Publicación Electrónica
ASOCIACIÓN PALEONTOLÓGICA ARGENTINA

www.peapaleontologica.org.ar

Palinoestratigrafía y paleoecología basada en testigos corona del sondeo Vania-1, Eoceno tardío–Mioceno Temprano, Cuenca Magallanes-Austral, sur de Chile

NATALIA LORENA CABALLERO[1,*]
MARÍA ELINA CORNOU[1,2]
DANIELA ELIZABETH OLIVERA[3]
MARCELO ADRIÁN MARTÍNEZ[1,2]
PABLO ESTEBAN DIAZ[1,2]

1. Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS). Bahía Blanca, Argentina.
2. Instituto Geológico del Sur (INGEOSUR), Universidad Nacional del Sur (UNS) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Bahía Blanca, Argentina.
3. College of Earth Science and Engineering (CGSE), Shandong University of Science and Technology (SDUST). Qingdao, China.
*Corresponding author

Recibido: 28 de abril de 2026 - **Aceptado:** 26 de agosto de 2026 - **Publicado:** 06 de noviembre de 2026

Para citar este artículo: Natalia Lorena Caballero, María Elina Cornou, Daniela Elizabeth Olivera, Marcelo Adrián Martínez, & Pablo Esteban Diaz (2026). Palinoestratigrafía y paleoecología basada en testigos corona del sondeo Vania-1, Eoceno tardío–Mioceno Temprano, Cuenca Magallanes-Austral, sur de Chile. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina* 26(2): 129–156.

Link a este artículo: http://dx.doi.org/10.5710/PEAPA.26.08.2026.577

©**2026** Caballero, Cornou, Olivera, Martínez, Diaz

Asociación Paleontológica Argentina
Maipú 645 1° piso, C1006ACG, Buenos Aires
República Argentina
Tel/Fax (54-11) 4326-7563
Web: www.apaleontologica.org.ar

ISSN 2469-0228

Acceso Abierto
Open Access

This work is licensed under
CC BY 4.0

ARTÍCULO Año 2026 - 26(2): 129–156 PeAPA Publicación Electrónica ASOCIACIÓN PALEONTOLÓGICA ARGENTINA

PALINOESTRATIGRAFÍA Y PALEOECOLOGÍA BASADA EN TESTIGOS CORONA DEL SONDEO VANIA-1, EOCENO TARDÍO–MIOCENO TEMPRANO, CUENCA MAGALLANES-AUSTRAL, SUR DE CHILE

NATALIA LORENA CABALLERO[1,*], MARÍA ELINA CORNOU[1,2], DANIELA ELIZABETH OLIVERA[3], MARCELO ADRIÁN MARTÍNEZ[1,2], AND PABLO ESTEBAN DIAZ[1,2]

[1]Departamento de Geología, Universidad Nacional del Sur (UNS). Bahía Blanca, Argentina. *natalia.caballero@uns.edu.ar*

[2]Instituto Geológico del Sur (INGEOSUR), Universidad Nacional del Sur (UNS) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Bahía Blanca, Argentina. *elina.cornou@uns.edu.ar*; *martinez@criba.edu.ar*; *pablo.diaz@uns.edu.ar*

[3]College of Earth Science and Engineering (CGSE), Shandong University of Science and Technology (SDUST). Qingdao, China. *daniela.olivera@uns.edu.ar*

*Corresponding author

NLC: https://orcid.org/0009-0006-7611-0363; **MEC:** https://orcid.org/0009-0007-9559-7629; **DEO:** https://orcid.org/0000-0001-9291-9935; **MAM:** https://orcid.org/0000-0003-0538-4739; **PED:** https://orcid.org/0000-0003-2069-5404

Resumen. Se dan a conocer los primeros resultados palinológicos del sondeo Vania-1 (formaciones Discordia, Puerto Nuevo, Areniscas Arcillosas, Brush Lake y Filaret), situado al sur de Chile en la Cuenca Magallanes-Austral. Se identificaron un total de 96 especies de palinomorfos correspondientes a esporas de Bryophyta, helechos y Lycophyta, granos de polen de gimnospermas y angiospermas, algas continentales y constituyentes marinos (*i.e.*, dinoquistes, acritarcos y revestimientos orgánicos de foraminíferos). La distribución estratigráfica de los esporomorfos identificados, en el Paleógeno–Neógeno temprano (Mioceno) de Chile, Argentina, Antártida e Islas Malvinas, permitió seleccionar 10 especies biomarcadoras que permitieron refinar la cronoestratigrafía de los niveles estudiados; del total de especies identificadas 24 constituyen la primera mención para Chile. Se propone una edad comprendida entre Eoceno tardío–Mioceno Temprano para los niveles estudiados. El análisis de componentes principales permitió definir cuatro grupos ecológicos que explican la dinámica paleoecológica y evidencian el predominio del bosque montano templado frío. Durante el Eoceno tardío–Oligoceno (formaciones Discordia y Puerto Nuevo) se registra una transición hacia bosques cálidos. Un mejoramiento climático en el Oligoceno (Formación Areniscas Arcillosas) favoreció el desarrollo de ambientes lluviosos con mayor estacionalidad y diversidad arbustiva, alcanzando hacia el Mioceno Temprano (formaciones Brush Lake y Filaret) una mayor complejidad ecológica.

Palabras clave. Palinoestratigrafía. Paleoecología. Cuenca Magallanes-Austral. Eoceno tardío–Mioceno Temprano.

Abstract . PALYNOSTRATIGRAPHY AND PALEOECOLOGY BASED ON CORE SAMPLES FROM THE VANIA-1 BOREHOLE, LATE EOCENE–EARLY MIOCENE, MAGALLANES-AUSTRAL BASIN, SOUTHERN CHILE. In this research, the first palynological results from the Vania-1 borehole (Discordia, Puerto Nuevo, Areniscas Arcillosas, Brush Lake and Filaret formations), located south of Chile in the Magallanes-Austral Basin, are presented. A total of 96 species of palynomorphs were identified, including spores of Bryophyta, ferns and Lycophyta, pollen grains of gymnosperms and angiosperms, continental algae, and marine constituents (*i.e.*, dinoflagellate cyst, acritarchs and foraminiferal test linings). The stratigraphic distribution of the identified sporomorphs in the Paleogene–early Neogene (Miocene) of Chile, Argentina, Antarctica, and the Malvinas Islands enabled the selection of 10 biomarker species that allowed the crhonostratigraphy of the studied levels to be refined; of the total number of species identified, 24 represent the first record for Chile. An age range of late Eocene–Early Miocene is proposed for the studied levels. Principal component analysis allowed the definition of four ecological groups, which explain the paleoecological dynamics of the studied formations and explain the predominance of cold-temperate mountain forest throughout all units. During the late Eocene–Oligocene (Discordia and Puerto Nuevo formations), a transition toward warmer forests is recorded. A climatic improvement during the Oligocene (Areniscas Arcillosas Formation) favored the development of humid environments with increased seasonality and shrub diversity, while greater ecological complexity settings were reached during the Early Miocene (Brush Lake and Filaret formations).

Key words. Palynostratigraphy. Paleoecology. Magallanes-Austral Basin. Late Eocene–Early Miocene.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo comprende el primer estudio palinológico (palinoestratigráfico y paleoecológico) de muestras cenozoicas de subsuelo provenientes del extremo sur de Chile, en el ámbito de la Cuenca Magallanes-Austral, próximo al límite con la provincia de Santa Cruz, Argentina.

©2026 Caballero, Cornou, Olivera, Martínez, Diaz | CC BY 4.0 | Acceso Abierto - Open Access

Esta cuenca reviste una notable relevancia, tanto científica como petrolera, dado que conserva un excepcional registro de eventos paleoambientales, paleoclimáticos, paleogeográficos y tectónicos (Cuitiño et al., 2019), además de constituir una de las principales cuencas productoras de hidrocarburos en el ámbito argentino, con actividad en áreas continentales (*on-shore*) y marinas (*off-shore*) (Biddle et al., 1986; Robbiano et al., 1996). El incremento sostenido de la demanda de recursos energéticos y la consecuente declinación de la producción de hidrocarburos líquidos y gaseosos a partir de yacimientos convencionales mesozoicos, ha favorecido en los últimos años una profunda reorientación del paradigma exploratorio en la cuenca de antepaís Magallanes-Austral (Pinto et al., 2018). Esta transformación responde a la necesidad de identificar y desarrollar nuevas fronteras de exploración, orientadas hacia objetivos no convencionales y de mayor complejidad geológica. En este contexto, el avance del conocimiento de las posibles reservas no convencionales cenozoicas, permitirá evaluar a futuro las capacidades energéticas de las unidades geológicas para mejor aprovechamiento de los recursos hidrocarburíferos de la Cuenca Magallanes-Austral.

El esquema bioestratigráfico de la porción chilena de la cuenca fue establecido inicialmente a partir del estudio de foraminíferos realizado por Natland et al. (1974) y posteriormente sistematizado por Mobil (1979), quienes definieron una sucesión de pisos faunísticos que se extienden desde el límite Jurásico Tardío–Cretácico hasta el Neógeno, constituyendo desde entonces una herramienta ampliamente utilizada en las correlaciones intra-cuencales. En décadas recientes, este marco ha sido objeto de revisiones y actualizaciones a partir de nuevos aportes bioestratigráficos (Quattrocchio, 2009; Malumián et al., 2013; Bijl et al., 2021; Quattrocchio et al., 2024). Paralelamente, la incorporación de edades absolutas obtenidas mediante geocronología U–Pb en circones detríticos (Hervé et al., 2004; Sánchez et al., 2010; Otero et al., 2012; Fosdick et al., 2015; Pinto et al., 2022) ha permitido refinar y robustecer el marco cronoestratigráfico de la cuenca.

En esta investigación se presentan los primeros resultados palinológicos del sondeo Vania-1 con el objetivo de integrarlos al marco cronoestratigráfico ya establecido. Esto permitirá refinar el conocimiento bioestratigráfico y realizar inferencias paleoambientales y paleoclimáticas de la Cuenca Magallanes-Austral durante la depositación de las unidades sedimentarias involucradas.

MARCO GEOLÓGICO

La Cuenca Magallanes (en Chile) o Austral (en Argentina) se ubica en el extremo sur de América del Sur. En Chile comprende las regiones de Aysén y de Magallanes, Antártica Chilena, el Estrecho de Magallanes y sus áreas adyacentes. En Argentina incluye el centro y sur de la provincia de Santa Cruz, una considerable superficie del mar Argentino y una extensa porción de la Isla Grande de Tierra del Fuego. Es una cubeta profunda y ovalada en sentido NNO-SSE, que abarca una extensa área de más de 200.000 km² (Pinto et al., 2022) con un espesor máximo de unos 8 km (Signorio, 2018). Se extiende aproximadamente desde los 50° a 53° de latitud sur; limita al oeste con los Andes Patagónicos y al este con el Arco de Río Chico-Dungeness (Fig. 1A, B).

Su desarrollo tuvo lugar a partir del Triásico–Jurásico. Este proceso fue consecuencia directa de la tectónica de placas y la compleja geodinámica Andina (Pinto et al., 2022). Esta cuenca comprende una sucesión de unidades volcánicas, sedimentarias y volcano-sedimentarias, tanto marinas como continentales, en un registro que va desde el Jurásico Medio–Superior hasta el Cuaternario (Ugalde Peralta, 2014).

El presente estudio se enmarca en el análisis de niveles seleccionados del pozo Vania-1 (52° 5′ 28,81" S; 70° 19′ 9,15" O) situado en el extremo austral en el límite entre Argentina y Chile (Fig. 1A, B). La perforación abarca una extensa columna estratigráfica de 3.955 metros bajo boca de pozo (mbbp) llegando a la Serie Tobífera (Jurásico). En este trabajo se estudiaron niveles que van desde los 1.969 hasta los 780 mbbp. Las unidades geológicas involucradas en los mismos de base a techo son las formaciones Discordia (Barwick, 1949) y Puerto Nuevo (Céspedes, 1957) del Grupo Bahía Inútil (Cañón, 1968), formaciones Areniscas Arcillosas (Mordojovich, 1951), Brush Lake (Barwick, 1949) y Filaret (Céspedes & Cortés, 1956) (Fig. 2).

El Grupo Bahía Inútil se integra, de base a techo, por las formaciones Leña Dura, Bautismo, Discordia, Santa Clara y

Puerto Nuevo. Son depósitos marinos de fangolitas grisáceas, intercalaciones de limolitas y areniscas arcillosas con concreciones calcáreas, asociados a facies de talud distal. Su espesor puede alcanzar hasta 800 metros (Mpodozis et al., 2011). Inicialmente se consideró para el Grupo Bahía Inútil una edad comprendida entre el Eoceno tardío–Oligoceno (González, 1965), posteriormente este rango se extendió hasta el Eoceno medio (Mobil, 1979; Malumián et al., 2013; Bijl et al., 2021; Pinto et al., 2022). La unidad basal (Formación Leña Dura) se distribuye en la zona de península Brunswick, y la parte superior del Grupo Bahía Inútil (formaciones Bautismo, Discordia, Santa Clara y Puerto Nuevo) se correlaciona con la Formación Loreto hacia el sector occidental de Chile (Kniker, 1949; Barwick, 1949; Malumián et al., 2013). Las formaciones involucradas en este trabajo se depositaron en ambientes de talud y piso de cuenca, la Fm. Discordia durante el Eoceno tardío-Oligoceno y la Fm. Puerto Nuevo durante el Oligoceno, ambas edades basadas en el registro fósil de foraminíferos, moluscos bivalvos, corales, entre otros (Sáez Moreno, 2017).

Recientemente la Fm. Loreto ha ganado relevancia a nivel hidrocarburífero, ya que, en el año 2016, se demostró la existencia comercial de gas, contenido en cuerpos de areniscas intercalados dentro de las fangolitas del Grupo Bahía Inútil en el Bloque Dorado Riquelme ubicado al sur del pozo en estudio (Carpinelli Pavisich et al., 2022). Estos intervalos arenosos fueron denominados Complejo Arenoso del Grupo Bahía Inútil (CABI) y definieron una unidad informal de subsuperficie conformada por varios cuerpos de areniscas depositadas en un ambiente de plataforma externa durante el Paleógeno (Aguirre et al., 2018; Pinto et al., 2019).

