las hojas de *Aristotelia x colensoi* (Nueva Zelanda) por la forma ovada, vena media ensanchada, venación secundaria de tipo semicraspedódroma; pero se diferencia del fósil antártico por tener margen serrado, con dientes compuestos.

Otras especies como *A. fruticosa*, *A. gaultheria* se diferencian claramente del fósil antártico porque tienen hojas elípticas de reducido tamaño. *A. peduncularis* desarrolla dientes simples y compuestos, con hojas angostas y venas secundarias rectas que

forman *loops* simples más marcados. *A. serrata* posee dientes compuestos con senos en diferente incisión, secundarias más rectas y venas agrópicas.

Otras Eleocarpaceas poseen mayormente hojas de márgenes lisos a levemente crenados *Vallea* (Sudamérica), *Antholoma* (Nueva Caledonia), *Aceratium* (Nueva Guinea y Australia), *Crinodendron* (América del Sur), *Dubouzetia* (Nueva Guinea, Nueva Caledonia y Australia), *Elaeocarpus* (Australia), *Peripentadenia* (Australia), *Sericolea* (Nueva Guinea) y en ocasiones con una vena fimbrial marcada (*Acerathium*, *Antholoma*, *Elaeocarpus*) u hojas muy reducidas como los géneros Australianos *Platytheca* y *Tetratheca*. *Tremandra* (Australia) tiene hojas dentadas con venación semicraspedódroma, pero es herbácea con hojas membranáceas y muy pilosas. *Sloanea* y *Crinodendron* (Sudamérica) pueden desarrollar dientes, pero las venas secundarias son en menor número dejando amplios espacios en el interarea. En el caso de *Peripentadenia* (Australia) las intersecundarias se disponen en ángulo perpendicular a la vena media. *Sloanea* (América del Sur y Australia) desarrolla pequeños dientes pero no posee intersecundarias y las hojas son de forma elíptica a obovada.

Registro fósil de Eleocarpaceae

Hojas de Eleocarpaceae se han referido para el Terciario de Australia (Ej. Chapman, 1935; Christophel y Greenwood, 1987; Christophel *et al.* 1987), pero sus asignaciones son dudosas ya que comparten muchas características morfológicas con varias especies de Cunoniaceae (Barnes y Hill, 1999; Pole, 1993; Barnes *et al.* 2001) y son muy diferentes a las de las formas aquí descriptas.

Poole (1993) describe hojas aff. *Elaeocarpus/Sloanea* cuya forma es similar a la muestra descrita debido a que posee venación primaria pinnada, venación intersecundaria presente, venación perimarginal conformada por la unión de *loops* y una vena marginal fimbrial. Margen serrado con dientes simples, triangulares con senos redondeados. Se diferencia debido a que posee venación craspedódroma, entre 16 y 23 pares de venas secundarias y dientes de tipo cc-cv con espinas apicales.

Petriella (1972) describe madera fósil de *Elaeocarpoxylon sloanoides* en el Paleoceno de Patagonia. Ruiz (2018) encuentra mayores caracteres anatómicos en común con *Vallea*, aunque comparte con *Aristotelia* la ausencia de idioblastos con cristales. *E. sloanoides* es el único registro de madera fósil para América del Sur. (Prakash y Dayal 1964 describieron otra madera para el Terciario de India).

Frutos de Elaeocarpaceae fósiles como *Elaeocarpus peterii* (Rozefelds y Christophel) y *E. steffaris* (L.S. Smith) se han hallado en la localidad de Glencoe del Oligo Mioceno en el centro de Queensland en Australia y al noroeste de Australia, respectivamente; siendo *E. clarkei* (F. Muell) un elemento característico del Oligoceno-Mioceno del Sureste de Australia (Rozefeld y Christophel 1996).

Frutos fósiles documentan la presencia de *Sloanea L.* en Groenlandia y latitudes medias de América del Norte durante el Paleoceno (Manchester, 1999). Reid y Chandler (1933) reconocieron frutos de *Sloanea* del Eoceno temprano en Londres, que asignaron a *Echinocarpus Blume*.

Distribución actual de la familia Elaeocarpaceae

Actualmente en la región neotropical la familia está representada por los géneros *Vallea Mutis ex L. f.*, *Crinodendron* Molina (endémicos de América del Sur) y *Sloanea L.* El género *Sloanea* cuenta con 150 especies que se distribuyen en América, Oceanía, Antártica y Asia (Mabberley, 2008). En la región neotropical, el género se distribuye desde México hasta el sur de Brasil. En sur de América del Sur, el registro actual de Elaeocarpaceae se limita a cuatro especies, todas arbóreas y de diferentes géneros: *Aristotelia chilensis* (Molina) Stuntz, que se extiende desde el sur hasta la región cuyana, *Crinodendron tucumanum* Lillo y *Vallea stipularis* L. f., del noroeste de Argentina (Zuloaga *et al.*, 2008) y *Sloanea lasicoma* del norte de Misiones y Brasil (Keller *et al.* 2012), no existiendo registro fósil.

Actualmente en Australia habitan *Platytheca* y *Tremandra* (endémicas del suroeste de Australia Occidental), cada una con dos especies (Darren. M., *et. al.* 2006) y *Tetratheca*, con aproximadamente 50 especies se distribuye por el sur de Australia (Thompson, 1976; Alford, 1995).

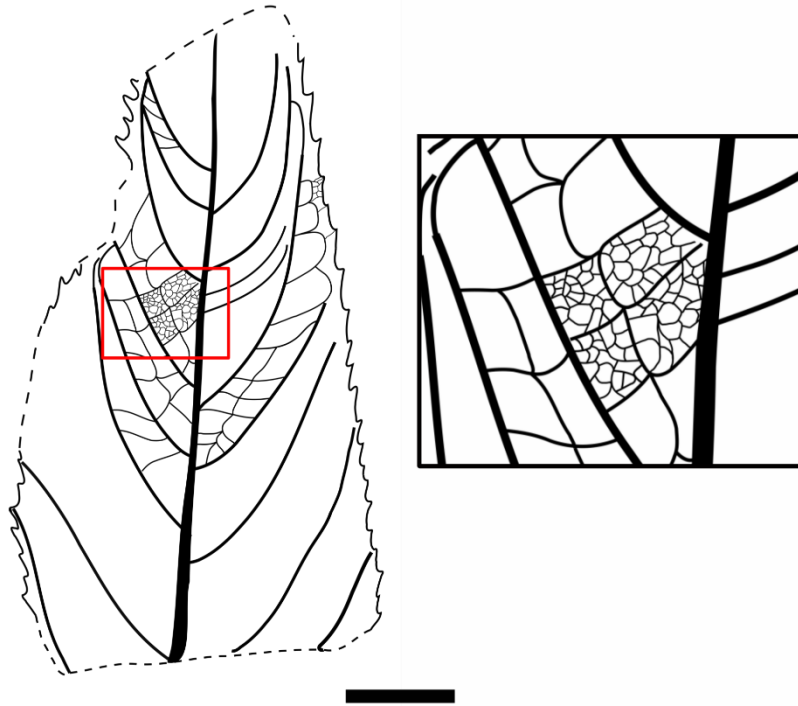


Figura 10. *Aristotelia* cf. *australasica* (Elaeocarpaceae). Ilustraciones correspondientes al espécimen FCDPB-56. Escala 5mm.

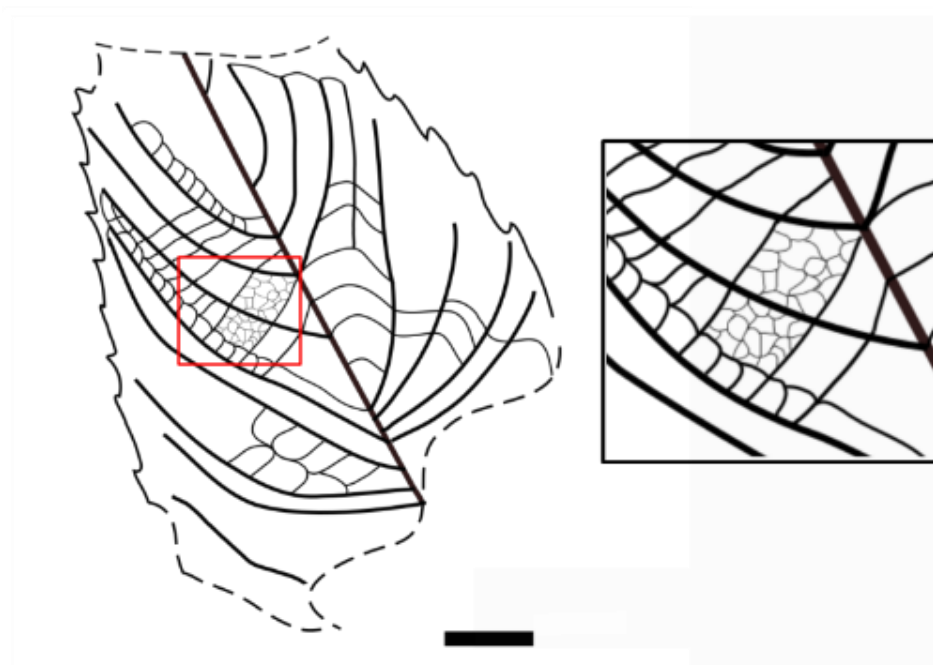


Figura 11. *Aristotelia* cf. *australasica* (Elaeocarpaceae). Ilustraciones correspondientes al espécimen FCDPB-65. Escala 5mm.

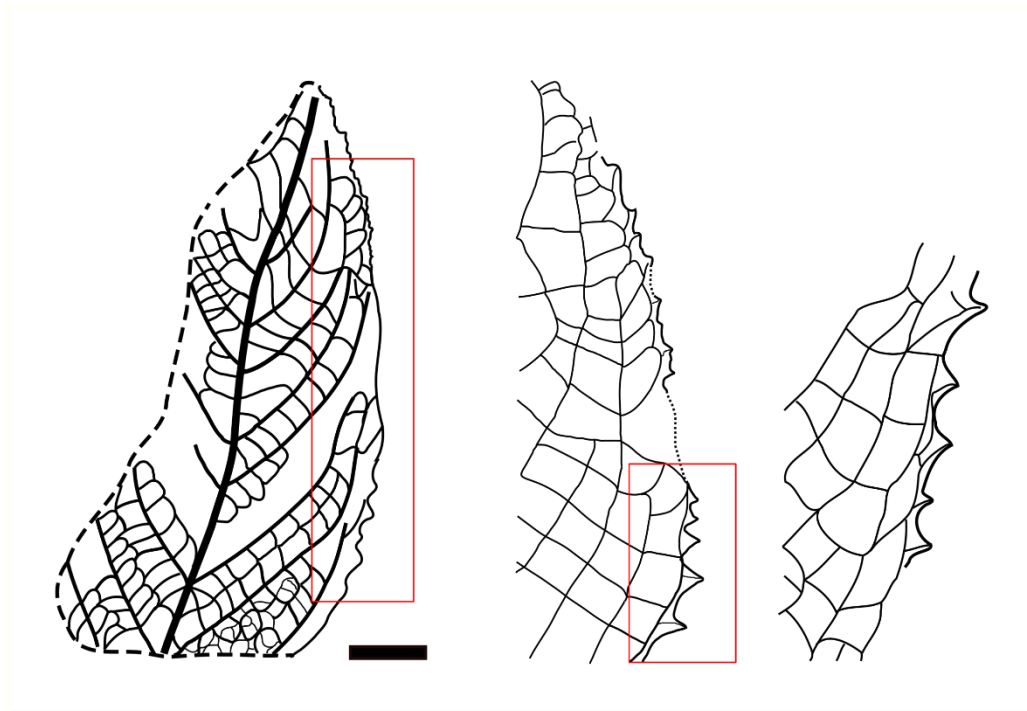


Figura 12. *Aristotelia* cf. *australasica* (Elaeocarpaceae). Ilustraciones correspondientes al espécimen FCDPB-58. Escala 5mm.

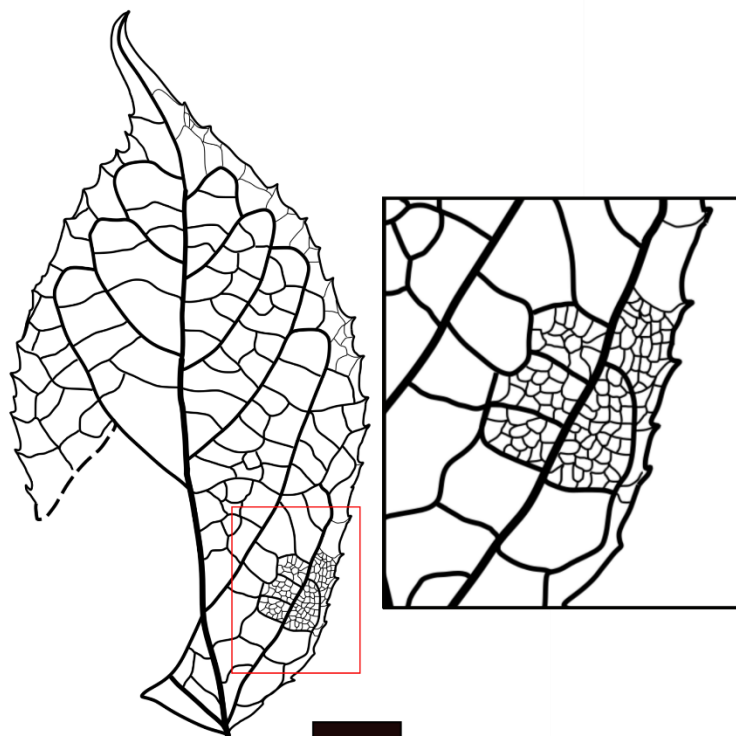


Figura 13. Ilustración de la especie actual *Aristotelia australasica* (Elaeocarpaceae), Redibujado de la colección del Museo de Melbourne del Herbario Royal Botanic Gardens. Escala 10mm.

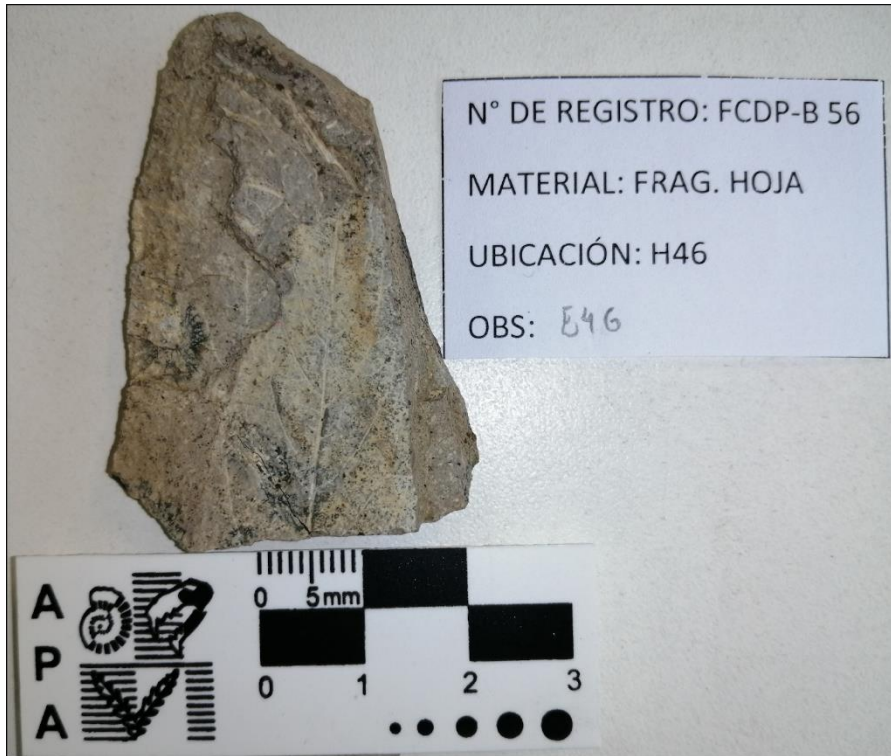


Figura 14. *Aristotelia* cf. *australasica* (Elaeocarpaceae). Fotografía correspondiente al espécimen FCDPB-56.



Figura 15. *Aristotelia* cf. *australasica* (Elaeocarpaceae). Fotografía correspondiente al espécimen FCDPB-65.

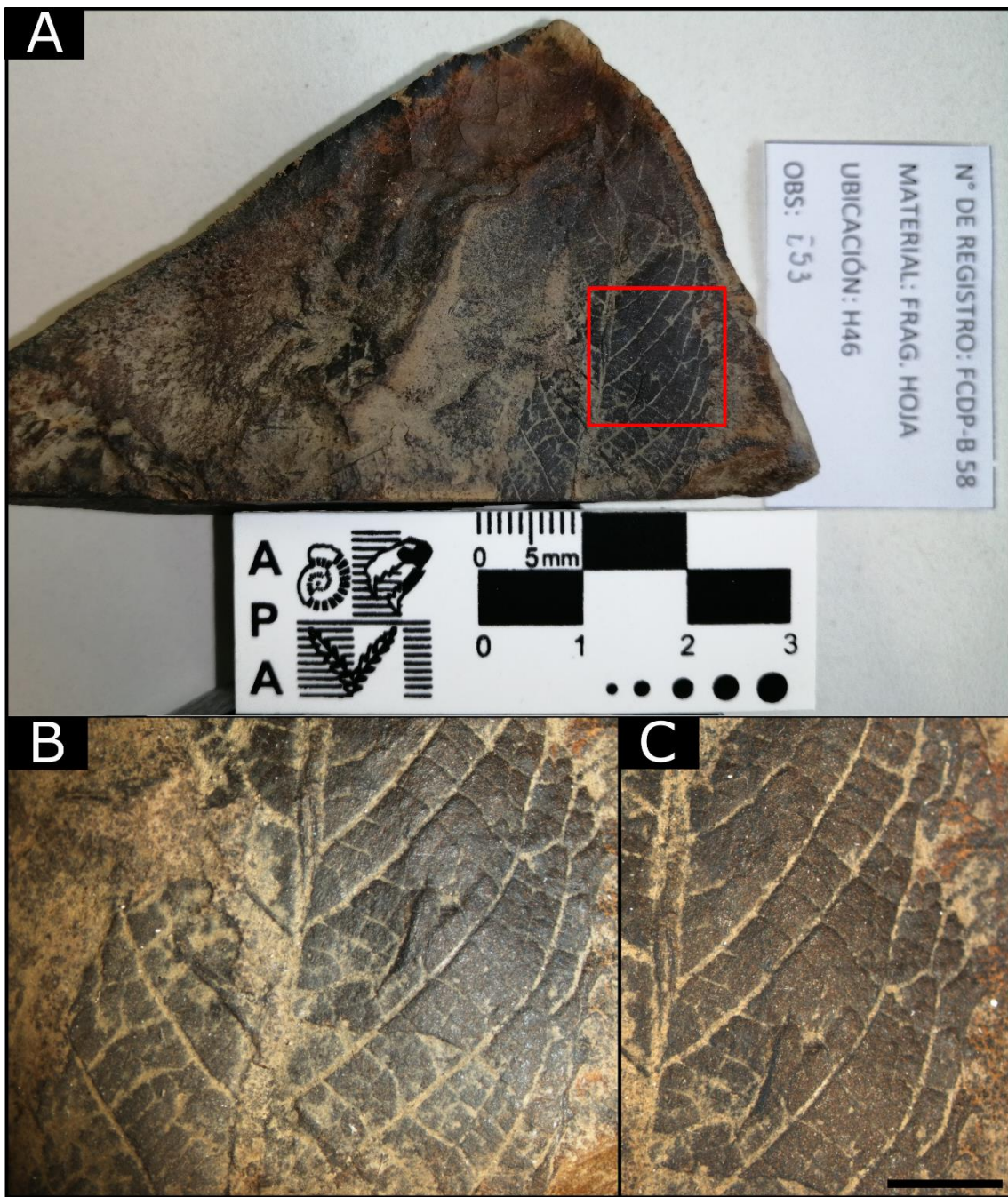


Figura 16. *Aristotelia* cf. *australasica* (Elaeocarpaceae). Fotografías correspondientes al espécimen FCDPB-58. Escala figura B y C 3mm.

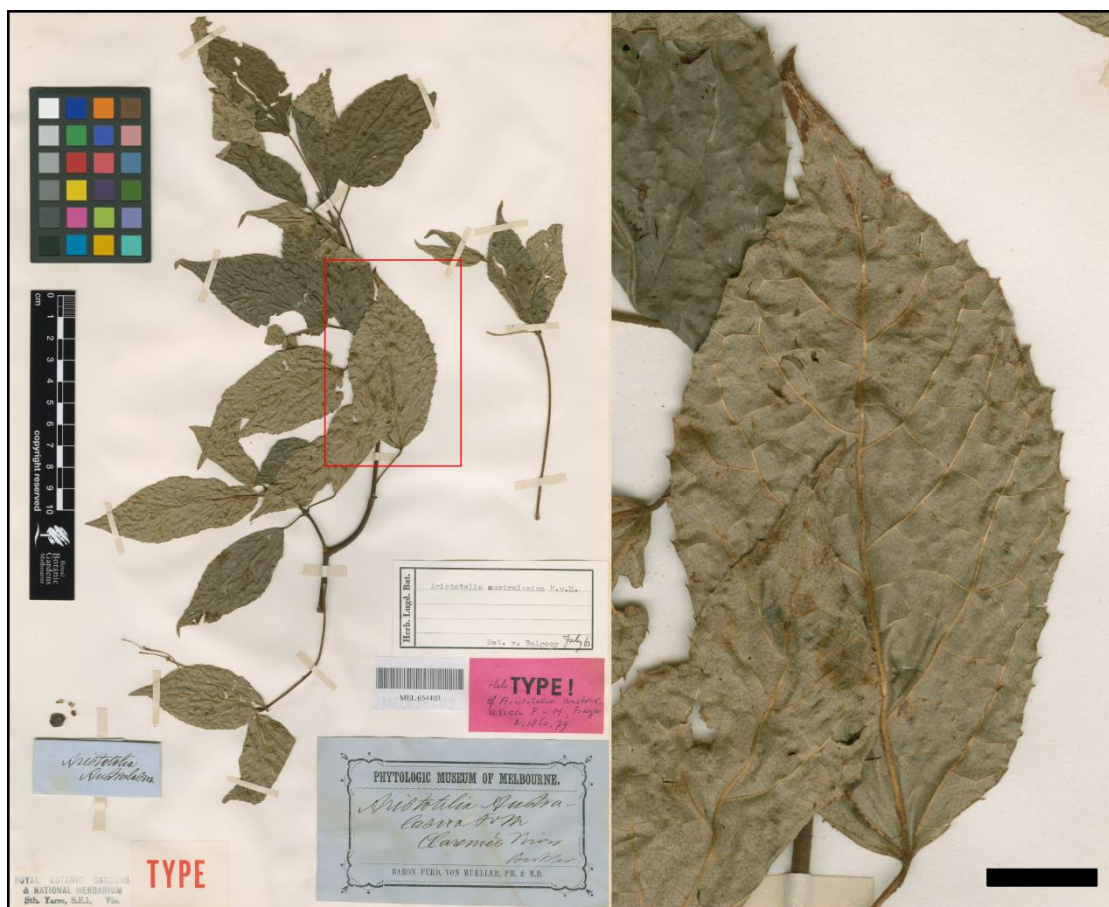


Figura 17. Fotografía de la especie actual *Aristotelia australasica* (Elaeocarpaceae). Imagen tomada del material tipo en la colección del Museo de Melbourne del Herbario Royal Botanic Gardens (MEL 654403). Figura de la izquierda (escala de 10 cm), figura de la derecha (escala de 10 mm).

Orden Fagales. Engl

Familia Nothofagaceae. Kuprian

Género *Nothofagus*. Blume

Nothofagus cf. *Zastawniakiae*. Dutra & Batten

Materiales: FCDP-B50 (figuras 18 y 20), FCDP-53 (figuras 19 y 21).

Se trata de la impresión de una hoja simple de lámina entera. El tamaño foliar es micrófilo de más de 7 cm de largo y de 2,5 cm. de ancho (relación L/A > 1:3). La lámina

es de forma ovada, de hemiláminas simétricas. La base es de ángulo agudo, forma no preservada, pero fuertemente asimétrica (figura 18). Ápice no preservado. El margen de la hoja es de tipo serrado, excepto en el ángulo basal que es liso. La venación primaria es pinnada. Vena media gruesa (c.a. 1 mm de ancho), se vuelve más tenue hacia el ápice; de recorrido recto a levemente sinuoso al salir las venas secundarias. Venación secundaria craspedódroma. Con más de 9 pares de venas secundarias, de grosor normal y recorrido recto y grosor fuerte, espaciamiento regular partiendo de la vena media en forma excurrente, con disposición subopuesta, ángulo respecto a la vena media muy uniforme. Presencia de un par de venas basales de recorrido levemente curvo cercanas al margen basal. Venación perimarginal organizada por una vena fimbrial delgada. Venas intersecundarias ausentes. Venación terciaria intercostal con un patrón percurrente perpendicular alterno. Las venas de tercer orden están dispuestas en forma muy densa (~14 por cm.) y tienen un recorrido sinuoso, el ángulo respecto a la vena media es de patrón consistente. Venación terciaria epimedial con un patrón percurrente perpendicular alterno y un ángulo agudo respecto a la vena primaria similar a las venas secundarias. Venación terciaria exterior partiendo de venas secundarias en forma curva, sin ramificar y terminando en el margen. Venación de cuarto y quinto orden con patrón reticulado poligonal regular. Areolación moderadamente desarrollada. Venación libre terminal no observada. La venación última marginal termina en la vena fimbrial. Los dientes son pequeños, compuestos (diferenciados en dos órdenes) con espaciamiento regular, de forma cóncava-convexa (CC-CV), cóncava-cóncava (CC-CC) o flexuosa-convexa (FL-CV). Dientes de mayor orden de aproximadamente 1,5 mm separados cada 4-5 mm con 3 o 4 cúspides menores de 0,3 mm en el flanco proximal. Los senos son agudos, muy poco incisos. Tres venas terciarias exteriores basípetas curvadas inervan cúspides de menos orden. La vena secundaria entra medialmente al diente de mayor orden. Una cuarta cúspide por arriba del diente de mayor orden es inervada por una vena terciaria exterior acrópeta que se une con una vena terciaria distal de la vena secundaria secundaria suprayacente. Hacia la parte media de la hoja se encuentra solo una cúspide menor entre cúspides mayores (figura 19) siendo dientes simples hacia la parte apical de la lámina. La venación principal de los dientes entra medialmente hasta el ápice. Venación accesoria de dientes suplida por una vena fimbrial.