La Formación Areniscas Arcillosas suprayace de manera discordante a la Formación Puerto Nuevo del Grupo Bahía Inútil. Constituye un depósito marino de amplia distribución en el subsuelo del Distrito Springhill, Chile, y aflora en la región central de Isla Grande de Tierra del Fuego, en las proximidades de la localidad de Río Chico, cercano al límite internacional con Argentina (Miller et al., 2022). Las facies corresponden a areniscas de grano fino, glauconíticas y arcillosas, asociadas a ambientes de plataforma somera (Rose, 1977; Marchant, 1992; Malumián et al., 2013). Fue asignada al Oligoceno tardío-Mioceno Temprano por González (1965); recientemente, a partir de dataciones U–Pb en circones detríticos, Pinto et al. (2019) proponen asignarla al Rupeliano–Chattiano (Oligoceno). Esta unidad se correlaciona con las formaciones Río del Oro (Chile) y La Desdémona (Argentina).

La Formación Brush Lake (Barwick, 1949) suprayace en discordancia a la unidad descripta anteriormente. Se definió en el extremo occidental del Lago Brush, Chile. Los afloramientos se encuentran ampliamente distribuidos en la zona central de Isla Grande de Tierra del Fuego hasta el valle del Río Chico, extendiéndose hacia el este en el sector argentino. La unidad muestra su mayor espesor en el subsuelo de Isla Grande de Tierra del Fuego, donde alcanza aproximadamente 400 m (Miller et al., 2022). Las facies son bancos fangolíticos marinos con abundantes foraminíferos e intercalaciones delgadas de areniscas ricas en macrofósiles (*e.g.*, gastrópodos, bivalvos, crustáceos); depósitos atribuidos a un sistema progradante (Sáez Moreno, 2017). Inicialmente en base a su contenido de foraminíferos bentónicos se asignó al Mioceno (Kniker, 1949; Natland et al.,

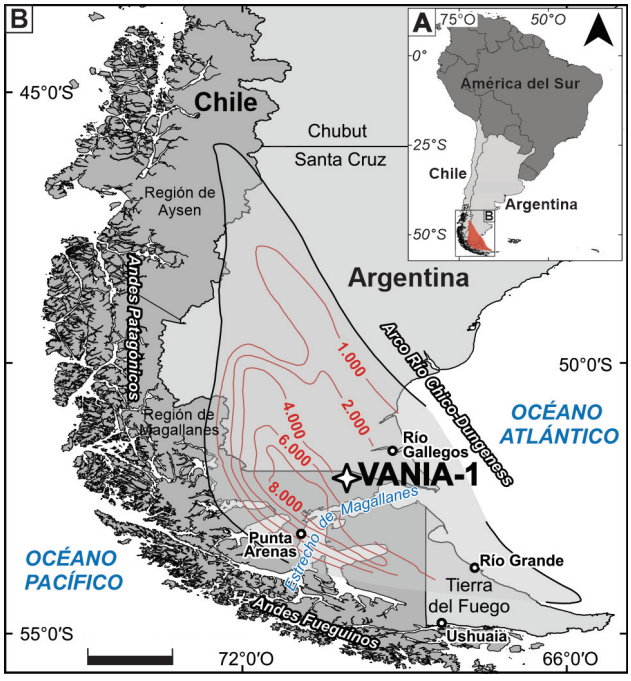


Figura 1. A, Mapa regional de América del Sur mostrando la distribución de la Cuenca Magallanes-Austral. B, Mapa de detalle indicando la ubicación del Pozo Vania-1 en el sector chileno cercano al límite con Argentina. Escala = 100 km.

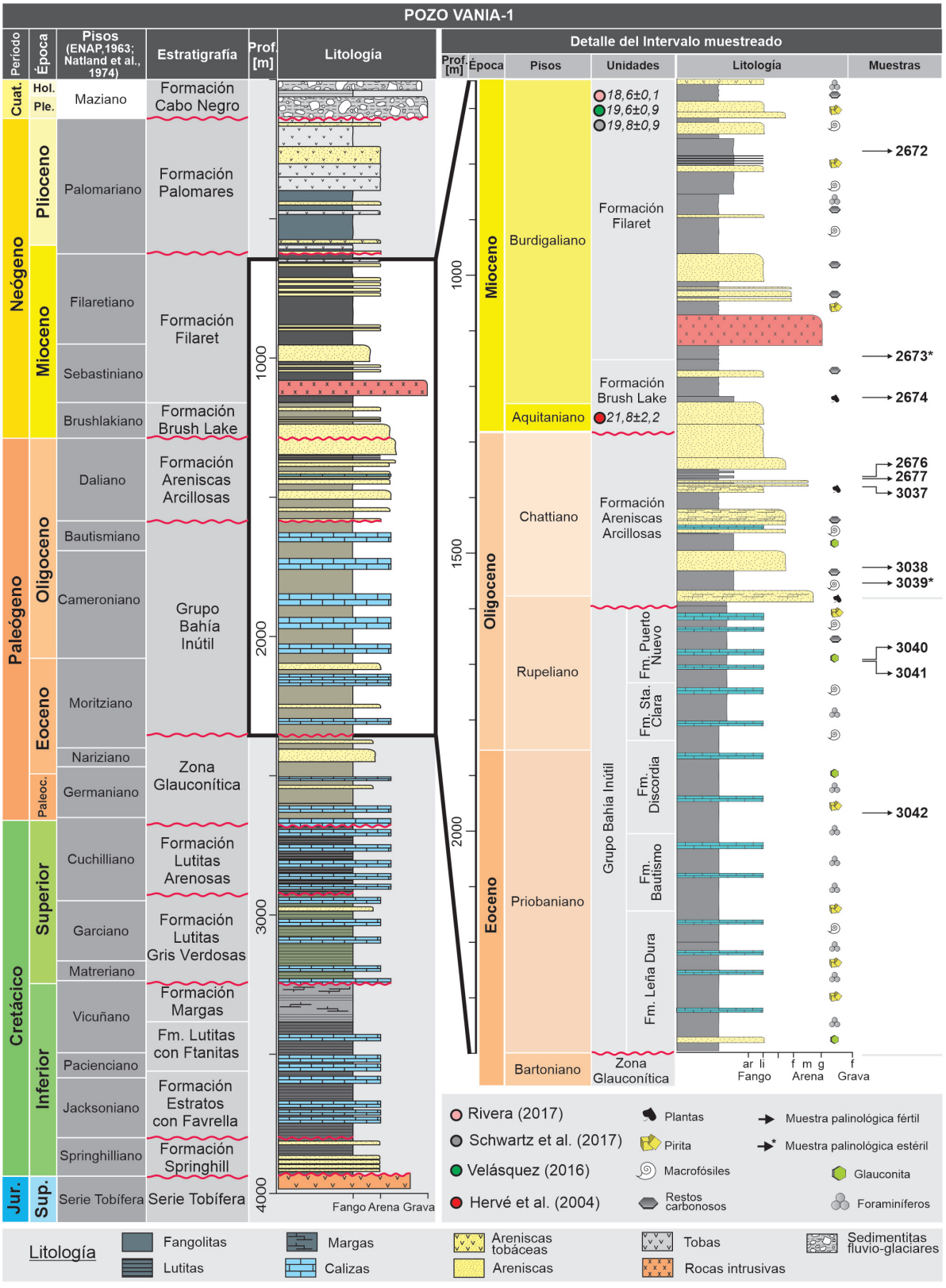


Figura 2. Columna estratigráfica de las unidades registradas en subsuelo del Distrito Springhill y detalle del intervalo muestreado del Pozo Vania-1 de la Cuenca de Magallanes-Austral, Chile (basado en el Legajo del Pozo Vania-1 del Departamento de Exploraciones de la Empresa Nacional del Petróleo; ENAP, 1963).

1974); dataciones U–Pb en circones detríticos de muestras de afloramiento, proponen asignarla al Mioceno Temprano (Aquitaniano) (Hervé et al., 2004). Esta unidad se correlaciona con la porción inferior de la Formación El Salto (González, 1965) en Chile y con la Formación Carmen Silva (Cortés, 1956, en Céspedes & Cortés, 1956) en Argentina.

El último de los niveles estudiados se sitúa en la Formación Filaret que sobreyace en concordancia a la Formación Brush Lake. Esta unidad aflora en la Isla Grande de Tierra del Fuego, en subsuelo se extiende hacia el este de la frontera con Argentina y hacia el noroeste de Chile (Formación El Salto). Esta unidad tiene un espesor entre 200 y 400 m. Sus litofacies consisten en areniscas conglomerádicas, areniscas y fangolitas, localmente fosilífe ras, que se asocian a ambientes litorales y de plataforma marina somera (González, 1965; Natland et al., 1974; Malumián et al., 2013). En base a dataciones de circones detríticos, Velásquez (2016), Rivera (2017) y Schwartz et al. (2017) sugieren una edad Mioceno Temprano (Burdigaliano). La Formación Filaret y unidades equivalentes, como Formación El Salto, han ganado relevancia en el ámbito petrolero, ya que constituyen reservorios continentales de diversos campos gasíferos ubicados al noroeste de Primera Angostura, Chile (Miller et al., 2022).

MATERIALES Y MÉTODOS

Técnicas de muestreo, laboratorio y microscopía. Las muestras estudiadas fueron tomadas de testigos corona del pozo Vania-1 (52° 5′ 28,81" S; 70° 19′ 9,15" O) perforado por la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) de Chile en la década del sesenta. Se tomaron un total de 11 muestras para el análisis palinológico en litologías correspondientes a arcilitas y areniscas medias (Fig. 2). Se realizó el recuento de 250 palinomorfos por muestra en los niveles que resultaron fértiles. La extracción físico-química de la materia orgánica palinológica fue realizada siguiendo las técnicas palinológicas de procesamiento estándar utilizando ácidos no-oxidativos: fluorhídrico y clorhídrico (Riding, 2021). Los preparados finales se confeccionaron de acuerdo con Noetinger et al. (2017), deshidratando el residuo palinológico con etanol para luego ser montado mediante acrilatos inducidos por luz ultravioleta, comercializado como Trabasil® NR2. Los mismos están alojados en el Laboratorio de Palinología, identificados con las siglas UNSPV1 (Universidad Nacional del Sur, Palinología Vania-1) seguido del número de muestra de repositorio (*e.g.*, UNSPV1-2672–2674, 2676, 2677, 3037–3042). Para referenciar los especímenes identificados se utilizó la reglilla *England Finder*. Las muestras fueron estudiadas mediante técnicas de luz transmitida con microscopios ópticos Olympus BX40 y Nikon Eclipse 80*i*.

Tratamiento estadístico del material. A partir del análisis sistemático de los palinomorfos fósiles se confeccionó una lista de los taxones identificados, con sus afinidades biológicas las cuales fueron establecidas mediante material bibliográfico (Tab. 1). Utilizando el programa Tilia versión 2.0.41 (Grimm, 2015), sobre el total de 250 ejemplares contados, se calcularon y graficaron las frecuencias relativas para visualizar la distribución de cada taxón y/o familia reconocida (Fig. 3).

Ecogrupos de esporomorfos (*Sporomorph EcoGroup,* SEG). Los ecogrupos de esporomorfos (esporas + granos de polen) o SEG, propuesto por Abbink (1998) y Abbink et al. (2004) son una herramienta metodológica para la caracterización de diferentes hábitats y/o paleocomunidades vegetales de la zona de estudio. Para establecer los distintos SEG, los taxones se agruparon en función de sus requerimientos ecológicos (demanda de humedad y preferencias de temperatura), tipo de vegetación (*e.g.*, helechos, arbustivas, arbóreas) y tipo de ambiente al que se adaptan (*e.g.*, humedales, turberas, pantanos, bosques).

Según los requerimientos de humedad, se clasificaron en: hidrófitas, plantas acuáticas que viven en ambientes totalmente sumergidos o plantas anfibias que viven en ambientes con exceso de agua; higrófitas, plantas que crecen en ambientes con alta humedad en el aire y el suelo, pero sin agua superficial estancada; mesófitas, plantas con la capacidad de resistir períodos moderados de sequía adaptadas a condiciones de humedad intermedia; xerófitas, plantas que toleran amplios períodos de sequía con suelos bien drenados (Zhang et al., 2020).

Según las preferencias de temperatura, se agruparon en: megatérmicas plantas que habitan regiones tropicales-subtropicales, con una temperatura media anual mayor a 20 °C (TMA > 20 °C); mesotérmicas plantas que se encuentran en zonas cálidas-templadas (TMA 14–20 °C);

TABLA 1. Lista de especies identificadas con las afinidades biológicas y la distribución en las muestras estudiadas.