Observaciones: Esta forma foliar es posible asignarla al género *Nothofagus* (familia Nothofagaceae) sobre la base de presentar una venación primaria pinnada, venación secundaria craspedódroma simple, secundarias rectas y uniformes con al menos una ramificación externa, y venación terciaria percurrente (Romero 1980; Romero y Dibbern

1985; Gandolfo y Romero 1992; Premoli 1996; Pujan et al 2020). La vena media suele ser zigzagueante al salir las secundarias, es común la presencia de una vena fimbrial débil como venación perimarginal, y la lámina suele tener plicamiento (en especies caducifolias). En general las hojas fósiles de *Nothofagus* varían de formas pequeñas (menos de 1 cm de largo) hasta medianas (aproximadamente 9 cm de largo), con margen serrado, dientes redondeados a agudos (serrados) y muchas a pocas venas secundarias típicamente rectas (Tanai 1986).

Dutra y Batten (2000) y Li y Zhou (2007) describen *N. zastawniakeae* para las formaciones Zamek y Fossil Hill (respectivamente). Esta forma se caracteriza por venas ovadas con base cuneada asimétrica (Dutra y Batten 2000, Fig 11C, reproducida aquí en la figura 22A), similar a la muestra descrita debido a que posee venación primaria pinnada, vena media recta y robusta volviéndose más tenue hacia el ápice, venación secundaria craspedódroma, con 8 a 10 pares de venas secundarias que divergen con ángulo agudo respecto a la vena media, venación terciaria percurrente. Al menos una vena agrófica. Lamentablemente no indican características del margen preservado, de los dientes o su venación para comparar, pero en la foto del espécimen PB20823 (figura 22B) de Li y Zhou (2007) es posible observar un patrón similar de dientes y venación que aquel observado en las muestras estudiadas en esta tesis.

Li y Zhou (2007) proponen la utilización del morfogénero "*Nothofagofolia*" para esta especie, pero en concordancia con abundante bibliografía consultada (Romero y Dibbern 1985; Jordan y Hill 1999; Vento y Agrain 2018), aquí en esta tesis, no consideramos pertinente su uso.

Comparación con el registro fósil de *Nothofagus*

Entre las formas fósiles conocidas, quizá la especie con arquitectura foliar más semejante a *Nothofagus zastawniakeae* es *N. subferruginea* (Dusén) Tanai, originalmente descrita sobre la base de materiales de la Formación Loreto (Oligoceno-Mioceno) de la región de Magallanes (Chile); ésta entre 4 a 8,2 cm de largo y 2,5 cm de ancho, con forma ovada levemente angosta, con 10 a 18 pares de venas secundarias subopuestas que parten de la vena media con ángulo agudo; y sin venas intersecundarias. Pero se diferencia en que en *N. subferruginea* el margen es serrado con dientes compuestos, presentando un diente principal inervado por una vena secundaria medial, la cual produce una única ramificación basal que inerva un único diente de menor orden (Romero y Dibbern 1985; Tanai 1986).

Birkenmajer y Zastawniak (1989) observan dos hojas plicadas muy similares que asignan a "*N. subferruginea*" en la Formación Zamek de la Bahía Admiralty de la Isla Rey Jorge (asignada al Eoceno por Warny *et al.* 2015 y Mozer *et al.* 2015) las cuales similarmente a las formas aquí descritas, presentan venación primaria pinnada, venación secundaria craspedódroma, con al menos 8 pares de venas dispuestas de forma subopuesta y margen serrado con dientes compuestos con varias cúspides intermedias (Birkenmajer y Zastawniak 1989 Figs 3.2 y 7.5), no correspondiendo a la diagnosis de la especie (*sensu* Tanai 1986).

Dutra (2001) reconoce formas similares asignadas a "*N. subferruginea*" en la localidad de Fossil Hill (Isla Rey Jorge) con hojas con 10 pares de venas secundarias subopuestas, de margen serrado con dientes compuestos pero con varias cúspides intermedias. A diferencia de la forma aquí descrita, las formas de la localidad de Fossil Hill presentan una lámina con una base mucho más ancha (Dutra 2001 Fig 4G)

En base a la enmienda de la descripción de *N. subferruginea* por Tanai (1986), los especímenes del Eoceno de la Isla Rey Jorge, ilustrados tanto por Birkenmajer y Zastawniak (1989) como por Dutra (2000), no coinciden en la organización de los dientes y su venación con esta especie. En este sentido son mucho más parecidos al taxón presentado en esta tesis.

Otras especies foliares de *Nothofagus* descritas para la Isla Rey Jorge en la Formación Fossil Hill son *Nothofagus betulifolia* definida por Dutra (2000) y descrita por Li y Zhou (2007) y Fisch (2009) la cual se caracteriza por poseer lámina ovada, asimétrica de 12 cm o más y hasta 9 cm de ancho, vena primaria pinnada, venación secundaria craspedodróna, de la vena media divergen al menos 5 a 8 pares de venas secundarias de recorrido levemente curvo, a diferencia de la forma aquí descrita de la cual divergen 9 o más pares de venas secundarias de recorrido recto.

Li y Zhou (2007) describen *Nothofagolia carpinooides* para la Formación Fossil Hill, forma que difiere del morfotipo descrito debido a que presenta hojas asimétricas, lanceoladas de casi 11,6 cm de largo y 3,5 cm de ancho, margen serrado con dientes espinosos de aproximadamente 2 mm de largo y un diente secundario entre cada dos dientes principales adyacentes.

Dusén (1907) describe a *Fagus integrifolia* del Mioceno de las Barrancas de Carmen Sylva (Tierra del Fuego, Argentina) como hojas de borde liso con pequeños dientes hacia arriba, con venación de segundo orden de tipo craspedódroma y hasta 12 pares

de nervaduras secundarias (Romero y Dibbern 1985 Plate II Figs. 21-22; Tanai 1986). Sin embargo, esta especie posee dientes simples a diferencia del nuevo registro de la Isla Rey Jorge en la que se destaca la presencia de hasta 4 cúspides menores.

Castaneophyllum patagonicum (Berry) Wilf (Juglandaceae), del Eoceno de Patagonia (Wilf *et al.*, 2019) al igual que el material de la Antártida presenta lámina simple, ovada, sin lóbulos y margen serrado. Presenta hasta 17 pares de venas secundarias de recorrido recto a levemente sinuoso hacia el margen. A diferencia del material descrito, ésta no presenta bifurcaciones en el margen y posee dientes simples.

La forma descrita en este trabajo es comparable con el morfotipo SA004 descrito por Iglesias (2007) e Iglesias *et al.* (2021) debido a que se trata de una hoja de lámina simple, forma ovada, venación secundaria craspedódroma y margen serrado con dientes compuestos de los cuales se observan de 2 a 3 cúspides basales y 1 o 2 apicales, resultando aproximadamente 4 dientes por cm. Se diferencia con el ejemplar descrito ya que los ápices son directamente innervados por una vena medial que se ramifica a las cúspides menores.

Distribución actual de género *Nothofagus*

Actualmente el género posee entre 34 a 36 especies reconocidas (con presencia de híbridos), distribuidas en la zona templada del sur de América del Sur, el sureste de Australia, Tasmania, Nueva Zelanda y también al sur del ecuador en las montañas tropicales de Nueva Guinea, Nueva Bretaña y Nueva Caledonia (Li y Zhou, 2007). Comparando las especies actuales con las (nuevas) formas fósiles aquí descritas, se ha encontrado semejanzas con *Nothofagus alpina*, nativa de Chile, la cual puede presentar grandes hojas de hasta 7 cm de largo y 2,5 cm de ancho (las más grandes en Sudamérica), de forma ovada y con hasta 13 pares de venas secundarias de curso recto. Al igual que en la especie fósil de la Antártida, el margen es serrado. Otras especies nativas de Chile son: *N. betuloides*, *N. pumilio*, *N. dombeyi* y *N. antartica*.

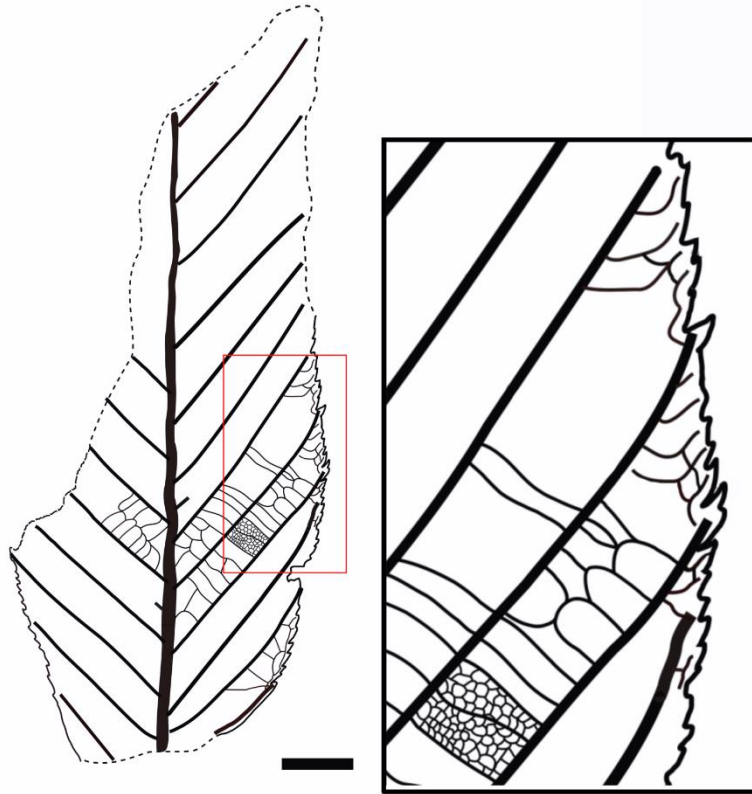


Figura 18. *Nothofagus* cf. *zastawniakiae* (Nothofagaceae). Ilustración correspondiente al espécimen FCDPB-50. Escala 5mm.

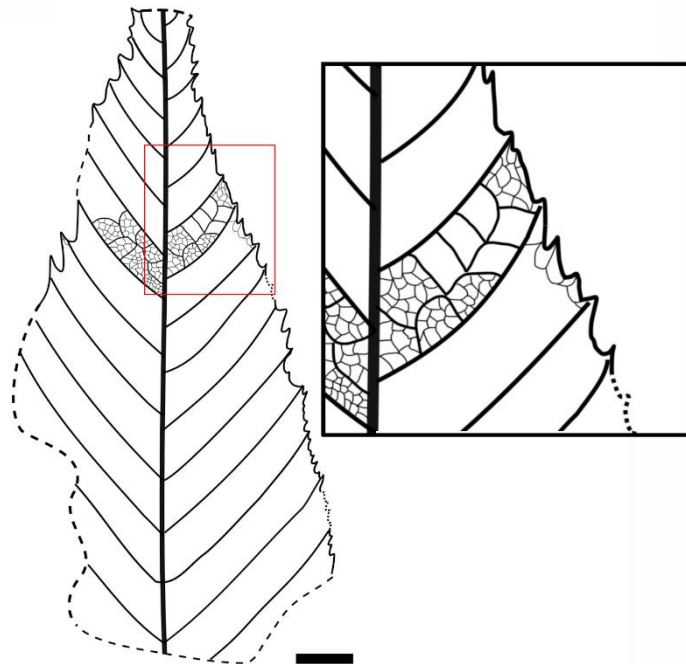


Figura 19. *Nothofagus* cf. *zastawniakiae* (Nothofagaceae). Ilustración correspondiente al espécimen FCDPB-53. Escala 5mm.



Figura 20. *Nothofagus* cf. *zastawniakiae* (Nothofagaceae). Fotografías correspondientes al espécimen FCDPB-50.



Figura 21. *Nothofagus* cf. *zastawniakiae* (Nothofagaceae). Fotografías correspondientes al espécimen FCDPB-53.

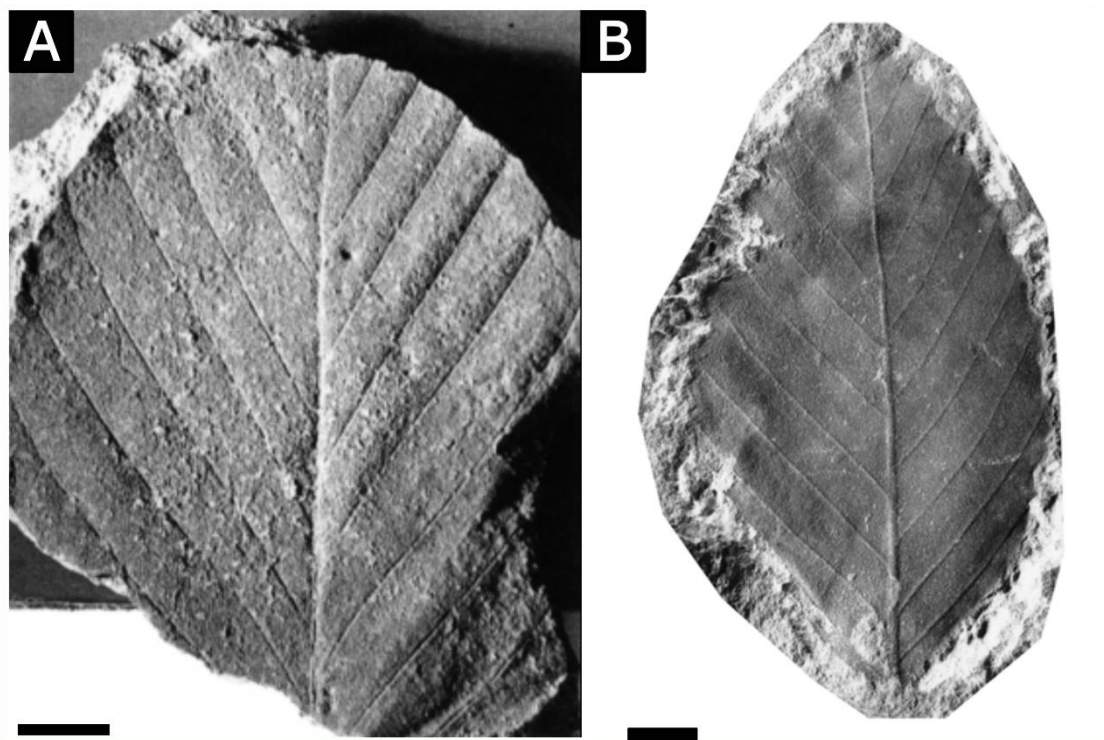


Figura 22. A. Especimen ANTF22-003E-4, material tipo correspondiente a *Nothofagus zastawniakiae* de la Formación Zamek, tomado de Dutra y Batten (2000 Fig 11B). Escala 10 mm. B. Especimen PB20823 material correspondiente a "*Nothofagofolia*" *zastawniakiae* Tomado de Li y Zhou (2007). Escala 10 mm.

Orden Laurales. Juss. ex Bercht. & J.Presl

Familia cf. Atherospermataceae. R.Br

Insertae sedis

Material: FCDP-B51 (figuras 23 y 24).

Se trata de una hoja simple de lámina entera, forma ovada u oblonga. Presenta hemiláminas simétricas. El tamaño foliar es micrófilo, de más de 4 cm de largo y 2,9 cm de ancho (relación L/A~1:3). Base no preservada. Ápice no preservado. Margen de la hoja serrado. La venación primaria es pinnada. Presenta una vena media de un 1 mm de ancho, muy marcada, cuya dirección es recta a levemente sinuosa al salir las venas secundarias. La venación secundaria es craspedódroma, con más de siete pares de venas, de grosor normal, cuyo espaciamiento es regular. La venación secundaria se dispone en forma alterna con un patrón uniforme respecto a la vena, cercano a 40° partiendo en forma excurrente. Venas intersecundarias ausentes. Venación terciaria

intercostal con patrón perpendicular alterno, de recorrido sinuoso a recto, con patrón consistente, grosor fino (en relación con las venas secundarias) y de disposición densa (14 por centímetro). Venación terciaria epimedial percurrente alterna, uniforme; se dispone con un ángulo agudo respecto de la vena media. Parte distal de las venas epimediales se disponen paralelas a las venas secundarias. Venación terciaria exterior *looped*. Venación de cuarto y quinto orden con patrón reticulado poligonal regular. Areolación bien desarrollada. Vénulas de terminación libre no observadas. Venación última marginal de tipo *loops* completos. Venación perimarginal conformada por una vena fimbrial y una vena intramarginal. El margen presenta dientes curvos de tipo compuesto, con dientes de primer orden y una cúspide menor en el flanco basal; con espaciamiento regular. Dientes de primer orden muy curvos, con forma st-cv o cc-cv; dientes de segundo orden de forma st-cv. La forma de los senos es redondeada amplia entre dientes de primer orden y redondeada angosta entre el diente de primer orden y su cúspide basal. El ápice del diente es espinoso, con una proyección engrosada. La venación de los dientes se compone de una vena secundaria que lo recorre medialmente y que se extiende con fuerza hasta el ápice del diente. La venación accesoria es *looped* y se une a la vena fimbrial. Diente de segundo orden (cúspide en flanco basal) está inervado por una vena medial independiente, que se genera desde el loop de una vena terciaria exterior o vena intramarginal, antes de entrar a la cúspide. Venación accesoria *looped* que se une a la vena fimbrial.

Observaciones: A pesar de contar con solo un ejemplar fragmentario, la buena preservación de la venación se asemeja a especies del género australiano *Daphnandra* (familia Atherospermataceae). Esta familia se caracteriza por poseer venas secundarias débilmente broquidódromas y dientes de forma 'monimioide', típicamente grandes, muy irregulares y, a menudo, compuestos cuando hay dos órdenes de dientes presentes (Hickey y Wolfe 1975; Knight y Wilf 2013). Además, poseen estomas en la superficie abaxial de la lámina y pelos exclusivamente no glandulares (Watson y Dallwitz 1992).

Entre las especies actuales, muestra similitudes con la especie actual *Daphnandra apatela* (figura 25), que actualmente vive en Australasia (Nueva Gales del Sur y Queensland) compartiendo caracteres como hojas ovadas, venación primaria pinnada, vena media engrosada, venación de tercer orden percurrente, finas y densas, margen serrado con dientes curvos compuestos, con una cúspide de orden mayor y una cúspide basal menor, venación terciaria exterior *looped*, presencia de vena fimbrial.

La especie de Australia *D. johnsonii* posee dientes compuestos similares a la muestra estudiada, sin embargo en sus hojas pequeñas se observa venación de segundo orden

curva y muy espaciada. Por otra parte, la especie australiana *D. repandula* posee venación terciaria muy densa.

Entre los registros fósiles, varios caracteres también son compartidos con *Atherospermophyllum guinazui* del Eoceno de Patagonia (Berry, 1938, Knight and Wilf, 2013) Sin embargo, a diferencia de la muestra FCDP-B51, la vena media en *A. guinazui* es basalmente engrosada y la venación secundaria es de tipo broquidodroma leve (weakly brochidodromous). Hacia el ápice de los dientes tanto en *A. guinazui* como en *D. apetala* se observa una glándula apical (tylate/cassidate) carácter que no fue observado en el espécimen de la Antártida.

En *Atherosperma*, que hoy vive en Australia se observan especies generalmente de margen liso, y cuando poseen dientes, éstos son simples. Mientras tanto, los géneros *Doryphora* (Australia), y *Laurelia* y *Laureliopsis* (que hoy viven en Sudamérica y Nueva Zelanda) poseen mayormente dientes curvos y simples, con venas secundarias de curso variable en dirección y que pueden ser de tipo cladódroma o semicraspedódroma.

Laurelia otagoensis del Mioceno de Nueva Zelanda (Conran *et al.*, 2013) posee venación semicraspedódroma, dientes de menor tamaño, no recurvados y simples.

En la especie actual de Sudamérica *Laureliopsis philipiana* (conocida como tepa, en la selva valdiviana del sur de los Andes) se observa margen serrado con dientes compuestos de similar desarrollo. En este caso el diente basal es inervado por una muy prolongada ramificación de la vena secundaria. A diferencia de la (nueva) forma de la Antártida, la venación secundaria es semicraspedódroma y no es homogénea a lo largo del margen de la hoja.

El género de Nueva Guinea, *Dryadodaphne* posee venación secundaria festoon-brochidodroma y pequeñas crenas, mientras que el género de Nueva Caledonia, *Nemuaron*, tiene hojas reducidas, con dientes simples y redondeados.

De los 12 caracteres estudiados en Knigh y Wilf (2013) apéndice 2 y 3, la muestra presenta mayor compatibilidad con las especie de *Daphnandra micrantha* (presente en la costa este de Australia) con la cual comparte 7 de la totalidad de caracteres analizados, dentro de los cuales se incluyen el no engrosamiento basal de la vena media así como la ausencia de intersecundarias, la presencia poco marcada de los *loops* terciarios exteriores, margen dentado, de dos a tres dientes por cm, dos órdenes de dientes y presencia de venación accesoria *looped* en el diente. Por lo tanto, la muestra estudiada posee un 58,33% de compatibilidad con la especie mencionada. Cabe

destacar que no se ha podido realizar una comparación completa debido a la preservación parcial de la muestra.

Entre los géneros y especies de Atherospermataceae mencionadas la muestra FCDPB-51 difiere por la venación de segundo orden de tipo craspedódroma, con venas secundarias rectas. No obstante, la existencia y forma de la venación perimarginal generando leves arcos de venas hacia el margen, un carácter que, en conjunto con la característica forma de los dientes y el tipo de venación al diente, sugiere su parentesco con la familia, principalmente con el género australiano *Daphnandra*. En conclusión, la forma de la Antártida podría estar representando un nuevo género fósil (extinto) en la familia.

Por otra parte, esta nueva forma descrita comparte algunas características con el género *Nothofagus* en cuyo diagnóstico se presentan caracteres como: venación primaria pinnada, venación secundaria craspedódroma, secundarias uniformes y venación terciaria percurrente además del margen serrado. En este caso, se destaca la similitud con *Nothofagus multinervis* de Li y Zohu (2007) la cual fue definida para la Formación Fossil Hill. Esta especie posee hojas asimétricas, con forma ovada y lámina ancha. Similarmente a la muestra aquí descrita, posee nervadura pinnada, venación de segundo orden de tipo craspedódroma y regularmente espaciada y terciarias percurrentes. Posee margen dentado compuesto, con dos órdenes, se observa un diente de primer orden de forma cc-cv y al menos 2 dientes de segundo orden de forma st-cv, posee tres dientes por cm. Difiere de esta nueva forma debido a que presenta 14 pares de venas secundarias, mientras que el espécimen FCDPB-51 presenta hasta 7 y la vena ingresa medialmente al diente de primer orden y se ramifica inervando las cúspides subsidiarias.

En conclusión, dicha muestra comparte caracteres generales diagnósticos con el género *Nothofagus*, principalmente la venación de segundo orden de tipo craspedódroma. Sin embargo, la existencia de venación perimarginal que genera arcos de venas hacia el margen y dientes compuestos con una vena media que se extiende hasta el ápice del mismo, se diferencia de la diagnosis de *Nothofagus* y sugieren su filiación con la familia Atherospermataceae y en especial con el género *Daphnandra*.

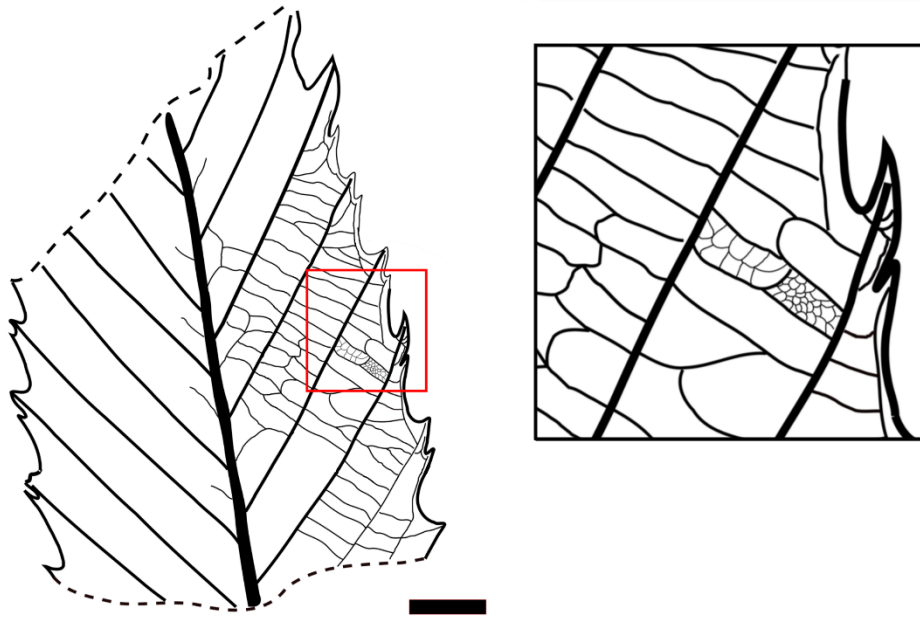


Figura 23. cf. **Atherospermataceae**. Ilustraciones correspondientes al espécimen FCDPB-51.
Escala 5mm.