Taxones	Formación	Discordia	Puerto Nuevo		Areniscas Arcillosas				Brush Lake		Filaret
	Muestras (UNSPV1)	3042	3041	3040	3039	3038	3037	2677	2676	2674	2673	2672
	Afinidad biológica											
Bryophyta, helechos y Lycophyta												
Azolla sp. (Fig. 5D)	Azollaceae (Azolla)	x		x			x			x		
Baculatisporites comaumensis (Fig. 5M)	Osmundaceae/ Hymenophyleaceae?		x				x	x	x	x		x
Baculatisporites turbioensis (Fig. 5N, O)	Osmundaceae							x	x	x		
Biretisporites crassilabratus (Fig. 5I)	Schizaeaceae	x	x	x		x	x	x		x		x
Cingutriletes australis (Fig. 5K)	Sphagnaceae		x	x		x	x					x
Cyatheacidites annulatus (Fig. 5L)	Dicksoniaceae		x			x	x					x
Cyathidites minor (Fig. 5F)	Cyatheaceae?		x			x		x	x			
Cyathidites subtilis (Fig. 5G)	Cyatheaceae		x	x		x	x					x
Dictyophyllidites chiquimilense (Fig. 5H)	Cyatheaceae/ Matoniaceae		x	x		x						x
Dictyophyllidites sp. (Fig. 5J)	Cyatheaceae/ Matoniaceae					x	x					x
Foveotriletes sp. (Fig. 5P)	Ophioglossaceae					x	x					
Ischyosporites areapunctatis (Fig. 5T)	Dicksoniaceae (*Dicksonia*)			x								
Laevigatosporites ovatus (Fig. 5A)	Blechnaceae			x		x	x	x	x	x		x
Leiotriletes regularis (Fig. 5E)			x	x		x	x	x	x			
Muricingulisporis chenquensis (Fig. 5Q)	Pteridaceae (*Pteris semiadnata*)		x	x								
Peromonolites vellosus (Fig. 5B)	Blechnaceae?			x		x						x
Reboulisporites fuegiensis (Fig. 5S)	Ricciaceae			x					x			x
Retitriletes austroclavatidites	Lycopodiaceae (*Lycopodium*)								x			
Trilites fasolae	Dicksoniaceae			x					x			
Tuberculatisporites parvus (Fig. 5C)	Polypodiaceae						x	x	x			
Verrucosisporites sp.			x					x		x		
Esporas indet. (Fig. 5R)												x
Granos de polen de gimnospermas												
Araucariacites australis (Fig. 6A)	Araucariaceae (*Araucaria*)	x					x	x		x		x
Dacrycarpites australiensis (Fig. 6E)	Podocarpaceae (*Dacrycarpus*)					x			x			
Dacrydiumites praecupressinoides (Fig. 6F)	Podocarpaceae (*Dacrydium*)			x			x	x	x			
Equisetosporites claricristatus	Ephedraceae (*Ephedra*)									x		
Taxodiaceaepollenites (=*Inaperturopollenites*) *hiatus* (Fig. 6B)	Cupresaceae (*Pilgerodendron type*)	x	x				x	x		x		x
Microcachryidites antarcticus	Podocarpaceae (*Microcachrys*)						x	x	x			x

TABLA 1. Continuación.

Taxones	Formación	Discordia	Puerto Nuevo		Areniscas Arcillosas				Brush Lake	Filaret
	Muestras (UNSPV1)	3042	3041	3040	3039	3038	3037	2677	2676	2674	2673	2672
	Afinidad biológica											
Phyllocladidites mawsonii (Fig. 6D)	Podocarpaceae (*Lagarostrobos*)			x		x	x	x	x	x		x
Podocarpidites ellipticus	Podocarpaceae (*Podocarpus*)					x				x		
Podocarpidites marwickii (Fig. 6C)	Podocarpaceae (*Podocarpus*)	x	x	x		x	x	x	x	x		x
Podocarpidites rugulosus	Podocarpaceae (*Podocarpus*)											x
Podocarpidites spp.	Podocarpaceae	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Granos de polen de angiospermas												
Arecipites subverrucatus	Arecaceae			x			x	x	x			
Baumannipollis variaperturatus (Fig. 7H)	Malvaceae					x						
Chenopodipollis chenopodiaceoides (Fig. 7N)	Chenopodiaceae/ Amaranthaceae						x					x
Corsinipollenites atlantica (Fig. 7K)	Onagraceae (*Fuchsia*?)							x		x		
Ericipites scabratus (Fig. 7T)	Ericaceae/Epacridaceae						x			x		x
Gothanipollis bassensis	Loranthaceae								x			
Graminidites media (Fig. 7I)	Poaceae			x			x		x	x		
Haloragacidites amolosus (Fig. 7M)	Haloragaceae (*Haloragis*)							x		x		
Liliacidites lanceolatus (Fig. 6G)	Liliaceae									x		
Liliacidites regularis	Liliaceae						x		x			x
Malvacipollis subtilis (Fig. 7O)	Malvaceae?/ Euphorbiaceae									x		
Malvacipolloides comodorensis (Fig. 7R)	Malvaceae					x						
Mutisiapollis viteauensis (Fig. 7S)	Asteraceae (Mutisieae)								x			
Myrtaceidites mesonesus (Fig. 7A)	Myrtaceae			x						x		x
Myrtaceidites triangularis (Fig. 7B)	Myrtaceae						x					
Myrtaceidites verrucosus (Fig. 7C)	Myrtaceae					x	x					
Myrtipites annulatus (Fig. 7D)	Myrtaceae			x	x					x		
Myricipites harrisii (Fig. 7J)	Casuarinaceae/Myricaceae?					x	x	x	x	x		x
Nothofagidites acromegacanthus	Nothofagaceae *Nothofagus* (*Brassospora)*	x	x				x		x	x		x
Nothofagidites americanus (Fig. 6T)	Nothofagaceae *Nothofagus* (*Lophozonia*)						x		x	x		x
Nothofagidites dorotensis (Fig. 6R)	Nothofagaceae *Nothofagus* (*Brassospora)*		x	x		x	x	x	x	x		x
Nothofagidites fortispinulosus (Fig. 6N)	Nothofagaceae *Nothofagus* (*Fuscospora*)					x	x			x		
Nothofagidites fueguiensis (Fig. 6S)	Nothofagaceae *Nothofagus* (*Brassospora*)	x	x	x		x	x	x	x	x		x
Nothofagidites kaitangataensis (Fig. 6M)	Nothofagaceae *Nothofagus* (Ancestral)	x		x		x	x	x	x	x		

TABLA 1. Continuación.

Taxones	Formación	Discordia	Puerto Nuevo		Areniscas Arcillosas				Brush Lake		Filaret
	Muestras (UNSPV1)	3042	3041	3040	3039	3038	3037	2677	2676	2674	2673	2672
	Afinidad biológica											
Nothofagidites rocaensis (Fig. 6O)	Nothofagaceae *Nothofagus* (*Fuscospora*)	x	x	x		x	x	x	x	x		x
Nothofagidites saraensis (Fig. 6P)	Nothofagaceae *Nothofagus* (*Fuscospora*)	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x
Nothofagidites tehuelchesii	Nothofagaceae *Nothofagus* (*Lophozonia*)					x		x	x			
Nothofagidites waipawaensis (Fig. 6Q)	Nothofagaceae *Nothofagus* (*Fuscospora*)	x				x	x		x	x		
Nothofagidites spp.	Nothofagaceae	x	x	x		x	x	x	x			x
Periporopollenites polyporatus (Fig. 7P)	Trimeniaceae					x		x	x			
Periporopollenites stigmosus (Fig. 7Q)	Hammamelidaceae											x
Psilatricolpites minutus (Fig. 6I)	Arecaceae					x						
Psilatricolpites psilascabratus	Arecaceae						x					x
Psilatricolporites salamanquensis							x					x
Rhoipites baculatus (Fig. 7E)	Fabaceae Papilionoideae (*Aeschynomene*)	x					x	x	x	x		x
Rhoipites minusculus (Fig. 7F)	Loganiaceae						x					
Rhoipites waimumuensis							x		x			
Rousea patagonica (Fig. 6J)										x		x
Rubipollis oblatus	Rubiaceae (*Canthium*)											x
Sparganiaceapollenites barungensis	Sparganiaceae/Thyphaceae		x					x		x		x
Sparganiaceaepollenites sphericus	Sparganiaceae (*Sparganium*)											x
Spinizonocolpites hialinus (Fig. 6H)	Arecaceae											x
Striatricolporites gamerroi (Fig. 7G)	Anacardiaceae								x			x
Striatricolporites pseudostriatus (McIntyre)	Anacardiaceae?											x
Syncolporites fastigiosus	Myrtaceae						x			x		
Triatriopollenites lateflexus (Fig. 7L)	Proteaceae		x	x		x			x			
Tricolpites communis (Fig. 6K)	Gunneraceae		x		x		x		x	x		x
Tricolpites inargutus	Violaceae?											x
Tricolpites reticulatus (Fig. 6L)	Gunneraceae (*Gunnera*)								x			
Tricolpites trioblatus	Convolvulaceae (*Cressa*)						x			x		
Tricolpites spp.	Gunneraceae			x		x		x				x
Hongos												
Amerosporae (Fig. 8H–J)		x	x	x		x	x	x	x	x		x
Dictyosporae			x	x		x	x			x		

TABLA 1. Continuación.

Taxones	Formación	Discordia	Puerto Nuevo		Areniscas Arcillosas					Brush Lake		Filaret
	Muestras (UNSPV1)	3042	3041	3040	3039	3038	3037	2677	2676	2674	2673	2672
	Afinidad biológica											
Dictyosporae			x	x		x	x			x		
Didymosporae				x			x					
Helicosporae										x		
Phragmosporae (Fig. 8K, L)			x		x		x	x	x	x		x
Algas												
Ovoidites tripartitus (Fig. 8A)												x
Botryococcus spp. (Fig. 8B)								x				x
Acritarcos												
Filisphaeridium densispinum		x		x								x
Micrhystridium sp.		x								x		
Quistes de dinoflagelados												
Proximados (Fig. 8C, D)		x	x				x	x		x		x
Próximo-corados		x		x						x		
Corados (Fig. 8E, F)		x		x			x		x	x		x
Foraminíferos												
Revestimiento orgánico de conchillas (Fig. 8G)		x										

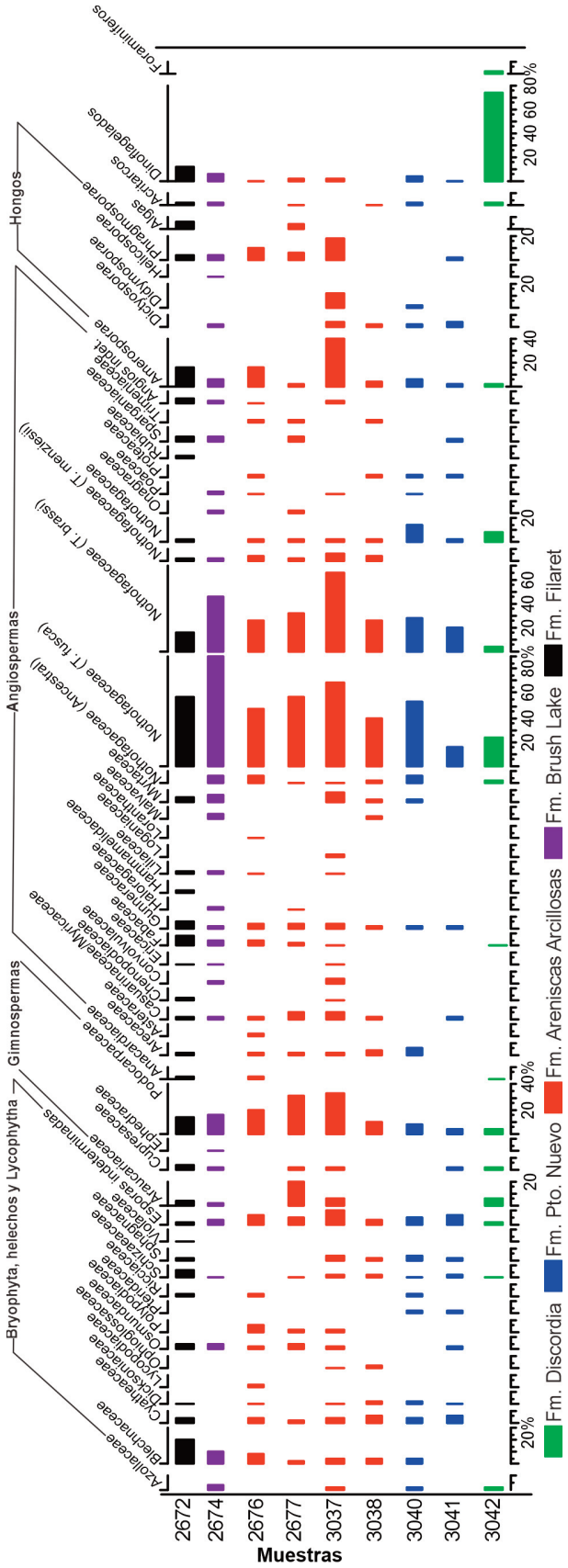
microtérmicas plantas que viven en regiones templadas-frías (TMA < 14 °C) (Zhang et al., 2020) (Tab. 2).

Análisis de componentes principales (*Principal Component Analysis*, PCA). Se aplicó el PCA para evaluar las variaciones composicionales de la asociación palinológica a lo largo de los niveles analizados. Dado el amplio rango de abundancias registrado (<1% a >60%), los datos fueron estandarizados mediante la transformación de Hellinger previo al análisis, para evitar que los taxones dominantes sobreponderen la matriz de covarianza y enmascaren la variabilidad de los taxones de menor abundancia (Legendre & Gallagher, 2001). La distribución de las esporas y granos de polen en las secciones analizadas se muestra en los primeros dos ejes del diagrama de ordenación PCA (Fig. 4). Los primeros dos componentes principales (PC1 y PC2) explican más del 90% de la variabilidad original (Peña, 2002).

RESULTADOS

Análisis de las asociaciones palinológicas. Si bien en todas las asociaciones palinológicas estudiadas se reconocen componentes marinos (*i.e.*, dinoquistes, acritarcos y revestimientos orgánicos de foraminíferos) las distintas asociaciones identificadas están dominadas por palinomorfos terrestres (Figs. 5–8) representados principalmente por granos polen de angiospermas que constituyen entre el 30% y el 70% del total del espectro de palinomorfos. La única excepción es la muestra UNSPV1-3042 donde los constituyentes marinos (quistes de dinoflagelados) predominan sobre los esporomorfos (Fig. 3).

Grupo Bahía Inútil. Comprende las muestras UNSPV1-3042, UNSPV1-3041, UNSPV1-3040. En este grupo se reconocieron dos asociaciones diferentes de palinomorfos. La asociación identificada en la muestra UNSPV1-3042 de



la Formación Discordia presenta un amplio predominio de componentes marinos, representados en su mayoría por quistes de dinoflagelados corados (56,2%) y un menor porcentaje de revestimientos de conchillas de foraminíferos (1,5%). La asociación acompañante está constituida, además, por granos de polen de angiospermas (30%), conformada principalmente por Nothofagaceae (28,4%) predominando en esta muestra con el 23,8% el tipo fusca (*Fuscospora*) y menziesii (*Lophozonia*). Dentro de las gimnospermas (7,7%) se reconocen Araucariaceae (4,6%) y Podocarpaceae (3,1%) (Fig. 3).