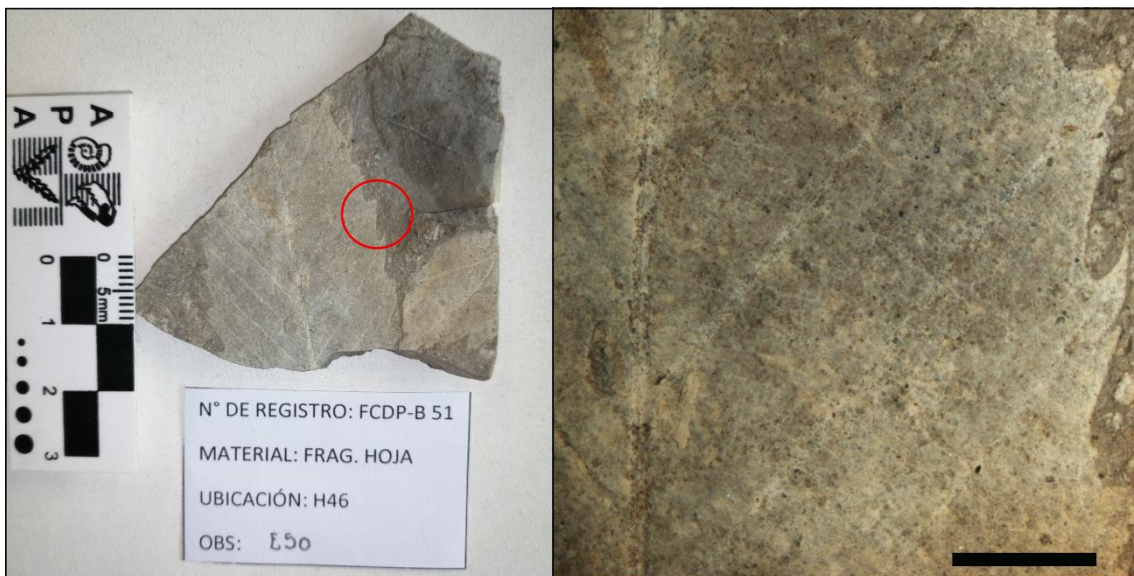


Figura 24. cf. **Atherospermataceae**. Fotografías correspondientes al espécimen FCDPB-51.

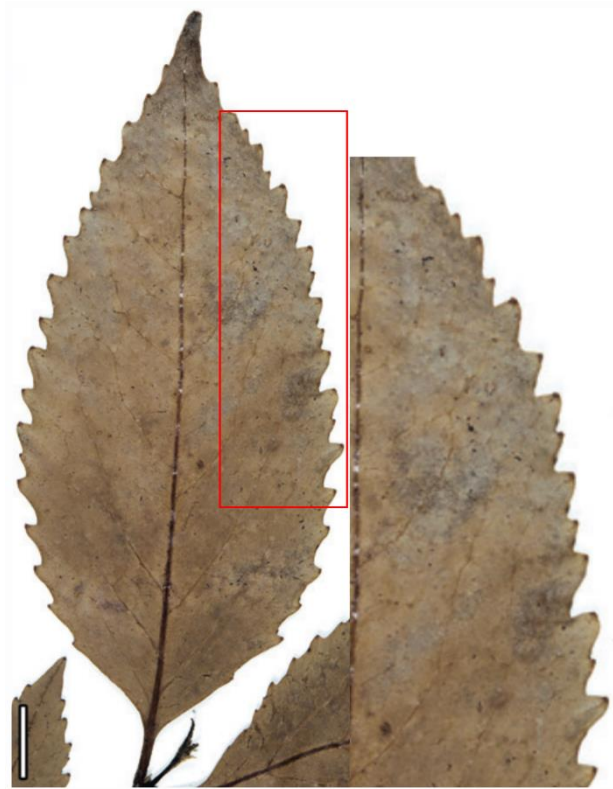


Figura 25. Fotografía correspondiente a *Daphnandra apatela* (Atherospermataceae). Tomada de Knigh y Wilf (2013). Escala 10mm.

Otras Angiospermas

Espécimen FCDPB-107 (figuras 26A y 27A)

El espécimen presenta forma ovada, con venación de primer orden pinada, margen muy fragmentado, con porciones en los cuales se observan dientes posiblemente simples. Es una muestra muy fragmentaria, no es posible indicar una afiliación taxonómica firme dentro de las angiospermas, probablemente corresponde a una Nothofagaceae, pero la forma de sus dientes claramente se diferencia de las otras formas foliares descritas para esta tesis, aunque en tal caso es semejante al espécimen FCDPB-74.

Espécimen FCDPB- 101 (figuras 26B y 27B)

Esta forma posee margen entero, base preservada con forma cuneada y ángulo agudo, ápice recto de ángulo agudo. Venación de primer orden de tipo pinada, vena media con grosor inferior a 1 mm, de recorrido sinuoso. Venas de segundo orden perpendiculares

y densas. En general la muestra es muy fragmentaria, por lo que no es posible indicar una afiliación taxonómica dentro de las Angiospermas, pero la disposición de las venas secundarias claramente se diferencia de las otras formas foliares descritas para esta tesis.

Espécimen FCDPB-47 (figuras 26C y 27C)

Esta forma posee lámina entera, venación primaria de tipo pinada que se deflecha al salir las secundarias, espaciamiento regular entre las venas de segundo orden y muy distanciadas. Es una muestra muy fragmentaria, no es posible indicar una afiliación taxonómica dentro de las angiospermas, pero en base a la vena primaria y la organización de las secundarias claramente se diferencia de las otras formas foliares descritas para esta tesis.

Espécimen FCDPB-74 (figuras 26D y 27D)

Esta forma posee lámina entera, venación primaria de tipo pinada, espaciamiento regular entre las venas de segundo orden, ángulo de surgimiento de las venas secundarias diferente en cada una de las hemiláminas, venación de tercer orden de tipo percurrente alterna y venación de cuarto orden poligonal reticular. Se observan porciones con margen dentado simple. En general la muestra es muy fragmentaria, por lo que no es posible indicar una afiliación taxonómica firme dentro de las angiospermas, aunque probablemente corresponda a una Nothofagaceae y en tal caso semejante al espécimen FCDPB-107.

Espécimen FCDPB-54 (figuras 26E y 27E)

Se trata de un espécimen de lámina entera, venación primaria pinada, venación de segundo orden de tipo craspedódromo con espaciamiento regular entre las mismas, venación de tercer orden percurrente, venas de cuarto orden poligonales reticulares. El margen presenta dientes curvos de tipo compuesto, con dientes de primer orden y una cúspide menor en el flanco basal, con espaciamiento regular, dientes de primer orden muy curvos con forma st-cc, y ápice espinoso. Es una muestra muy fragmentaria, no es posible indicar una afiliación taxonómica firme dentro de las angiospermas. La forma de sus dientes y la venación recuerda a la especie *Nothofagus carpinoides* (Nothofagaceae) descrita por Li y Zhou (2007) en la localidad de Fossil Hill.

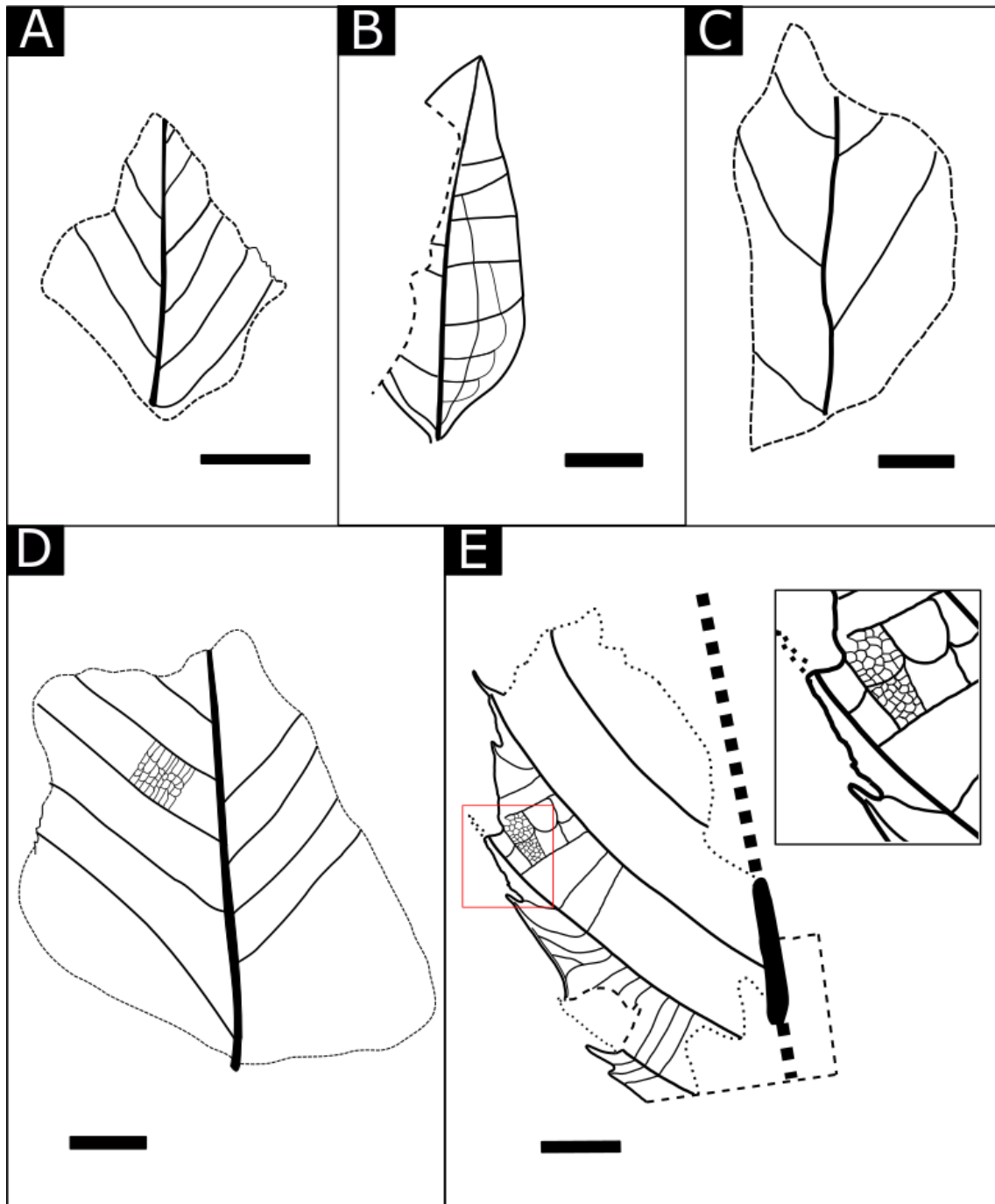


Figura 26. Ilustraciones de angiospermas no identificadas. (A) Espécimen FCDPB-107, (B) Espécimen FCDPB-101, (C) Espécimen FCDPB- 47, (D) Espécimen FCDPB-74, (E) Espécimen FCDPB-54. Escala 10mm.

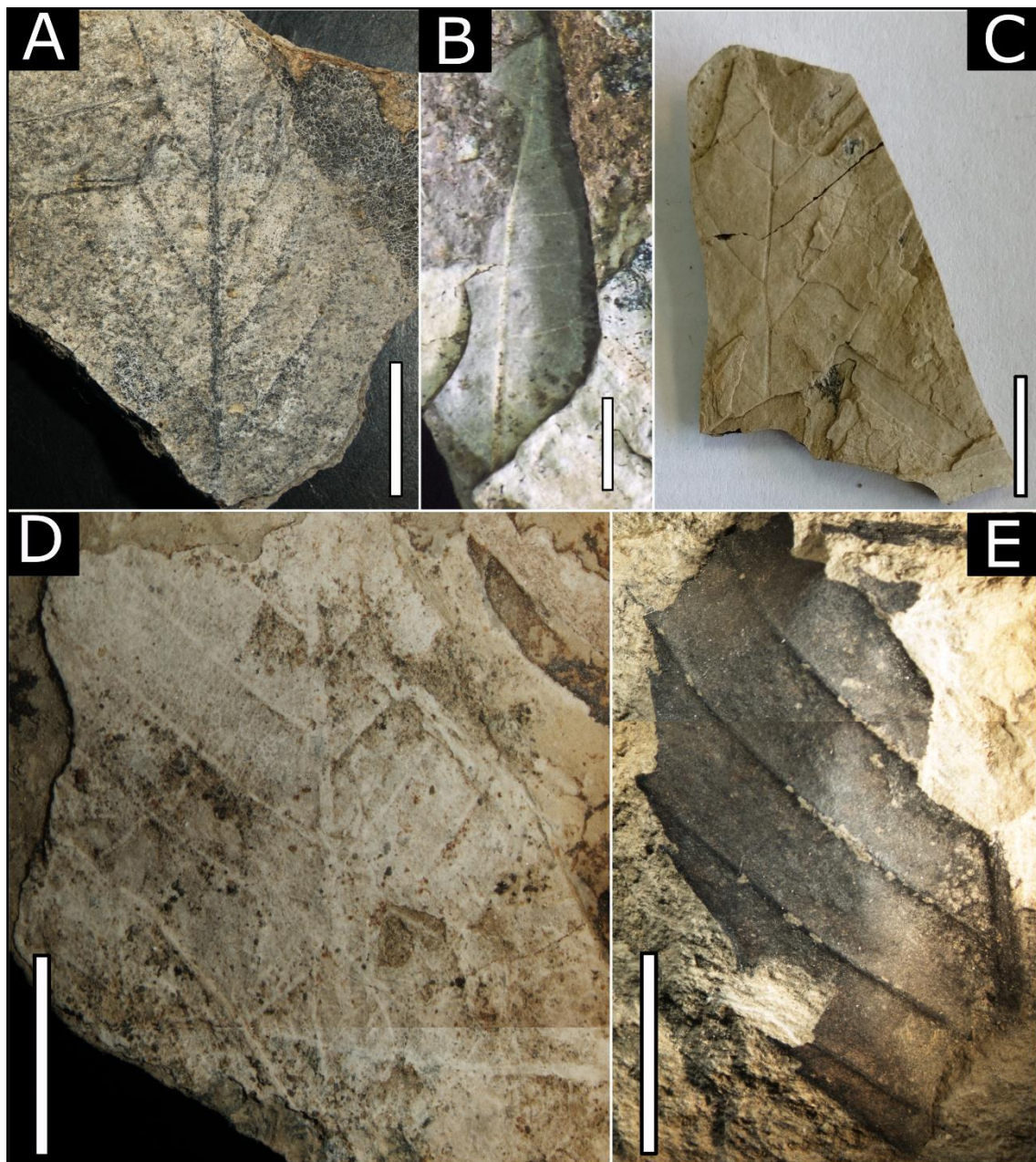


Figura 27. Fotografías de angiospermas no identificadas. (A) Espécimen FCDPB-107, (B) Espécimen FCDPB-101, (C) Espécimen FCDPB- 47, (D) Espécimen FCDPB-74, (E) Espécimen FCDPB-54. Escala 10mm.

Descripción litológica de las rocas portadoras

Entre las 63 muestras analizadas se han podido identificar dos tipos de sedimentitas portadoras, las cuales son descritas a continuación.

Roca tipo I.

Muestras N°: FCDPB-53, FCDPB-56-FCDPB-52, FCDPB-50, FCDPB-58, FCDPB-55, FCDPB-57, FCDPB-90, FCDPB-68, FCDPB-49, FCDPB-51, FCDPB-59, FCDPB-74, FCDPB-60.

Grauvaca lítica según la clasificación de Pettijohn *et al.*, (1987) de colores gris oscuro y amarillo, bien consolidada, de selección buena a moderada, muy fino. En cuanto a la morfometría de los clastos del esqueleto, estos son principalmente esféricos y angulosos a subredondeados, cuyo componente principal son fragmentos líticos. Matriz sosten, con un porcentaje mayor al 15% compuesta por limo. Las muestras presentan niveles milimétricos de carbón; en estos se encuentran presentes las impresiones foliares. En general la roca se tiende a partir por estos planos.

Se distinguen niveles con alteración por óxido de hierro, llegando en algunos casos a cubrir por completo la roca, actuando como cemento de la misma. Además se observan dendritas de manganeso. Generalmente la roca es poco permeable a impermeable.

Roca tipo II.

Muestras N°: FCDPB-89, FCDPB-70, FCDPB-47, FCDPB-54

Lutita gris con tonos verdosos, con alto contenido de materia orgánica y niveles carbonizados por donde la roca se fractura. Roca muy consolidada e impermeable.

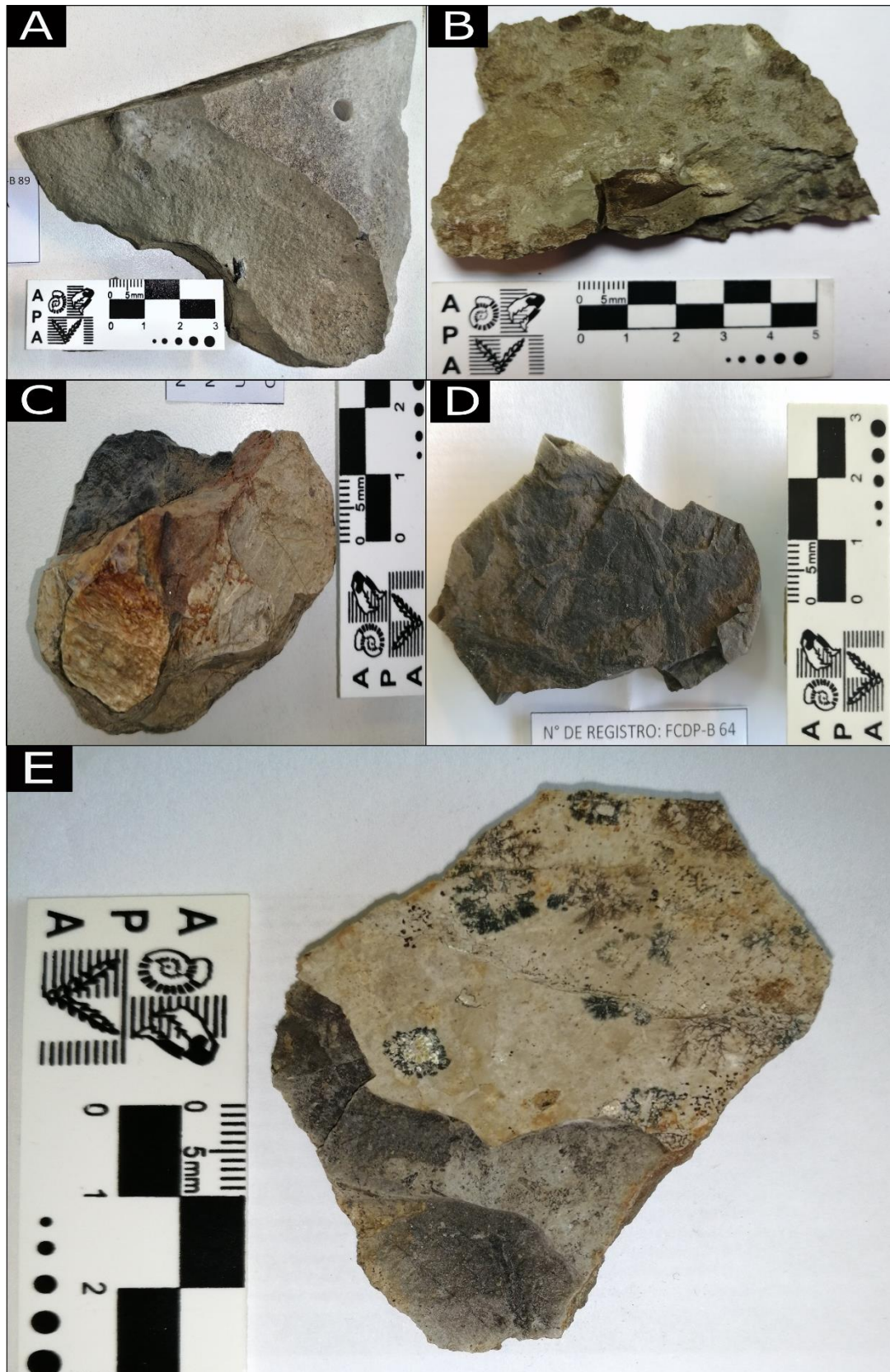


Figura 28. Lutita gris con tonos verdosos correspondiente a la roca tipo II (A y B), Grauvaca con patinas de óxido de hierro (C), Grauvaca con niveles de carbón (D), Grauvaca (E)

Descripción del Análisis de Rayos X.

Un conjunto de nueve muestras fueron analizadas utilizando la técnica de difracción de rayos X; en tres de estas se observó la presencia de clinoptilolita-Ca (FCDPB-88, FCDPB-82 y FCDPB-78) (mineral correspondiente al grupo de las zeolitas). Por otra parte, en la muestra FCDPB-104 se distinguen zeolitas del tipo Analcima y heulandita-Ca. De acuerdo al Subcomité en Zeolitas de la Asociación Internacional Mineralógica, para distinguir entre las zeolitas tipo clinoptilolita y tipo heulandita se recomienda utilizar la siguiente relación: $S/A < 4.0$ se define como heulandita, en caso de que $S/A \geq 4.0$ se definirá como clinoptilolita.

Además en las muestras FCDPB-104, FCDPB-82, FCDPB-80 y FCDPB-58 se observa la presencia de albita, la cual pertenece al grupo de las plagioclasas, mientras que las muestras FCDPB-78 y FCDPB-77 poseen anortita también perteneciente al grupo de las plagioclasas. Todas las muestras poseen contenidos de SiO_2 .

En relación con las muestras de roca portadoras de fósiles colectadas se observa que las rocas de tipo II son aquellas que presentan contenidos de zeolita de tipo analcima Na^+ y heulandita Ca^+ , mientras que las rocas de tipo I presentan zeolitas de tipo clinoptilolita Na^+ y clinoptilolita Ca^+ .

Conclusiones

Análisis fosilífero

De las 63 muestras con contenido vegetal preservado, 11 fueron asignadas a hojas de angiospermas y 13 a una forma de la familia Podocarpaceae (Tabla 2). Dentro de las angiospermas se identificó 8 formas foliares diferentes (Tabla 2).

Las hojas de angiospermas fueron asignadas a 3 familias correspondientes a Elaeocarpaceae, Nothofagaceae y Atherospermataceae.

En base a lo anteriormente discutido y a la similitud con el género *Aristotelia* (familia Elaeocarpaceae) se concluye que los especímenes FCDP-B65, FCDP-B56, FCDP-B58, pertenecen a dicho género presentando una estrecha afinidad con la especie actual australiana *Aristotelia australasica*, con la cual comparte caracteres como: vena media engrosada hacia la base, venación secundaria semicraspedódroma, venación intersecundaria fuertemente marcada con recorrido sinuoso, venas agráficas compuestas, venación perimarginal por *loops* terciarios, dientes simples con una vena medial que llega al ápice y que surge desde los *loops* de la venación más exmedial, senos redondeados y amplios, entre otras.

Hasta la actualidad no existen registros fósiles para el género *Aristotelia*, y su registro en la Península Antártica es el primer vínculo fósil para la distribución disyunta actual de la familia Elaeocarpaceae entre América del Sur y Australasia. Además, corresponde al registro fósil más antiguo de la familia para el Hemisferio Sur (con excepción de la madera del Paleoceno descrita por Petriella, 1972), coincidiendo con la posición filogenética basal del grupo (*Vallea+Aristotelia+Sloanea*) y la edad estimada para la familia en base a datos moleculares (Wikström *et al.*, 2001, Crayn *et al.*, 2006).

En base al análisis de las formas foliares de Nothofagaceae previamente publicadas e ilustradas y las descritas en esta tesis, no hay evidencias de la presencia de la especie *Nothofagus subferruginea* en el registro fósil de la Isla Rey Jorge, como fuera sugerido en trabajos previos.

Los especímenes FCDP50 y FCDP53 descritos en esta tesis son vinculados a la familia Nothofagaceae, con una asignación probable a la especie *N. zastawniakiae* registrada por Dutra y Batten (2000) y Li y Zhou (2007) en las formaciones Zamek y Fossil Hill de la Isla Rey Jorge, lo que indica una coorelación entre ambas formaciones, confirmando la edad Eocena sugerida para la Formación Zamek (Mozer *et al.*, 2015). Otras dos formas foliares (especímenes FCDPB-101 y FCDPB-74, ver Tabla 2) podrían corresponder a esta familia, pero su preservación no permite mayores comparaciones.

En base a lo anteriormente discutido y a los análisis de los caracteres estudiados por Knighth y Wilf (2013), el espécimen FCDPB-51 presenta afinidad con la familia Atherospermataceae (Tabla 2), especialmente con el género de *Daphnandra* (figura 24), a pesar de diferir con ese género en su venación de segundo orden de tipo craspedódroma. Por esto, se concluye que podría tratarse de un nuevo género extinto de la familia.