La asociación observada en las muestras UNSPV1-3041 y UNSPV1-3040 de la Formación Puerto Nuevo, está dominada por Nothofagaceae (50–62,9%). En la muestra UNSPV1-3040 predomina el tipo fusca y menziesii (42,1%), mientras que en la muestra UNSPV1-3041 los tipos brassii (*Brassospora*), fusca y menziesii alcanzan porcentajes similares (24–25%). De manera subordinada se encuentran las esporas de briofitas y helechos (13,8–28,6%) y esporas de hongos (6,3–8,1%). Las gimnospermas se hallan escasamente representadas por Podocarpaceae (4,1–5%). El componente marino se encuentra presente en porcentajes entre el 1,4% y 2,6%, representado por quistes de dinoflagelados y 1,9% por acritarcos (Fig. 3).

Formación Areniscas Arcillosas. Comprende las muestras UNSPV1-3039, UNSPV1-3038, UNSPV1-3037, UNSPV1-2677 y UNSPV1-2676. La muestra UNSPV1-3039 resultó estéril en palinomorfos. La asociación reconocida en los niveles fértiles está caracterizada principalmente por la familia Nothofagaceae con porcentajes que varían desde los 47,2% hasta 59,7% (Fig. 3) predominando en todas las muestras el tipo fusca y menziesii excepto en la muestra UNSPV1-3037 que los porcentajes del tipo brassii son muy semejantes al tipo fusca y menziesii (20,9–24,4%).

En la muestra UNSPV1-3038 la asociación está acompañada por esporas de briofitas y helechos en un 16,8% y granos de polen de Podocarpaceae (8,1%). Las esporas de hongos, en su mayoría del grupo amerosporas, se encuentran representadas en un 3,2% (Fig. 3).

Figura 3. Frecuencias relativas de palinomorfos, basadas en el recuento total de 250 especímenes por muestra.

TABLA 2. Características de los ecogrupos: atributos paleoecológicos, requerimientos climáticos y tipos de vegetación.

SEG	G.S.	Familias	Tipo de vegetación	Temperatura	Humedad	Tipo de ambiente
SOTOBOSQUE	Briofitas	Ricciaceae	Herbáceas (17)	Megatérmicas a Mesotérmicas (17)	Hidrófitas (21)	Pantano. Orilla de río y arroyo (21)
		Sphagnaceae	Musgos (21)	Megatérmicas a Mesotérmicas (19)	Hidrófitas (17)	Humedal (21) Turbera (18) Pantano (17) Límites de bosque (19)
	Polypodiopsida	Azollaceae	Helechos (1) Herbáceas flotantes (9, 16)	Megatérmicas a Mesotérmicas (3)	Hidrófitas (10)	Sotobosque (1, 21) Lago y pantano (3, 28)
		Blechnaceae	Herbáceas. Arborescentes (21)	Megatérmicas a Mesotérmicas (7)	Higrófitas (30)	Sotobosque (22)
		Ophioglossaceae	Helechos. Epífitos (12)	Megatérmicas a Mesotérmicas (4)	Mesófitas (12)	Límite de bosque (4, 12)
		Osmundaceae	Helechos (17) Herbácea epífita (18)	Megatérmicas a Mesotérmicas (17, 21)	Higrófitas (17)	Sotobosque (1,12) Río y arroyo (2)
	Ang.	Liliaceae	Herbáceas o arbustos (21)	Megatérmicas a Mesotérmicas (20)	Mesófitas (28)	Pantanos (12, 17)
		Sparganiaceae	Herbáceas arbustivas (1)	Megatérmicas a Mesotérmicas (19)	Hidrófitas (10)	Pantano o marisma (1, 19)
BOSQUE MONTANO CÁLIDO	Lyc.	Lycopodiaceae	Herbáceas. Epífitas (21)	Megatérmicas a Mesotérmicas (18, 21)	Higrófitas (17)	Sotobosque (1) Bosques (9, 31)
	Polypodiopsida	Cyatheaceae	Helechos arborescentes (1, 27)	Megatérmicas a Mesotérmicas (1, 17, 20 ,28 ,31)	Higrófitas (21)	Bosque (1) Sotobosque (20, 28)
		Dicksoniaceae	Helechos arborescentes (21, 31)	Megatérmicas a Mesotérmicas (17, 21)	Higrófitas (21)	Bosque, matorral y pastizal (21)
		Polypodiaceae	Helechos (30)	Megatérmicas a Mesotérmicas (17, 28)	Higrófitas (24) Toleran sequía (31)	Bosque (1)
		Schizaeaceae	Helechos (19, 20)	Megatérmicas a Mesotérmicas (16, 17)	Indicador de condiciones de humedad (19, 21)	Bosque (2)
	Angiospermas	Haloragaceae	Herbáceas (1, 12)	Megatérmicas a Mesotérmicas (15, 28)	Higrófitas (4)	Lacustre (2) Palustre (4, 6, 12, 14) Bosque (15)
		Hammamelidaceae	Árboles o arbustos (29)	Megatérmicas a Mesotérmicas (28)	Mesófitas (28)	Bosque (2, 28)
		Loganiaceae	Arbóreas, arbustivas, o herbáceas (29)	Megatérmicas (28, 29)	Sugiere humedad (28)	Bosque (28, 29)
		Loranthaceae	Arbustivas parásitas o hemiparásitas (28) Epífitas (28)	Megatérmicas a Mesotérmicas (23)	Sugiere humedad (27)	Sotobosque (29) Bosque (23)
		Malvaceae	Herbáceas, leñosas o arbustos (4, 12)	Megatérmicas a Mesotérmicas.(2, 6, 29)	Hidrófitas (16)	Lacustre (1, 6) Bosque (6)
		Nothofagaceae tipo brassii	Árboles o arbustos (24)	Megatérmicas a Mesotérmicas (24)	Sugiere humedad (27)	Bosque o palustre (22, 24)
		Rubiaceae	Árboles (12)	Megatérmicas a Mesotérmicas (8, 16, 25)	Sugiere humedad (30)	Bosque (9, 11)
		Trimeniaceae	Árboles, arbustos o trepadoras (30)	Megatérmicas a Mesotérmicas (31)		Bosque o sotobosque (32)
ÁREAS MARGINALES DE LOS BOSQUES	Gimn.	Ephedraceae	Herbáceas arbustivas (13, 16, 25)	Megatérmicas (8, 28)	Xerofíticas (8, 18, 30)	Costa o marismas (1) Paludal o bosque (7)
	Angiospermas	Anacardiaceae	Árboles, arbustos y lianas, raramente hierbas (13,16,25)	Megatérmicas a Mesotérmicas (20, 26, 27)	Xerofíticas (1, 16, 18)	Litoral (1) Bosque (20)
		Asteraceae	Herbáceas arbustivas (13,16,32)	Mesotérmicas a microtérmicas (27)	Xerofíticas (16, 18)	Costa, marisma o estepa (16) Bosque (18)
		Chenopodiaceae	Herbáceas arbustivas (13, 16)	Megatérmicas a Mesotérmicas (13)	Xerofíticas (9, 13, 16)	Costa (4, 20) Litoral (10) Bosque (16)
		Convolvulaceae	Herbáceas arbustivas (10, 13, 16)	Megatérmicas (13)	Xerofíticas (10, 13, 30)	Litoral (10, 13) Marisma costera (16)
		Ericaceae	Árboles, arbustos (17)	Megatérmicas (25)	Indicadores de baja humedad (17)	Bosque (17)

TABLA 2. Continuación.

SEG	G.S.	Familias	Tipo de vegetación	Temperatura	Humedad	Tipo de ambiente
ÁREAS MARGINALES DE LOS BOSQUES	Angiospermas	Fabaceae	Árboles, arbustos o hierbas (16)	Megatérmicas a Mesotérmicas (20)	Xerofíticas (16)	Bosque (16)
		Mimosaceae	Árboles, arbustos (11)	Megatérmicas (16)	Semidesérticas (16)	Bosque o sabana (16)
		Myrtaceae	Árboles, arbustos (32)	Mesotérmicas (16, 25) Megatérmicas (20)	Indicadores de baja humedad (25, 31)	Bosque (29, 31)
		Poaceae	Herbáceas o leñosas (1, 16)	Mesotérmicas (16)	Xerofíticas (16, 29)	Estepa (12) Costa, pantano o bosque (16)
BOSQUE MONTANO FRÍO	Pol.	Pteridaceae	Helechos (17)	Mesotérmicas a Microtérmicas (21)	Suelos húmedos (21)	Bosque (21)
	Gimnospermas	Araucariaceae	Arbóreos (31)	Mesotérmicas a Microtérmicas (16)	Suelos de mediana a alta humedad (16, 22)	Bosque. Sotobosque (4)
		Casuarinaceae/ Myricaceae	Arbóreo (5, 16)	Mesotérmicas a Microtérmicas (16)	Suelos de mediana a alta humedad (11, 16)	Bosque (16)
		Cupressaceae	Arbóreo (14, 16)	Mesotérmicas a Microtérmicas (14)	Suelos mal drenados (16)	Bosque (14)
		Podocarpaceae	Arbóreos (31)	Mesotérmicas a Microtérmicas (6, 9, 16)	Suelos de alta humedad (6, 20, 27, 31)	Bosque (1, 6, 17)
	Angiospermas	Gunneraceae	Herbáceos (12, 20)	Mesotérmicas a Microtérmicas (17)	Suelos húmedos o anegados (1, 17)	Sotobosque (11) Bosque (2, 10, 21)
		Nothofagaceae T fusca + menziesii	Arbóreos (30)	Mesotérmicas a Microtérmicas (17, 21, 25, 28)	Suelos con alta humedad durante todo el año (1)	Bosque y sotobosque (4)
		Onagraceae	Herbáceos (17, 20)	Mesotérmicas a Microtérmicas (8)	Suelos húmedos (4, 21, 28)	Límites de bosque (4) Pantano (15) Sotobosque (20)
		Proteaceae	Herbáceos (4, 12)	Mesotérmicas a Microtérmicas (1, 16)	Suelos de mediana a alta humedad (1, 24, 28)	Bosque y sotobosque (4) Pantano o lago (15)

Abreviaturas: Ang., angiospermas. G.S., grupos supragenéricos. Gimn., gimnospermas. Lyc., Lycopsidas. Pol., Polypodiopsida. **Referencias:** 1, Barreda (1996); 2, Quattrocchio et al. (1997); 3, Papú et al. (1998); 4, Zamaloa (2000); 5, Barreda (2002); 6, Mautino y Anzótegui (2002); 7, Ponce y De La Sota (2002); 8, Archangelsky y Zamaloa (2003); 9, García-Massini et al. (2004); 10, Palazzesi y Barreda (2004); 11, Macphail y Stone (2004); 12, Zamaloa (2004); 13, Barreda et al. (2006); 14, Macphail y Cantrill (2006); 15, Quattrocchio (2006); 16, Barreda y Palazzesi (2007); 17, Volkheimer et al. (2007); 18, Mautino (2009); 19, Scafati et al. (2009); 20, Barreda et al. (2011); 21, Cornou et al. (2012); 22, Heredia et al. (2012); 23, Macphail et al. (2012); 24, Carrillo-Berumen et al. (2013); 25, Quattrocchio et al. (2013); 26, Mautino y Anzótegui (2014); 27, Palazzesi et al. (2014); 28, Anzótegui et al. (2017); 29, Fernández (2018); 30, Barreda y Palazzesi (2021); 31, Tapia et al. (2023); 32, Thomas et al. (2024).

En la muestra UNSPV1-3037 la asociación está acompañada por granos de polen de gimnospermas (12,3%), principalmente representados por Podocarpaceae (10,4%) de la especie *Phyllocladidites mawsonii*. Además, las esporas de hongos, principalmente del grupo amerosporas, alcanzan un 12,3%. El componente marino está representado en una baja proporción por quistes de dinoflagelados (0,6%) (Fig. 3).

En la muestra UNSPV1-2677 conforman la asociación granos de polen de gimnospermas (26,6%), esporas de briofitas y helechos (8,5%), esporas de hongos de tipo fragmosporas (3%) y amerosporas (1%) y algas de agua dulce a salobre (*Botryococcus*) en un bajo porcentaje (2%). Los constituyentes marinos se encuentran representados por quistes de dinoflagelados (1%) y acritarcos (0,5%) (Fig. 3).

En la muestra UNSPV1-2676, la asociación está compuesta por esporas de briofitas y helechos que representan el 17,5% del total del espectro de palinomorfos pertenecientes principalmente a las familias Blechnaceae (4,9%), Polypodiaceae (3,3%), Osmundaceae (2,2%). Las esporas de hongos se encuentran representadas por los grupos amerosporas (8,2%) y fragmosporas (4,9%). Los constituyentes marinos están representados sólo por quistes de dinoflagelados en muy baja proporción (0,5%) (Fig. 3).

Formación Brush Lake. Comprende las muestras UNSPV1-2674 y UNSPV1-2673. La asociación observada en la muestra (UNSPV1-2674) está dominada por granos de

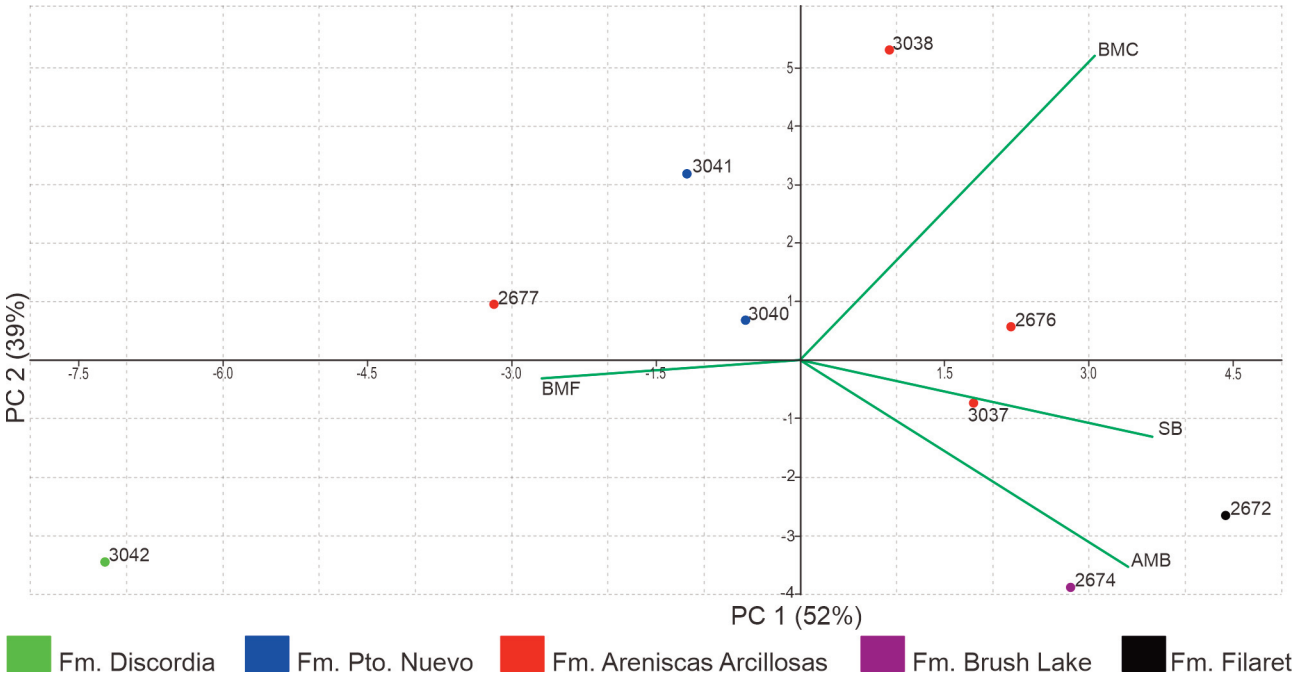


Figura 4. Biplot del PCA para el análisis paleoambiental y paleoecológico que explica más del 90% de la varianza. Se presenta una interpretación de los SEGs según las variables que mejor se expresan a cada lado del eje. Cada punto representa una muestra estudiada y su color a la formación a la cual pertenece.

polen de Nothofagaceae (60,8%) predominando el tipo fusca y menziesii (38,7%), acompañada por esporas de briofitas y helechos (9%) y esporas de hongos (4,6%). Los granos de polen de gimnospermas se encuentran escasamente representados, principalmente por Podocarpaceae (6,4%). La presencia de quistes de dinoflagelados (2,1%) y acritarcos (0,9%), indican una influencia marina (Fig. 3). La muestra UNSPV1-2673 resultó estéril en palinomorfos.

Formación Filaret. Muestra UNSPV1-2672. La asociación estudiada está dominada por granos de polen de Nothofagaceae (35,4%) predominando el tipo fusca y menziesii (27,8%) y de manera subordinada se encuentran las esporas de briofitas y helechos (18,8%). Las esporas de hongos se encuentran representadas por amerosporas (7,1%) y fragmosporas (1,4%). Las gimnospermas (8,5%), son principalmente de la familia Podocarpaceae (6,6%). Los constituyentes marinos están representados por quistes de dinoflagelados (5,2%) y acritarcos (0,9%) (Fig. 3).

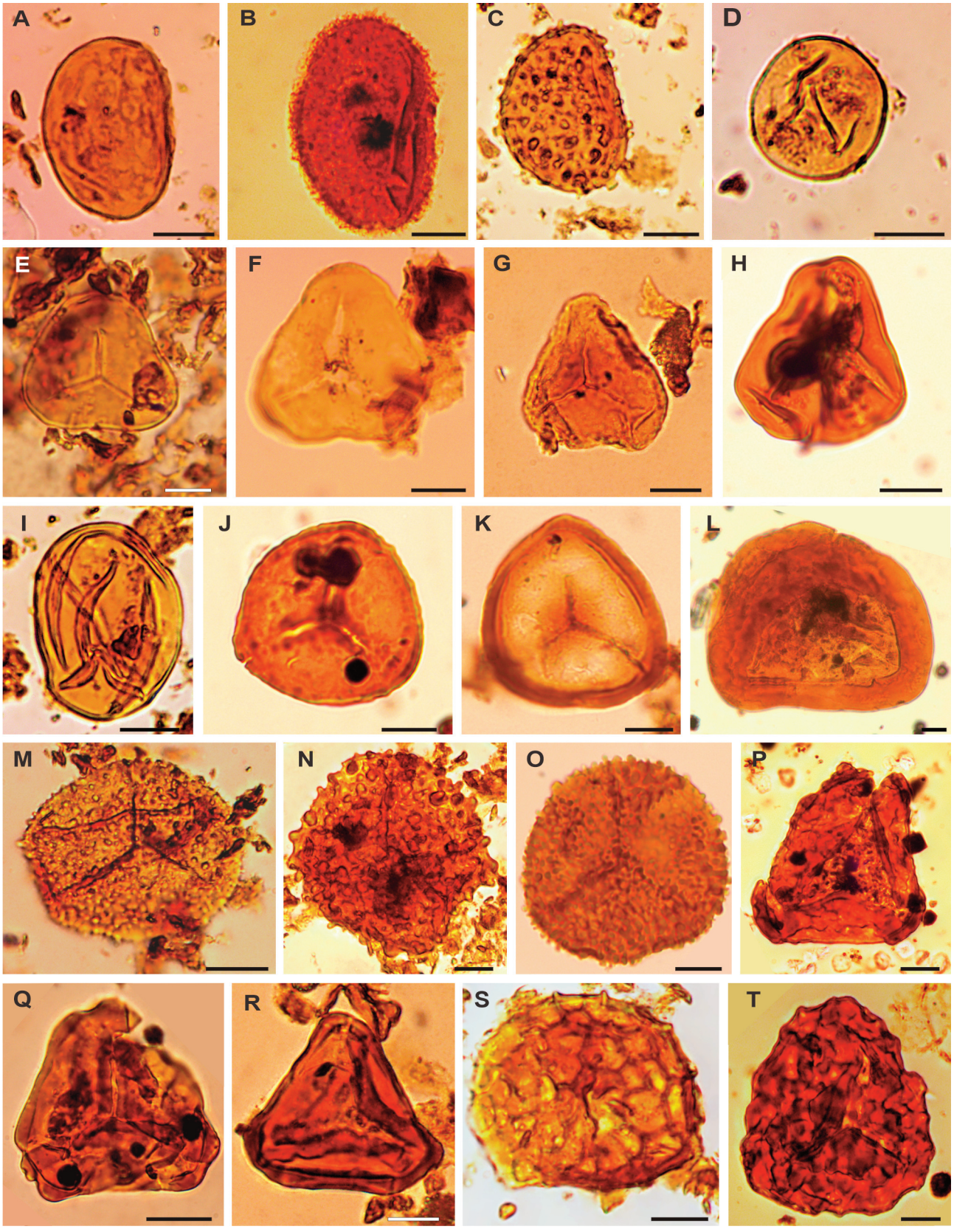
DISCUSIÓN

Palinoestratigrafía. A partir de la distribución estratigráfica de los taxones de esporomorfos identificados en los niveles estudiados de las formaciones Discordia, Puerto Nuevo, Areniscas Arcillosas, Brush Lake y Filaret, y su registro en el Paleógeno–Neógeno temprano (Mioceno) de Chile, Argentina, Antártida e Islas Malvinas, se seleccionaron especies biomarcadoras (Fig. 9). Los taxones seleccionados permitieron delimitar la edad de los niveles estudiados de cada unidad mediante su asignación a las fases de recambio florístico (1–7) *sensu* Barreda et al. (2021).

Fase 1 - Eoceno temprano (52–48 Ma). 1. Fm. Huitrera: localidad Laguna del Hunco, Chubut, Argentina (Barreda et al., 2020); 2. Fm. Agua Fresca: Chile (Carrillo-Berumen et al., 2013—en este trabajo se considera correlacionable con la Fm. Punta Torcida—).

Fase 2 - Eoceno medio (48–38 Ma). 3–4. Fm Troncoso: localidad Río Foyel, Río Negro, Argentina (3. Cornou, 2012; 4. Quattrocchio et al., 2012); 5–7. Fm. Río Turbio: Miembro Inferior, Santa Cruz, Argentina (5. Archangelsky, 1972; 6. Fernández, 2018; 7. Fernández & Savoretti, 2020).

Fase 3 - Eoceno tardío–Oligoceno temprano (38–28 Ma). 5–7. Fm. Río Turbio: Miembro Superior, Santa Cruz, Argentina (5. Archangelsky, 1972; 6. Fernández, 2018; 7. Fernández & Savoretti, 2020); 8–13. Fm. Salto del Macho: localidad


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T

Río Foyel, Río Negro, Argentina (8. Cornou, 2012; 9. Quattrocchio et al., 2012; 10. Cornou et al., 2012; 11. Cornou et al., 2014—la edad aquí considerada sigue las propuestas de Asensio et al. (2005) y Bernardo et al. (2009), reforzada en estudios palinológicos (ver discusión en Martínez et al., 2024), y difiere de la considerada en Barreda et al., 2021—); 12. Fm. Loreto: Chile (Fasola, 1969); 13. "Estratos de Estancia La Correntina": Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina (Rossello et al., 2004); 14. Corcovado, Chubut, Argentina (Noetinger et al., 2025).

Fase 4 - Oligoceno tardío (28–23 Ma). 14. Corcovado, Chubut, Argentina (Noetinger et al., 2025); 15–18. Fm. San Julián: Santa Cruz, Argentina (15. Barreda, 1997d; 16. Barreda & Palamarczuk, 2000b; 17. Heredia et al., 2012; 18. Náñez et al., 2009); 19. Pozo Aries x-1 (Palamarczuk & Barreda, 2000); 20–21. Fm. Río Foyel: sección inferior, localidad Río Foyel, Río Negro, Argentina (20. Cornou, 2012; 21. Quattrocchio et al., 2012); 22. Fm. Río Foyel: sección superior, localidad Río Foyel, Río Negro, Argentina (Barreda et al., 2003).

Fase 5 - Mioceno Temprano (23–16 Ma). 22. Fm. Río Foyel: sección superior, localidad Río Foyel, Río Negro, Argentina (Barreda et al., 2003); 23. Fm. Río Leona: Santa Cruz, Argentina (Barreda et al., 2009); 24. Fm. Monte León: Santa Cruz, Argentina (Barreda & Palamarczuk, 2000a); 25. Fm. Sloggett: Tierra del Fuego, Argentina (Olivero et al., 1998); 26–28. Fm. Cheuquemó: Chile (26. Troncoso & Barrera, 1979a; 27. Troncoso & Barrera, 1979b; 28. Troncoso & Barrera, 1980); 29–31. Fm. Cullen: Tierra del Fuego, Argentina (29. Zamaloa, 2000; 30. Zamaloa, 2004; 31. Zamaloa & Romero, 1990); 32–35. Fm. Chenque, secuencia I y II: Chubut, Argentina (32. Barreda, 1996; 33. Barreda, 1997a; 34. Barreda, 1997b; 35. Barreda, 1997c).

Fase 6 - Mioceno Medio (16–12 Ma). 32–35. Fm. Chenque secuencia, III–V: Chubut, Argentina (32. Barreda, 1996; 33. Barreda, 1997a; 34. Barreda, 1997b; 35. Barreda, 1997c); 36. Islas Malvinas (Macphail & Cantrill, 2006).

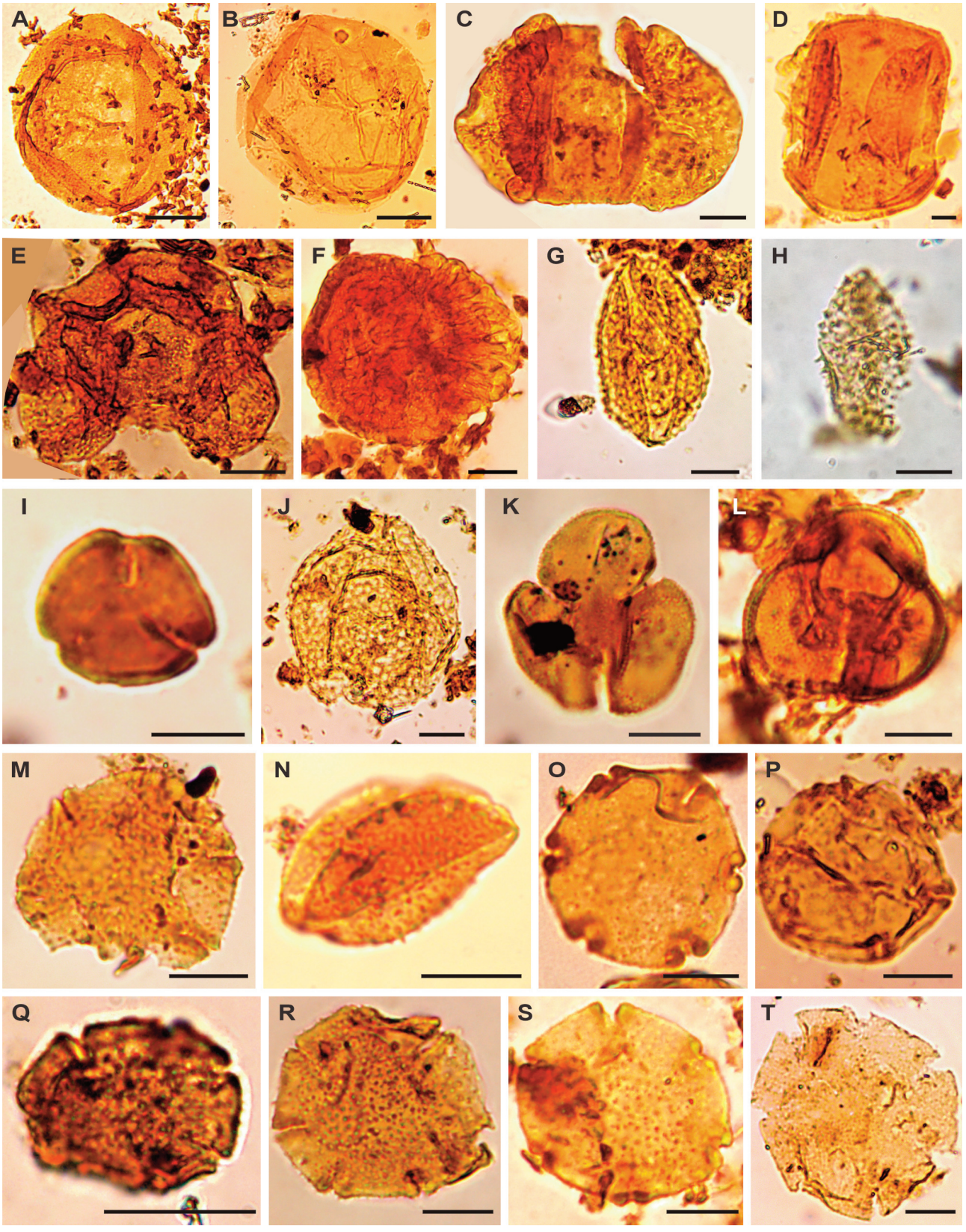
Fase 7 - Mioceno Tardío (12–6 Ma). 37. Fm. Barranca Final: Río Negro, Argentina (Guler et al., 2001); 38. Fm. Puerto Madryn, Chubut, Argentina (Palazzesi & Barreda, 2004).