Rocas portadoras

Las descripciones de muestras portadoras de impresiones foliares concuerdan parcialmente con lo descrito por Perea *et al.* (1998, 2001) como finos niveles de tufitas y arcillitas con improntas foliares y areniscas, con siltitos tufáceos de color amarillento, ubicado por el mismo autor en el área media y superior de la Formación Fossil Hill en su área de mayor afloramiento al sur de la Península Fildes. Siguiendo el mapa geológico realizado por Shen (1999), las coordenadas tomadas por el equipo en la campaña de colecta de muestras del año 2017 y el análisis sedimentológico de la roca tipo II ésta coincide con litologías identificadas por el autor como parte del miembro superior de la Formación Fossil Hill, en este caso el miembro Rocky Cove. Por otra

parte, la roca tipo I también se correlaciona con las litologías descritas por Hunt (2001) para el miembro superior de la Formación Fossil Hill el cual se compone de areniscas muy finas dominadas por vidrio volcánico de grano fino, con fragmentos de piedra pómez y limolitas.

Por lo discutido anteriormente se concluye que la litología de las muestras de roca portadora de impresiones foliares concuerdan con las litologías del miembro superior de la Formación Fossil Hill, en este caso el miembro Rocky Cove, también guardando relación con el miembro inferior de la misma (Great Wall Bay) debido a la presencia de areniscas, limolitas con procesos de zeolitización y vetas de carbón.

Análisis de rayos X

El estudio de las rocas en la Isla Rey Jorge, especialmente de andesitas, arroja que los procesos de alteración hidrotermal contribuyen con la formación de minerales zeolíticos pertenecientes a asociaciones de baja temperatura.

Las principales reacciones de interés en las transformaciones de rocas volcánicas incluyen la transformación vidrio-filosilicatos, vidrio-zeolita, zeolita-zeolita y plagioclasa-zeolita. En todas ellas está involucrada la fase fluida y los tipos iónicos presentes en dicha fase. En estos casos las plagioclasas son alteradas total o parcialmente a zeolitas y sufren procesos de albitización y el resto de fases son mayoritariamente sustituidas por filosilicatos (Queralt *et al.*, 1989)

En general, en rocas sedimentarias la presencia de zeolitas indica diagénesis de enterramiento o bien, metamorfismo de bajo grado, ya que el proceso de zeolitización está impulsado por el incremento de la temperatura debido al gradiente geotérmico y por la existencia de series de materiales de composición piroclástica o lavas. Este proceso puede ser incrementado cuando hay presencia de fluidos hidrotermales de intracuena.

Conclusiones finales

- En base al estudio de formas foliares preservadas en la localidad de compresiones foliares se discriminaron nueve formas foliares para la Formación Fossil Hill para la localidad fosilífera Glaciar Collins, habiendo identificado cuatro taxones a nivel de familia (Tabla 2). Algunas formas son compartidas con la localidad fosilífera de Fossil Hill, pero careciendo de un censo representativo de la localidad y del estudio completo de la macroflora de la misma, aún no es posible indicar el porcentaje de la flora compartida. En el presente trabajo se describen dos familias novedosas para la unidad y para el Continente Antártico.

- Se reconoce por primera vez para la Antártida el registro fósil de la familia Elaeocarpaceae (*Aristotelia* cf. *australasica*). Su registro en la Península Antártica es el primer vínculo fósil para la distribución disyúntica actual de la familia Elaeocarpaceae entre América del Sur y Australasia. Además, corresponde al registro fósil más antiguo de la familia para el Hemisferio Sur.
- Se brindan descripciones más completas para la probable especie *Nothofagus zastawniakiae*, de la cual se tenían registros previos para la Formación Zameck y para la Formación Fossil Hill en la localidad de Fossil Hill. En este trabajo se extiende el registro de este taxón al Miembro Rocky Cove de la Formación Fossil Hill. Sin embargo, se requiere un estudio más completo con la incorporación de un mayor número de materiales y revisión taxonómica de la especie para ampliar una correcta asignación.
- Se describe un taxón cf. Atherospermataceae como un posible nuevo género extinto. Corresponde al único registro para la Antártida y uno de los registros fósiles más antiguos de la familia para el Hemisferio Sur. Su registro en la Península Antártica es el primer vínculo fósil para la distribución disyúntica actual de la familia Atherospermataceae entre América del Sur y Australasia.
- En base al análisis de las formas foliares, la ubicación geográfica y la descripción de las rocas portadoras, la nueva flora estudiada se ubicaría en la Formación Fossil Hill, sobre el miembro superior Rocky Cove ampliando el conocimiento de las floras del Eoceno Medio para la Isla Rey Jorge/ 25 de Mayo y la Península Antártica.
- En la Isla Rey Jorge ocurren otros niveles portadores de macrofloras similares. Particularmente la flora de la Formación Zamek, que fuera indicada como del Cretácico en algunos trabajos. El estudio de la nueva localidad indica que comparte taxones, lo cual concordaría con una edad Eocena sugerida para la Formación Zamek, como así lo han indicado dataciones radimétricas brindadas por otros autores.

Bibliografía

Adie R. J. 1964. Stratigraphic correlation in West Antarctica. In: R.J. Adie (ed.) Antarctic Geology, Proceedings of the First International Symposium on Antarctic Geology, pp. 307-313.

- Ash A., Ellis B., Hickey L.J., Johnson K., Wilf P., Wing S. 1999. *Manual of Leaf Architecture: Morphological Description and Categorization of Dicotyledonous and Net-Veined Monocotyledonous Angiosperms*. Smithsonian Institution, Washington, D.C. pp 65.
- Barker P.F., Burrell J. 1977. The opening of the Drake Passage. *Marine Geology* 25: 15-34
- Barton C.M. 1964. Significance of the Tertiary fossil floras of King George Island. South Shetland Islands. In: Adie, R.J. (ed) *Antarctic Geology*, North-Holland Publishing Company, Amsterdam pp. 603-609.
- Berry E.W. 1938. Tertiary flora from the Rio Pichileufú, Argentina. *Geological Society of America Special Papers*, 12: 1-140.
- Birkenmajer K. 1980. Tertiary volcanic-sedimentary succession at Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). *Studia Geologica Polonica*, 64: 7-65.
- Birkenmajer K. 1981. Lithostratigraphy of the Point Hennequim Group (Miocene volcanics and sediments) at King George Island (South Shetland Islands Antarctica). *Studia Geologica Polonica*, 72: 59-73.
- Birkenmajer K. 1983. Late Cenozoic phases of block-faulting on King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica). *Bulletin of the Polish Academy of Sciences (Earth Sciences)*, 30: 21–32.
- Birkenmajer K. 1988. Tertiary glacial and interglacial deposits, South Shetland Islands, Antarctica: geochronology versus biostratigraphy (a progress report). *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 36: 133-145.
- Birkenmajer K. 2001. Mesozoic and Cenozoic stratigraphic units in parts of the South Shetland Islands and northern Antarctic Peninsula (as used by the Polish Antarctic Programmes). *Studia Geologica Polonica*, 118: 5-188.
- Birkenmajer K., Zastawniak E. 1989a. Late Cretaceous–Early Tertiary floras of King George Island, West Antarctica: their stratigraphic distribution and palaeoclimatic significance, origins and evolution of the Antarctic biota. *Geological Society of London Special Publication*, 147: 227–240.
- Birkenmajer K., Zastawniak E. 1989b. Late Cretaceous–Early Neogene vegetation history of the Antarctic Peninsula sector, Gondwana breakup and Tertiary glaciations. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 37: 63–88.
- Birkenmajer K., Kaiser G., Narebski W., Pilot J., Rosler H.J. 1986. Age of magmatic complexes of the Barton Horst, King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica), by K-Ar dating. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, 34: 139-155.
- Bohoyo F., Galindo-Zaldivar J., Jabaloy A., Maldonado A., Rodriguez-Fernández J., Anatoly, S., Surinach E. 2007. Extensional deformation and development of deep basins

- associated with the sinistral transcurrent fault zone of the Scotia Antarctic plate boundary. Geological Society of London Special Publications, 290: 203-217.
- Burton-Johnson A., Riley T.R. 2015. Autochthonous vs. accreted terrane development of continental margins: A revised in situ tectonic history of the Antarctic Peninsula. *Journal of the Geological Society*, 172(6): 822-835.
- Cao L. 1992. Late Cretaceous and Eocene palynofloras from Fildes Peninsula, King George Island (South Shetland Islands), Antarctica. En: Yoshida Y. *et al.* (eds) *Progress in Antarctic Earth Science*. Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, pp. 363-369.
- Compton R. R. 1962. *Manual of Field Geology*, Nova York, Wiley. Págs?
- Conran J.G., Bannister J.M., Lee D.E. 2013. Fruits and leaves with cuticle of *Laurelia otagoensis* sp. nov. (Atherospermataceae) from the early Miocene of Otago (New Zealand). *Alcheringa*, 37: 496-509.
- Crayn D., Rossetto M., Maynard D. 2006. Molecular phylogeny and dating reveals an Oligo-Miocene radiation of dry-adapted shrubs (Tremandraceae) from rainforest tree progenitors (Elaeocarpaceae) in Australia. *American Journal of Botany*, 93: 1328-1342.
- Cunningham W.D., Dalziel I.W.D., Lee T-Y., Lawver L.A. 1995. Southernmost South America-Antarctic Peninsula relative plate motions since 84 Ma: Implications for the tectonic evolution of the Scotia Arc region. *Journal of Geophysical Research*, 100(B5): 8257-8266.
- Czajkowski S., Rosler O. 1986. Plantas fósseis da Península Fildes, Ilha King George (Shetland do Sul). Morfografia das impressões foliares. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 58 (suplemento): 99-100.
- Darren M. Crayn, Maurizio Rossetto, and David J. Maynard. 2006. "Molecular phylogeny and dating reveals an Oligo-Miocene radiation of dry-adapted shrubs (former Tremandraceae) from rainforest tree progenitors (Elaeocarpaceae) in Australia". *American Journal of Botany* 93 (9):1328-1342.
- Dalziel I.W.D., Elliot D.H. 1982. West Antarctica: problem child of Gondwana Land. *Tectonics*, 1: 3-19.
- Del Valle R.A., Rinaldi C.A. 1993. Structural features of the northeastern sector of the Antarctic Peninsula. In: *Jornadas de Comunicaciones sobre Investigaciones Antárticas*, Instituto Antártico Argentino, 2, *Resumos*, p. 261-267.
- Del Valle R.A., Elliot D.H., Macdonald D.I.M. 1992. Sedimentary basins on the east flank of the Antarctic Peninsula: proposed nomenclature. *Antarctic Science*, 4(4): 477-478
- Dusén P. 1907a. Sobre la flora Terciaria de las Tierras de Magallanes. *Svenska Expeditionen Till Magellansländerna*, 1(4): 87-248.

- Dutra T.L. 1997. Composição e história da vegetação do Cretáceo e Terciário da ilha Rei George, Península Antártica. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 488 pp.
- 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, pp.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, 8: 29-37.
- Dutra T.L. 2004. Paleofloras da Antártica e sua relação com os eventos tectônicos e paleoclimáticos nas altas latitudes do sul. Revista Brasileira de Geociências, 3(34): 401-410.
- Dutra T.L., 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 UF y Lindenmayer Z. 1996. A non-marine Upper Cretaceous interval in West Antarctica. Congreso Brasileiro de Geología 39, Anais 5. Sociedade Brasileira de Geología.
- Elliot D. 1988. The James Ross Basin, northern Antarctic Peninsula. V Congreso Geológico Chileno, Comunicaciones, 39: 226.
- Elliot D.H. 1991. Triassic-Early Cretaceous evolution of Antarctica. En: Thomson M.R.A., Crame J.A., Thomson J.W. (Eds). Geological Evolution of Antarctic. Cambridge: Cambridge University Press, Proceedings of the V International Symposium on Antarctic Earth Sciences, pp. 541-547.
- Ellis B., Daly D.C., Hickey L.J., Johnson K.R., Mitchell J.D., Wilf P., Wing S.L. 2009. Manual of Leaf Architecture. Cornell University Press, New York. pp 190.
- Fisch F. 2009. Taxonomía e contexto geológico da tafloflora da Ilha King George, Península Antártica. 140pp.
- Fontes D. 2008. Registro fóssil de Podocarpaceae na ilha King George e sua relação com os eventos paleoclimáticos e paleoambientais. Dissertação (Mestrado em Geologia) Universidade do Vale do Rio dos Sinos. 175 pp.
- Francis J.E. 1999. Evidence from fossil plants for Antarctic palaeoclimates over the past 100 million years. In: Barrett P.J., Orombelli G. (Eds). Geological Records of Global and Planetary Changes. Terra Antarctica Report 3: 43–52.
- Fitzsimons I.C.W. 2000. A review of tectonic events in the East Antarctic Shield, and their implications for Gondwana and earlier supercontinents. Journal of African Earth Sciences, 31: 3-23