La asociación palinológica para los niveles estudiados del sondeo Vania-1 proporcionó los siguientes 10 marcadores bioestratigráficos (ordenados según primeras apariciones en el registro cronoestratigráfico). Estos se presentan en la Figura 9 y se describen a continuación:

Baculatisporites turbioensis fue citada para el Eoceno temprano de la Fm. Agua Fresca: Chile; para el Eoceno medio–Oligoceno temprano de la Fm. Río Turbio: Miembro Inferior, Santa Cruz (Archangelsky, 1972; Fernández, 2018); para el Eoceno tardío–Oligoceno temprano para la Fm. Salto del Macho (Cornou, 2012; Quattrocchio et al., 2012; Cornou et al., 2012); para el Mioceno Temprano para la Fm. Río Foyel: sección superior (Barreda et al., 2003), la Fm. Cheuquemó: Chile (Troncoso & Barrera, 1979a); Fm. Cullen: Tierra del Fuego (Zamaloa & Romero, 1990; Zamaloa, 2000, 2004); para el Mioceno Medio de la Fm. Chenque secuencia III-V (Barreda, 1996, 1997a) e Islas Malvinas (Macphail & Cantrill, 2006).

Baculatisporites comaumensis fue registrado en el Eoceno temprano de la Fm. Huitrera: Laguna del Hunco (Barreda et al., 2020); en el Eoceno medio–Oligoceno temprano de la Fm. Río Turbio: Miembro Inferior (Archangelsky, 1972; Fernández & Savoretti, 2020); en el Eoceno tardío–Oligoceno temprano para la Fm. Salto del Macho (Cornou, 2012; Cornou et al., 2012) y "Estratos de Estancia La Correntina" (Rossello et al., 2004); en el Oligoceno tardío de la Fm. Río Foyel: sección inferior (Cornou, 2012; Quattrocchio et al., 2012); en el Mioceno Temprano de la Fm. Sloggett (Olivero et al., 1998), de la Fm. Cheuquemó: Chile (Troncoso & Barrera, 1979a, b) y Fm. Cullen (Zamaloa

Figura 5. Esporas seleccionadas de las unidades estudiadas: A, *Laevigatosporites ovatus* UNSPV1-2674a: E48/0; B, *Peromonolites vellosus* UNSPV1-3040: H55/0; C, *Tuberculatisporites parvus* UNSPV1-3040: E53/2; D, *Azolla* sp. UNSPV1-2674a: C50/4; E, *Leiotriletes regularis* UNSPV1-2676a: D29/0; F, *Cyathidites minor* UNSPV1-2677a: X38/4; H, *Cyathidites subtilis* UNSPV1-2672a: S19/2; H, *Dictyophyllidites chiquimilense* UNSPV1-3038c: N48/3; I, *Biretisporites crassilabratus* UNSPV1-2674a: R50/0; J, *Dictyophyllidites* sp. UNSPV1-3038c: D17/2; K, *Cingutrilites australis* UNSPV1-2672a: U15/0; L, *Cyatheacidites annulatus* UNSPV1-3041a: O5/3; M, *Baculatisporites comaumensis* UNSPV1-2674a: L32/0; N, *Baculatisporites turbioensis* UNSPV1-2674a: M29-0; O, *Baculatisporites turbioensis* UNSPV1-2677a: G15/0; P, *Foveotriletes* sp. UNSPV1-3037: X22/0; Q, *Muricingulisporis chenquensis* UNSPV1-3040: T12/0; R, Espora trilete indeterminada UNSPV1-2672a: Y29/0; S, *Reboulisporites fueguiensis* UNSPV1-2676a: W26/0; T, *Ischyosporites areapunctatis* UNSPV1-3040: Q43/2. Escala = 10 µm.


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T

& Romero, 1990; Zamaloa, 2000, 2004).

Trilites fasolae es citada en el Eoceno medio–Oligoceno temprano de la Fm. Río Turbio: Miembro Inferior (Archangelsky, 1972; Fernández, 2018); en el Eoceno tardío–Oligoceno temprano para la Fm. Salto del Macho (Cornou, 2012; Cornou et al., 2012) y "Estratos de Estancia La Correntina" (Rossello et al., 2004); en el Mioceno Temprano de la Fm. Cheuquemó: Chile (Troncoso & Barrera, 1979a, b).

Nothofagidites acromegachanthus ha sido registrado en el Eoceno medio–Oligoceno temprano de la Fm. Río Turbio, Miembro Superior (Fernández, 2018); Eoceno tardío–Oligoceno temprano de la Fm. Salto del Macho (Cornou, 2012; Cornou et al., 2014); en el Eoceno tardío–Mioceno Temprano de Corcovado, Chubut (Noetinger et al., 2025); en el Oligoceno tardío de la Fm. San Julián (Barreda, 1997d; Barreda & Palamarczuk, 2000b; Heredia et al., 2012; Palamarczuk & Barreda, 2000) y en el Mioceno Temprano de las formaciones Río Foyel (Barreda et al., 2003) y Río Leona (Barreda et al., 2009); en el Mioceno Temprano–Medio de la Fm. Chenque (Barreda, 1996, 1997c) y en el Mioceno Tardío de la Fm. Barranca Final (Guler et al., 2001).

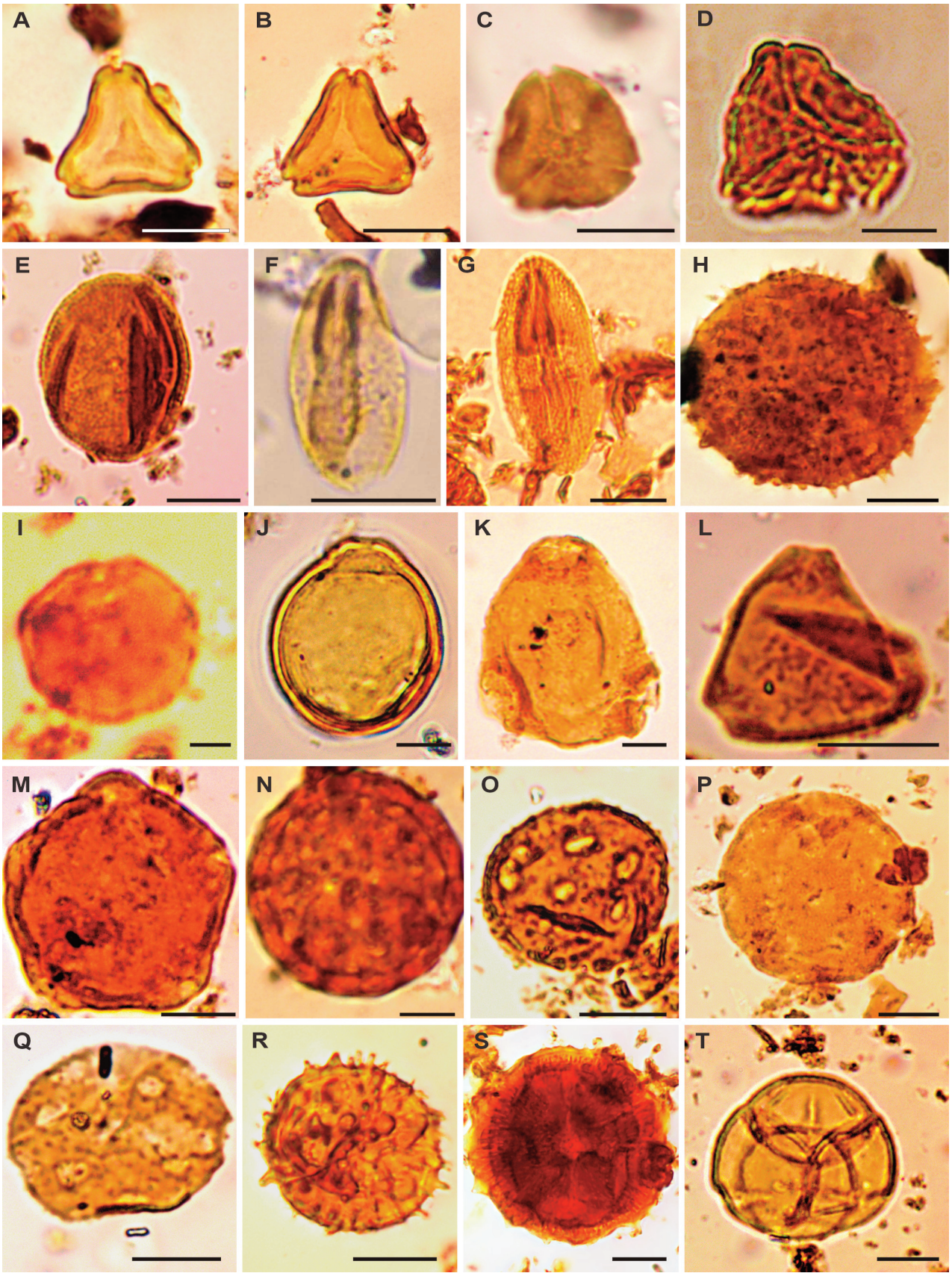
Myrtaceidites verrucosus ha sido registrado en el Eoceno medio de la Fm Troncoso (Cornou, 2012; Quattrocchio et al., 2012); en el Eoceno medio–Oligoceno temprano de la Fm. Río Turbio (Fernández, 2018); en el Eoceno tardío–Oligoceno temprano de la Fm. Salto del Macho (Cornou, 2012; Quattrocchio et al., 2012; Cornou et al., 2014) y "Estratos de Estancia La Correntina" (Rossello et al., 2004); en el Oligoceno tardío de la Fm. San Julián (Barreda, 1997d; Barreda & Palamarczuk, 2000b; Heredia et al., 2012), en el Pozo Aries x-1 (Palamarczuk & Barreda, 2000) y Fm. Río Foyel, sección inferior (Cornou, 2012; Quattrocchio et al., 2012); en el Mioceno Temprano de la Fm. Río Leona (Barreda et al., 2009) y Fm. Sloggett (Olivero et al., 1998); en el Mioceno Medio de la Fm. Chenque secuencia III–V (Barreda, 1997c) e Islas Malvinas (Macphail & Cantrill, 2006).

Nothofagidites fueguiensis ha sido citado para el Eoceno medio–Oligoceno temprano de la Fm. Salto del Macho (Cornou, 2012; Cornou et al., 2014); Eoceno tardío–Oligoceno temprano de la Fm. Loreto: Chile (Fasola, 1969) y de los "Estratos de Estancia La Correntina" (Rossello et al., 2004) y en el Eoceno tardío–Mioceno Temprano de Corcovado, Chubut (Noetinger et al., 2025). *Nothofagidites waipawaensis* fue mencionado en el Eoceno tardío–Oligoceno temprano de la Fm. Loreto: Chile (Fasola, 1969); en el Oligoceno tardío de la Fm. San Julián (Heredia et al., 2012; Náñez et al., 2009); y en el Mioceno Temprano de la Fm. Cheuquemó: Chile (Troncoso & Barrera, 1980) y de la Fm. Cullen (Zamaloa, 2000). *Nothofagidites kaitangataensis* es mencionado en el Eoceno tardío–Oligoceno temprano de la Fm. Loreto: Chile (Fasola, 1969) y el Oligoceno tardío de la Fm. San Julián (Barreda & Palamarczuk, 2000b; Heredia et al., 2012).

Psilatricolpites minutus citada para el Eoceno tardío–Oligoceno temprano de la Fm. Salto del Macho (Cornou, 2012; Cornou et al., 2014). *Tricolpites trioblatus* mencionado en el Oligoceno tardío de la Fm. San Julián (Barreda & Palamarczuk, 2000b) y en el Pozo Aries x-1 (Palamarczuk & Barreda, 2000); en el Mioceno Temprano de las formaciones Río Leona (Barreda et al., 2009) y Monte León (Barreda & Palamarczuk, 2000a); en el Mioceno Medio de la Fm. Chenque secuencia III–V (Barreda, 1996, 1997b); en el Mioceno Tardío de las formaciones Barranca Final (Guler et al., 2001) y Puerto Madryn (Palazzesi & Barreda, 2004).

A partir de los rangos estratigráficos de los biomarcadores seleccionados, fue posible refinar el rango cronoestratigráfico de los niveles analizados. Para la Formación Discordia, el registro de *N. kaitangataensis* junto

Figura 6. Granos de polen seleccionados de las unidades estudiadas: A, *Araucariacites australis* UNSPV1-2676a: V34/0; B, *Taxodiaceaepollenites* (=*Inaperturopollenites*) *hiatus* UNSPV1-2672a: W43/4; C, *Podocarpidites marwickii* UNSPV1-2677a: P15/3; D, *Phyllocladidites mawsonii* UNSPV1-2676a: J27/0; E, *Dacrycarpites australiensis* UNSPV1-2676a: N30/3; F, *Dacrydiumites praecupressinoides* UNSPV1-2676a: K10/0; G, *Liliacidites lanceolatus* UNSPV1-2674a: W11/3; H, *Spinizonocolpites hialinus* UNSPV1-2672a: G46/3; I, *Psilatricolpites minutus* UNSPV1-3038a: W29/0; J, *Rousea patagonica* UNSPV1-2674a: L55/3; K, *Tricolpites communis* UNSPV1-3037a: J44/1; L, *Tricolpites reticulatus* UNSPV1-2676a: V27/3; M, *Nothofagidites kaitangataensis* UNSPV1-2677a: H17/4; N, *Nothofagidites fortispinulosus* UNSPV1-3038a: D27/1; O, *Nothofagidites rocaensis* UNSPV1-2677a: X35/0; P, *Nothofagidites saraensis* UNSPV1-2676a: E59/1; Q, *Nothofagidites waipawaensis* UNSPV1-3038a: P60/0; R, *Nothofagidites dorotensis* UNSPV1-2677a: F18/2; S, *Nothofagidites fueguiensis* UNSPV1-2676a: U18/0; T, *Nothofagidites americanus* UNSPV1-2674a: L28/1. Escala = 10 µm.


A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S
T

con las primeras presencias (PP) de *N. fueguiensis* y *N. waipawaensis*, asigna el nivel estudiado al Eoceno tardío–Oligoceno (~38–23 Ma, fases 3–4 de Barreda et al., 2021), corroborando la edad propuesta previamente sobre la base de foraminíferos, bivalvos y corales (en Sáez Moreno, 2017). En la Fm. Puerto Nuevo, la PP de *Tricolpites trioblatus* y la última presencia (UP) de *N. kaitangataensis* sustentan para las muestras analizadas una edad Oligoceno tardío (~28–23 Ma, fase 4), coincidiendo la edad oligocena previamente propuesta por Sáez Moreno (2017). En la Formación Areniscas Arcillosas, la presencia de *Psilatricolpites minutus* junto a las PP de *N. waipawaensis* y *N. kaitangataensis* indican un rango Eoceno tardío–Oligoceno temprano (~38–28 Ma, fase 3) para los niveles considerados. Sin embargo, las dataciones U–Pb en circones detríticos de Pinto et al. (2019) establecen una edad de máxima depositación exclusivamente oligocena (Rupeliano–Chattiano). De este modo, el rango temporal obtenido por el registro palinológico respondería a un sesgo por el escaso muestreo, asignándose al Oligoceno como la edad más probable para los niveles estudiados. Para la Formación Brush Lake la PP de *Tricolpites trioblatus* y la UP de *N. kaitangataensis* ubican al nivel analizado en el Oligoceno tardío (~28–23 Ma, fase 4). Sin embargo, su contenido de foraminíferos bentónicos (Kniker, 1949; Natland et al., 1974) y las edades U-Pb en circones detríticos de muestras afloramiento (Hervé et al., 2004) indican una edad Mioceno Temprano (Aquitaniano). Se ratifica esta última asignación considerando que en este trabajo solo se estudió el contenido palinológico de un nivel. Por último, en la Formación Filaret, el registro de *N. fueguiensis* asigna el nivel considerado al intervalo Eoceno tardío–Mioceno Temprano (~38–16 Ma, fases 3–5). Debido al muestreo limitado y a las edades U–Pb en circones detríticos (Velásquez, 2016; Rivera, 2017; Schwartz et al., 2017) acotamos la edad al Mioceno Temprano (Burdigaliano).

Por otra parte, se registran por primera vez 24 taxones que constituyen nuevas menciones para Chile ampliando significativamente su registro palinológico fósil: *Dictyophyllidites chiquimilense, Myrtipites annulatus, Reboulisporites fueguiensis, Triatriopollenites lateflexus, Tricolpites communis, Baumannipollis variaperturatus, Corsinipollenites atlantica, Gothanipollis bassensis, Haloragacidites amolosus, Liliacidites regularis, Malvacipolloides comodorensis, Mutisiapollis viteauensis, Psilatricolpites psilascabratus, Rhoipites minusculus, Striatricolporites gamerroi, Syncolporites fastigiosus, Equisetosporites claricristatus, Rousea patagonica, Chenopodipollis chenopodiaceoides, Periporopollenites stigmosus, Rubipollis oblatus, Sparganiaceaepollenites sphericus, Spinizonocolpites hialinus* y *Tricolpites inargutus* (Fig. 9).

Implicancia paleoambiental de los ecogrupos. Las plantas son organismos altamente sensibles a los cambios que ocurren en el ambiente que las rodea y, por lo tanto, requieren que determinados factores climáticos (*e.g.*, temperatura, humedad, precipitación, radiación solar), características del suelo y requerimiento de nutrientes, sean los óptimos para el desarrollo de cada grupo vegetal. Estas esporas y granos de polen constituyen una verdadera ventana hacia los ecosistemas del pasado.

Abbink (1998) y Abbink et al. (2004) aplicaron por primera vez el término ecogrupo de esporomorfos o SEG a entornos geográficos que se habrían desarrollado en los ambientes marino-marginales del noroeste europeo durante el Jurásico–Cretácico. Posteriormente fue la base del análisis de secuencias estratigráficas de distintas edades y entornos ambientales de Argentina, China, entre otros países (*e.g.*, Olivera et al., 2015; Zhang et al., 2020; Iturain et al., 2025). En estudios paleoambientales del Cenozoico, se suelen aplicar esquemas basados en los

Figura 7. Granos de polen seleccionados de las unidades estudiadas: A, *Myrtaceidites mesonesus* UNSPV1-2672a: K7/3; B, *Myrtaceidites triangularis* UNSPV1-3037: Y30/2; C, *Myrtaceidites verrucosus* UNSPV1-3037: U25/3; D, *Myrtipites annulatus* UNSPV1-3040: M32/3; E, *Rhoipites baculatus* UNSPV1-2674a: E56/2; F, *Rhoipites minusculus* UNSPV1-3037: S24/0; G, *Striatricolporites gamerroi* UNSPV1-2676a: M35/0; H, *Baumannipollis variaperturatus* UNSPV1-3038a: Z63/4; I, *Graminidites media* UNSPV1-2676a: C53/0; J, *Myricipites harrisii* UNSPV1-2672a: O50/2; K, *Corsinipollenites atlantica* UNSPV1-2677a: J52/0; L, *Triatriopollenites lateflexus* UNSPV1-2676a: G61/0; M, *Haloragacidites amolosus* UNSPV1-2674a: K53/2; N, *Chenopodipollis chenopodiaceoides* UNSPV1-3037: J22/1; O, *Malvacipollis subtilis* UNSPV1-2674a: O56/3; P, *Periporopollenites polyporatus* UNSPV1-2676a: G63/4; Q, *Periporopollenites stigmosus* UNSPV1-2672a: O40/2; R, *Malvacipolloides comodorensis* UNSPV1-3038a: S29/3; S, *Mutisiapollis viteauensis* UNSPV1-2676a: T19/4; T, *Ericipites scabratus* UNSPV1-2674a: V52/4. Escala = 10 µm.

requerimientos ecológicos de las familias vegetales como el modelo Eco-Plant o agrupamiento por afinidades ecológicas y tipos funcionales de plantas actuales. Este modelo ha sido utilizado en estudios paleobotánicos (*e.g.*, Popescu et al., 2006; Suc & Fauquette, 2012; Kern et al., 2012) y palinológicos (*e.g.*, Arambarri et al., 2014; Zhang et al., 2021; Wang et al., 2025). En este trabajo se aplica el concepto de SEG dada su prioridad formal en la literatura y su equivalencia metodológica con el modelo Eco-Plant, considerando que ambos términos representan enfoques conceptualmente análogos.

En las muestras aquí estudiadas se identificaron un total de 37 familias distribuidas entre esporas de briofitas, licofitas y helechos, y granos de polen de gimnospermas y angiospermas (Tab. 1). En base al análisis de componentes principales se establecieron cuatro SEGs: Sotobosque (SB), Bosque Montano Cálido (BMC), Áreas Marginales de los Bosques (AMB) y Bosque Montano Frío (BMF) que reúnen grupos de plantas con requerimientos ecológicos similares de temperatura, humedad y salinidad (Tab. 2).

El SEG-SB está caracterizado por el predominio de esporas de briofitas (Sphagnaceae) y de helechos (Blechnaceae, Ophioglossaceae, Osmundaceae), y en menor proporción poblaciones de herbáceas (Ricciaceae, Azollaceae, Sparganiaceae, Liliaceae), muchas de ellas hidrófitas o higrófitas. Dentro de esta comunidad se reconocen además

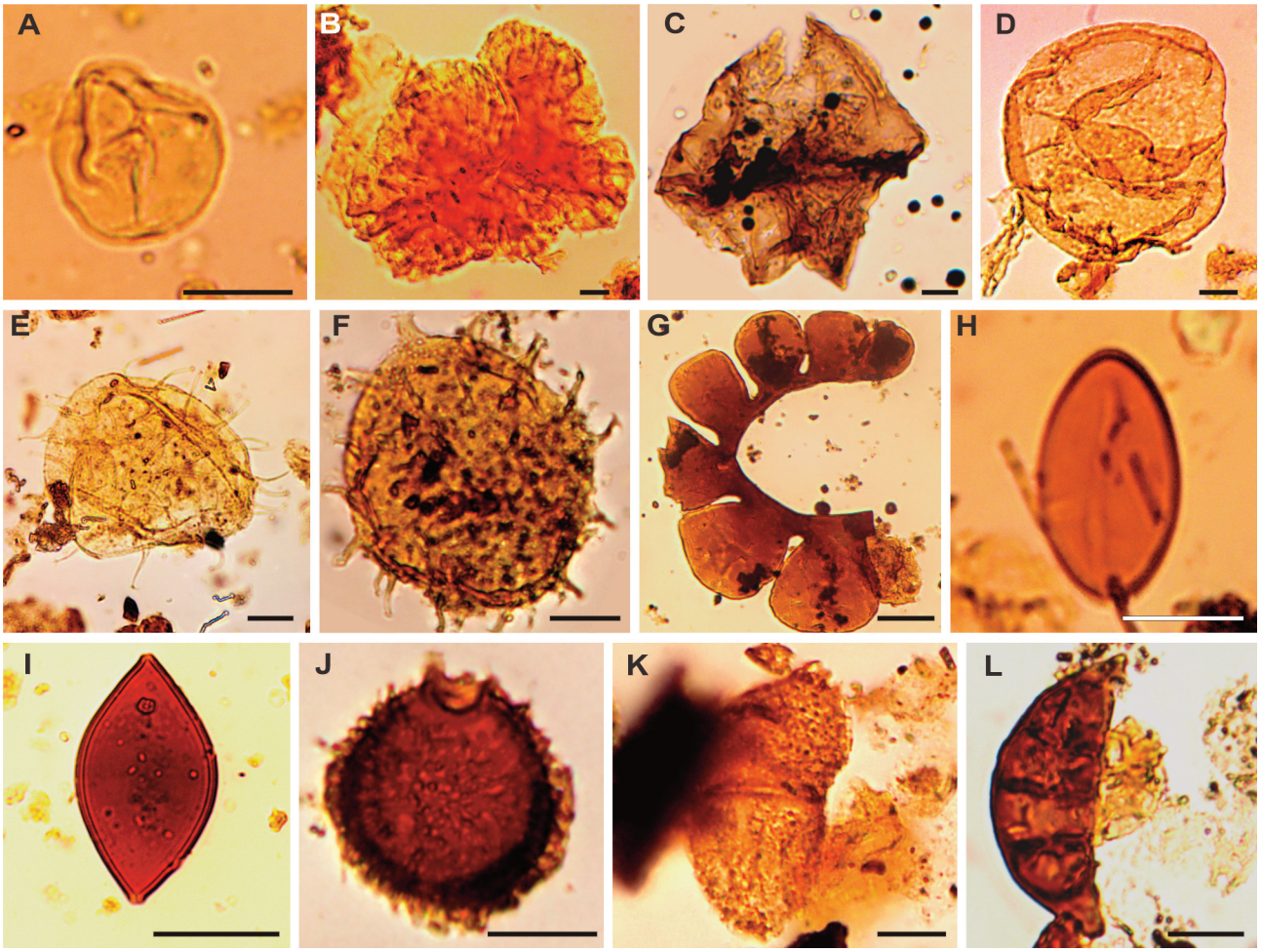


Figura 8. Palinomorfos no polínicos seleccionados de las unidades estudiadas: A, *Ovoidites tripartitus* UNSPV1-2672a: W40/0; B, *Botryococcus* spp. UNSPV1-2677a: R37/3; C, *Lejeunecysta fallax* UNSPV1-3041: F6/4; D, *Selenopemphix nephroides* UNSPV1-2677a: R37/7; E, *Lingulodinium bergmannii* UNSPV1-2672a: K54/1; F, Dinoquiste indeterminado UNSPV1-3042: O26/2; G, Revestimiento orgánico de conchilla de foraminífero UNSPV1-3042a: J30/4; H, *Hypoxylonites* sp. UNSPV1-2672a: W46/0; I, *Diporisporites* sp. UNSPV1-2674a: W41/4; J, Amerospora UNSPV1-2677a: Z38/0; K, Fragmospora UNSPV1-2672a: G19/4; L, Fragmospora UNSPV1-3042a: Z28/4. Escala = 10 µm.

de las plantas desarrolladas sobre la superficie del suelo, plantas epífitas (Ophioglossaceae, Blechnaceae) y otras acuáticas flotantes (Azollaceae) (Palazzesi & Barreda, 2004; Barreda et al., 2006; Quattrocchio, 2006). Este SEG refleja en su composición el desarrollo de paleocomunidades en ambientes con alta humedad y temperaturas tropicales/subtropicales a templadas (Quattrocchio et al., 1997; Barreda & Palazzesi, 2007), típicas de zonas bajas y protegidas dentro de ecosistemas boscosos o de humedales (Archangelsky & Zamaloa, 2003; Anzótegui et al., 2017; Barreda & Palazzesi, 2021) (Tab. 2).