- Fretwell P., Pritchard H.D., Vaughan D.G. *et al.* 2013. Bedmap2: improved ice bed, surface and thickness datasets for Antarctica. *Cryosphere*, 7: 375–393.
- Haomin L. 1994. Early Tertiary fossil hill flora from Fildes Peninsula of King George Island, Antarctica. En: Yanbin S. (Ed.). *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*, State Antarctic Committee, Science Press, Beijing, Monograph 3. pp. 165–171.
- Hathway B. 2000. Continental rift to back-arc basin: Jurassic- Cretaceous stratigraphical and structural evolution of the Larsen basin, Antarctic Peninsula. *Journal of the Geological Society of London*, 157: 417-432.
- Harley S.L. 2003. Archaean-Cambrian crustal development of East Antarctica: Metamorphic characteristics and tectonic implication. In: Yoshida M.Y., Windley B.F., Dasgupta S. (Eds.), *Proterozoic East Gondwana: Supercontinent Assembly and Breakup*, Geological Society of London Special Publication 206: 203-230.
- Hawkes 1961. The geology of the South Shetland Islands 1. The Petrology of King George Island. *Falk. Isl. Depend. Sur Sci. Rep.*, 26: 1-28.
- Hickey L.J., Wolfe J.A. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: vegetative morphology. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 62: 538-589.
- Hinojosa F, Pérez F., Gaxiola A., Sandoval I. 2011. Historical and phylogenetic constraints on the incidence of entire leaf margins: insights from a new South American model. *Global Ecology and Biogeography* 20: 380–390.
- Hunt R.J. 2001. Biodiversity and palaeoecological significance of Tertiary fossil floras from King George Island, West Antarctica. 339pp.
- Hunter M.A., Cantrill D.J., Flowerdew M.J., Millar I.L. 2006. Mid Jurassic age for the Botany Bay Group: implications for Weddell Sea Basin creation and southern hemisphere biostratigraphy. *Journal of the Geological Society*, 162(5): 745-748.
- Iglesias A. 2007. Estudio Paleobotánico, Paleoecológico y Paleoambiental en Secuencias de la Formación Salamanca, del Paleoceno Inferior en el Sur de la Provincia de Chubut, Patagonia, Argentina. Ph.D. Tesis, Universidad de La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Iglesias A., Artabe A.E., Morel E.M. 2011. The evolution of Patagonian climate and vegetation, from the Mesozoic to the present. *Biological Journal of Linnean Society Special Paper*, 103: 409-422.
- Iglesias A., Wilf P., Stiles E., Wilf R. 2021. Patagonia's diverse but homogeneous early Paleocene forests: Angiosperm leaves from the Danian Salamanca and Peñas Coloradas formations, San Jorge Basin, Chubut, Argentina. *Palaeontología Electrónica* 24(1): a02. <https://doi.org/10.26879/1124>

- Jeffers J.D., Anderson J.B., Lawver L.A. 1991. Evolution of the Bransfield Basin, Antarctic Peninsula. In: Thomson M.R.A., Crame J.A., Thomson J.W. (Eds.) Geological evolution of Antarctica. New York: Cambridge University Press, pp. 481–485
- Jordan G.J., Hill R.S. 1999. The phylogenetic affinities of *Nothofagus* leaf fossils based on combined molecular and morphological data. International Journal of Plant Science, 160: 1177–1188
- Klepeis K.A., Lawver L.A. 1996. Tectonics of the Antarctic-Scotia plate boundary near Elephant and Clarence Islands, West Antarctica. Journal of Geophysical Research, 101: 20211-20231.
- Knight C.L., Wilf P. 2013. Rare leaf fossils of Monimiaceae and Atherospermataceae (Laurales) from Eocene Patagonian rainforests and their biogeographic significance. Palaeontologia Electronica, 16(3). <https://doi.org/10.26879/386>.
- Li H.M. 1992. Early Tertiary palaeoclimate of King George Island, Antarctica – Evidence from the Fossil Hill Flora. In: Yoshida Y., Kaminuma K., Shiraishi K. (Eds). Recent Progress in Antarctic Earth Science. Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, pp. 371–375.
- Li H.M. 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: 133-171.
- Li H., Zhou. 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.
- Li Z.N., Zheng X.S., Liu X.H., Shang R.X., Jin Q.M., Wang B.X. 1992. Volcanic rocks of the Fildes Peninsula, King George Island, West Antarctica. Science Press, Beijing. 1-227 (en chino con abstract en inglés).
- Matus D. 2017. Geoquímica de las rocas volcánicas y asociaciones mineralógicas secundarias en Península Fildes, Isla King George, Islas Shetland del Sur, Antártica. Universidad Andrés Bello. Santiago de Chile. pp 241.
- Macdonald D.I.M., Barker P.F. Garrett S.W., Ineson J.R., Pirrie D., Storey B.C., Whithama G., Kinhorn R.R.F., Marshall J.L.E. 1988. A preliminary assessment of the hydrocarbon potential of the Larsen Basin, Antarctica. Marine and Petroleum Geology, 5: 34-53
- Malvé M.E., Gordillo S., Rivadeneira M. 2014. Estructura de las comunidades bentónicas en tres sitios de las islas Shetland del Sur (Antártida): patrones de diversidad, composición y tamaños corporales. Anales del Instituto de la Patagonia, 42: 53-62.
- Mozer A., Pécskay Z., Krajewski K., 2015. Eocene age of the Baranowski Glacier Group at Red Hill, King George Island, West Antarctica. Polish Polar Research, 36: 307-324.

- Orlando H.A. 1963. La flora fósil en las inmediaciones de la Península Ardley, Isla 25 de Mayo, Islas Shetland del Sur. Instituto Antártico Argentino, Contribuciones, 79: 1-17.
- 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 R.J. (Ed.) Antarctic geology. Amsterdam: North Holland Publishing Company, pp. 629-636.
- Perea D., Guérèquiz R., Masquelin E., Verde M. 1998. Resultados preliminares de la primera campaña paleontológica uruguaya a la Antártida. Actas del II Congreso Uruguayo de Geología: 195-199.
- Perea D., Masquelin H., Verde M., Guérèquiz R. 2001. Estratigrafía y paleontología de Fossil Hill, Península Fildes, Isla Rey Jorge, Antártida: un nuevo aporte. Revista Instituto Antártico Uruguayo; actividad científica 1998-2000, 7: 49-55.
- Petriella B. 1972. Estudio de maderas petrificadas del Terciario inferior del área central de Chubut (Cerro Bororó). Revista del Museo de La Plata, 6: 159-254.
- Pettijohn F, Potter P y Siever R. 1987. Sand and sandstone, Springer – Verlag, New York, Segunda edición. pp 553.
- Philippe M., Torres T., Barale G., Thovenard F. 1995. President Head, Snow Island, South Shetland Island, a key-point for Antarctic Mesozoic Paleobotany. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, 32(11): 1055-106
- Pole M. 1993. Early Miocene flora of the Manuherikia Group, New Zealand. 5. Smilacaceae, Polygonaceae, elaeocarpaceae. Journal of the Royal Society of New Zealand 23: 51-63.
- Pole, M. S., Hill, R. S., Green, N., and Macphail, M. K. 1993. The Oligocene Berwick Quarry-Rainforest in a drying environment. Australian Systematic Botany 6, 399-427.
- 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.
- Prieto M., Canals M., Ercilla G., de Batist M. 1998. Structure and geodynamic evolution of the Central Bransfield Basin (NW Antarctica) from seismic reflection data, Marine Geology, 149 (1–4): 17-38.
- Queralt I., Martí J., Solé A., Plana F. 1989. Zeolitización de rocas andesíticas. Estudios geol., 45: 293-298.
- Reguero M.A., Marensi, S.A., Santillana S.N. 2002. Antarctic Peninsula and South America (Patagonia) Paleogene Terrestrial environments: Biotic and biogeographic relationships. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeobiol., 179(3–4), 189–210.
- Reguero M., Goin F., Acosta-Hospitaleche C., Dutra T. 2013. Late Cretaceous/Paleogene West Antarctica Terrestrial Biota and its intercontinental Affinities. Springer 122 pp.
- Romero, E.J. 1980. Arquitectura foliar de las especies sudamericanas de Nothofagus Bl. Bol Soc. Arg. Bot. 19 (1-2): 289-308.

- Romero E.J., Dibbern M. 1985. A review of the species described as *Fagus* and *Nothofagus* by Dusén. *Palaeontographica*, Abteilung B-Paläophytologie, 197:123-137.
- SCAR, 2019. Comité Científico para la Investigación Antártica. <https://www.scar.org/>
- Shen Y.B. 1994. Subdivision and correlation of Cretaceous to Paleogene volcano-sedimentary sequence from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. In: Shen Y.B. (ed) *Stratigraphy and Palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. Science Press, Beijing. 1-36 (in Chinese with English abstracts).
- Shen Y. 1999. Subdivision and correlation of the Eocene Fossil Hill Formation from King George Island, West Antarctica. *Korean Journal of Polar Research* 10: 91-95.
- Smellie J.L., Pankhurst R.J., Thomson M.R.A., Davies R.E.S. 1984. The geology of the South Shetland Islands: VI. Stratigraphy, geochemistry and evolution. British Antarctic Survey, Scientific Report 87: 1-85.
- Soliani Jr. E., Bonhomme M.G. 1994. New evidence for Cenozoic resetting of K-Ar ages in volcanic rocks of the northern portion of the Admiralty bay, King George Island, Antarctica. *Journal of South American Earth Sciences* 7(1): 85-94.
- Song Z.E. 1998. Research on Tertiary palynoflora from the Fossil Hill Formation of King George Island, Antarctica. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 15(4): 335-350 (en Chino con abstract en Ingles).
- Tanai T. 1986. Phytogeographic and phylogenetic history of the genus *Nothofagus* Bl. (Fagaceae) in the Southern Hemisphere. *Journal of the Faculty of Sciences, Hokkaido University, Series 4*, 21: 505-582.
- Taylor T.N., Taylor F.L. 1990. *Antarctic Paleobiology, its role in the reconstruction of Gondwana*, Springer-Verlag, N.Y. pp. 350.
- 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. y Thomson J.W. *Geological Evolution of Antarctica*. Cambridge University Press, Cambridge. p. 493- 498.
- Troncoso A. 1986. Nuevas órgano-especies en la taoflora Terciaria Inferior de Península Fildes, isla Rey Jorge, Antartica. *Serie Científica Instituto Antártico Chileno* 34: 23-46.
- Vento B., Agrain F.A. 2018. Phylogenetic relationships and time-calibration of the South American fossil and extant species of southern beeches (*Nothofagus*). *Acta Palaeontologica Polonica* 63 (4): 815–825.
- Warny S., Kymes C.M., Askin R.A., Krajewski K.P., Bart P.J. 2015. Remnants of Antarctic vegetation on King George Island during the early Miocene Melville Glaciation. *Palynology* 39 (3): 1–17.

- Watson L. y Dallwitz M.J. 1992. The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. 5ta Version delta-intkey.com/angio
- Webb, L. J. 1959. A physionomic classification of Australian rain forest. *J. Ecol.*, 47 (3): 551-570.
- Weaver S.D., Storey B.C., Pankhurst R.J., Mukasa S.B., Diverene V.J., Bradshaw J.D. 1994. Antarctica-New Zealand rifting and marine Byrd Land lithospheric magmatism linked to ridge subduction and mantle plume activity. *Geology*, 22: 811-814.
- Wikström N., Savolainen V., Chase M. 2001. Evolution of the angiosperms: Calibrating the family tree. *Proceedings of Biological Sciences* 268. 2211-2220.
- Wilf P. 1997. When are leaves good thermometers? A new case for Leaf Margin Analysis. *Paleobiology* 23: 373–390.
- Wilf P., Greenwood D.R., Greenwood C.L. 1998. Using fossil leaves as paleoprecipitation indicators, an Eocene example. *Geology* 26: 203-206
- Wilf P., Nixon K.C., Gandolfo M.A., Cúneo N. R. 2019. Eocene Fagaceae from Patagonia and Gondwanan legacy in Asian rainforests. *Science* 364 (6444).
- Wilf P.D., Wing S.L., Meyer H.W., Rose J.A., Saha R., Serre T., Cúneo N.R., Donovan M.P., Erwin D.M., Gandolfo M.A., González-Akre E., Herrera F., Hu S., Iglesias A., Johnson K.R., Karim T.S., Zou X. 2022. An image dataset of cleared, x-rayed, and fossil leaves vetted to plant family for human and machine learning. *PhytoKeys* 187: 93-128.
- 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*, 7: 99-117.
- Zhang S., Wang Q. 1994. Paleocene petrified Wood on the west side of Collins Glacier in the King George Island, Antarctica. 223–238. In: Shen, Y. (ed.) *Stratigraphy and palaeontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*. State Antarctic Committee Monograph, 3, Science Press, Beijing, 347 pp.
- Zhou Z., Li H. 1994a. Some Late Cretaceous plants from King George Island, Antarctica. In: Shen Y. (ed.) *Stratigraphy and Paleontology of Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica*, Monograph (China), 3: 91- 105. Zhou Z., Li H. 1994b. Early Tertiary gymnosperms from Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. In: *Stratigraphy and palaeontology of Fildes Peninsula King George Island, Antarctica*; Shen Y. (ed), pp. 191-221.

Anexo 1.

Difractograma de las rocas portadoras de microfósiles