El SEG-BMC está caracterizado por asociaciones con un alto contenido de granos de polen de angiospermas, en su mayoría elementos arbóreos (Arecaceae, Hammamelidaceae, Loganiaceae, Loranthaceae, Nothofagaceae tipo brassii, Rubiaceae, Trimeniaceae), acompañados por elementos herbáceos (Malvaceae, Haloragaceae) indicadores de condiciones húmedas permanentes y vegetación cerrada. En menor proporción aparecen esporas de helechos (*i.e.*, Cyatheaceae, Dicksoniaceae, Lycopodiaceae, Polypodiaceae, Schizaeaceae) que representan la comunidad bajo este dosel vegetal, indicadoras de condiciones de humedad ambiental constante (Barreda 1996; Barreda et al., 2006; Quattrocchio et al., 2013). Todos los componentes de este SEG muestran características mega/mesotérmicas formando un bosque de altura bajo condiciones tropicales a templadas (Quattrocchio et al., 1997; Barreda & Palazzesi, 2007, 2021) en suelos húmedos no anegados (Palazzesi & Barreda, 2004; Mautino & Anzótegui, 2014).

En el SEG-AMB dominan casi exclusivamente las angiospermas de tipo herbáceas-arbustivas (Asteraceae, Convolvulaceae, Chenopodiaceae, Poaceae) acompañadas de elementos arbóreos (Anacardiaceae, Ericaceae, Fabaceae, Myrtaceae) y gimnospermas de tipo arbustivas (Ephedraceae), muchas de ellas xerofíticas (Barreda et al., 2006; Barreda & Palazzesi, 2007, 2021). Esta asociación vegetal es indicativa de condiciones secas y áridas, con altas

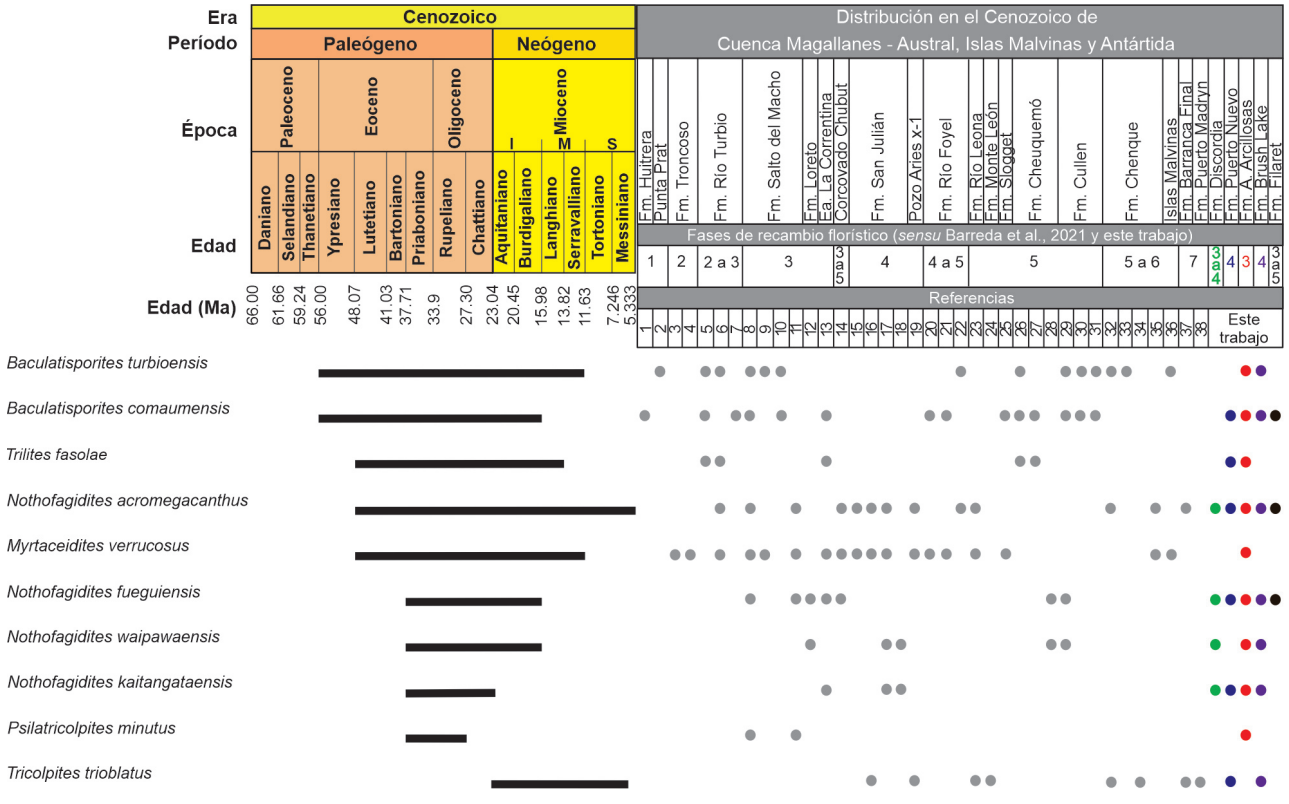


Figura 9. Distribución estratigráfica de especies biomarcadoras a lo largo del Paleógeno–Neógeno temprano (Mioceno) en Chile, Argentina, Antártida e Islas Malvinas y su asignación a las fases de recambio florístico *sensu* Barreda et al. (2021) y este trabajo. La última columna "Este trabajo" incluye los nuevos registros y los colores identifican a cada formación estudiada (ver Figs. 3, 4).

concentraciones de sales en los suelos (Palazzesi & Barreda, 2004; Barreda et al., 2006). Todos los componentes de este SEG muestran características mega/mesotérmicas donde la disponibilidad de agua es limitada o variable (García-Massini et al., 2004; Barreda et al., 2006), a menudo asociadas a la influencia costera indicando ambientes de transición entre el bosque tropical-subtropical a templado y ambientes costeros (Zamaloa, 2000; Barreda et al., 2011; Tapia et al., 2023).

El SEG-BMF se caracteriza por el predominio de angiospermas arbóreas (Casuarinaceae, Nothofagaceae tipo fusca y menziesii) y herbáceas (Gunneraceae, Onagraceae, Proteaceae) que junto con una menor proporción de helechos (Pteridaceae) y de gimnospermas arbóreas (Araucariaceae, Cupressaceae, Podocarpaceae) indican la presencia de suelos con mediana a alta proporción de humedad (Barreda, 1996; Barreda et al., 2006; Quattrocchio et al., 2013). Todos los componentes de este SEG son indicadores de ecosistemas boscosos de alta montaña en climas templados fríos con alta precipitación o humedad ambiental (Barreda & Palazzesi, 2007, 2021) asegurando suelos permanentemente hidratados (Palazzesi & Barreda, 2004; Fernández, 2018).

Análisis paleoambiental y paleoecológico. La reconstrucción paleoecológica de los niveles analizados se basó en la evaluación conjunta del Análisis de Componentes Principales (PCA) y la distribución de los Ecogrupos de Esporomorfos (SEGs) (Fig. 4).

En el Grupo Bahía Inútil están principalmente representados los SEGs BMF y BMC. En la Fm. Discordia (nivel UNSPV1-3042) el análisis de PCA indica que el SEG dominante es el BMF, en el cual la composición florística está caracterizada por la presencia de la familia Nothofagaceae de los tipos fusca (*Fuscospora*) y menziesii (*Lophozonia*). Estos grupos se asocian con zonas de alta humedad, precipitaciones medias anuales de 1.500 a 1.800 mm y suelos bien drenados (Kemp, 1976; Barreda, 1996). Estas especies arbóreas, junto con coníferas principalmente de las familias Podocarpaceae y Araucariaceae, se desarrollan principalmente en suelos húmedos bajo condiciones climáticas en las que predominan estaciones secas cortas con precipitaciones medias anuales de 1.400 mm, conformando el dosel del bosque (Barreda, 1996). Esta comunidad, formada exclusivamente por elementos arbóreos mesotérmicos y microtérmicos (Carrillo-Berumen et al., 2013), evidencia la fisonomía de un bosque montano con clima templado frío y condiciones de humedad relativamente altas. En la Fm. Puerto Nuevo (niveles UNSPV1-3041 y UNSPV1-3040), los SEGs dominantes son BMF y BMC, que en el PCA indican una zona de transición entre ambos grupos. En el nivel UNSPV1-3041 el SEG ligeramente dominante es el BMC, en el cual la composición florística está caracterizada por la familia Nothofagaceae con un aumento significativo del tipo brassii. La presencia de granos de polen de este tipo, cuyo análogo moderno (*Brassospora*) se vincula a condiciones megatermales a mesotermales (Carrillo-Berumen et al., 2013) indicaría un mejoramiento climático con una transición hacia condiciones más cálidas (Couper, 1960; Macphail & Cantrill, 2006; Barreda & Palazzesi, 2007, 2021; Macphail et al., 2012). Además, la presencia de helechos arborescentes de las familias Cyatheaceae y Dicksoniaceae sugiere un contexto de zonas más bajas, con suelos húmedos no anegados y temperaturas cálidas a templadas (Barreda, 1996). Estos linajes caracterizan a un bosque montano desarrollado en zonas más bajas bajo condiciones climáticas cálidas a templadas. En el nivel UNSPV1-3040, el SEG dominante es el BMF, con una fuerte presencia del BMC en el cual la composición florística vuelve a estar caracterizada por la presencia de Nothofagaceae de los tipos fusca y menziesii junto con la familia Podocarpaceae. Además, están presentes helechos (Pteridaceae) y herbáceas (Gunneraceae) característicos de suelos húmedos a anegados (Barreda et al., 2011; Fernández, 2018). La presencia de proteáceas, junto a los componentes arbóreos (Nothofagaceae y Podocarpaceae), confirmarían el desarrollo de un ecosistema de temperaturas templadas a frías (Barreda & Palazzesi, 2007). El predominio de elementos arbóreos en la muestra evidencia la fisonomía de un bosque montano con clima templado frío con estaciones secas muy cortas.

Por lo tanto, en base a las asociaciones de esporomorfos identificados en las formaciones Discordia y Puerto Nuevo se sugiere para el Eoceno tardío–Oligoceno el desarrollo de un ecosistema de bosque montano bajo un clima templado a frío con una breve estación seca (UNSPV1-3042)

experimentando posteriormente una transición con un leve mejoramiento hacia condiciones más favorables (UNSPV1-3041). En el nivel UNSPV1-3040 el aumento en la vegetación meso- a microtérmica junto con la persistencia de un sotobosque de especies de mega- a mesotérmicas, permite inferir el retorno a condiciones climáticas más frías (Carrillo-Berumen et al., 2013).

En la Formación Areniscas Arcillosas está principalmente representado el SEG BMF en todas las muestras estudiadas (UNSPV1-3038, UNSPV1-3037, UNSPV1-2677 y UNSPV1-2676). La composición florística se caracteriza por la presencia de Nothofagaceae de los tipos fusca (*Fuscospora*), menziesii (*Lophozonia*) y "ancestral", que se asocian con zonas de alta humedad y suelos bien drenados. El análisis de componentes principales (PCA) indica que en las muestras UNSPV1-3038 y UNSPV1-3037 el SEG BMC tiene una alta representación. Si bien dominan los componentes de la flora meso- y microtérmica, la proporción de elementos meso- a megatérmicos reconocidos sugiere que las temperaturas medias anuales no habrían sido tan bajas como para inhibir su desarrollo. El estrato arbóreo de la foresta lluviosa también incluye coníferas de la familia Podocarpaceae, que en las muestras UNSPV1-3037 y UNSPV1-2677, presentan un predominio de *Phyllocladidites mawsonii* el cual se asocia con la especie actual *Lagarostrobus franklinii.* Esta última, se desarrolla en zonas de clima templado lluvioso, en suelos poco drenados como riberas de ríos y llanuras pantanosas (Barreda, 1996; Quattrocchio et al., 2012). La presencia de la familia Araucariaceae en estas muestras puede relacionarse tanto con bosques de altitud como áreas relativamente bajas, donde el polen es transportado principalmente por corrientes fluviales (Caccavari, 2003; Cornou, 2012; Olivera et al., 2015). Por debajo del dosel del BMF, en las muestras UNSPV1-3037 y UNSPV1-2676 se reconocen helechos de las familias Polypodiaceae y herbáceas de la familia Gunneraceae, ambas indicadoras de suelos húmedos con climas templados a fríos. Asimismo, en estos niveles, se observó en el PCA un ligero aumento en la representación de los ecogrupos SB y AMB, lo que indicaría un mayor desarrollo en la diversidad de especies.

El Oligoceno representado en la Formación Areniscas Arcillosas evidencia, en todas las muestras estudiadas, el desarrollo de un bosque montano frío. La palinoflora se compone principalmente de elementos meso- a microtérmicos sugiriendo la presencia de suelos húmedos, bajo condiciones climáticas templadas a frías y estaciones secas de corta duración, acorde con el enfriamiento y la progresiva estacionalidad registrada durante el Paleógeno tardío en Patagonia (Barreda & Palazzesi, 2007; Barreda et al., 2011; Quattrocchio et al., 2013). Sin embargo, la presencia de elementos del bosque que prosperan bajo condiciones climáticas más cálidas y de mayor humedad, permite inferir un mejoramiento climático durante la depositación de esos niveles, en concordancia con los episodios de recuperación térmica regional registrados hacia el Oligoceno temprano (Barreda & Palazzesi, 2007, 2021; Palazzesi et al., 2014). Este mejoramiento persiste en los niveles superiores, reflejándose tanto en el dosel del bosque como en el aumento de la diversidad de familias en el sotobosque, junto con el desarrollo de vegetación de zonas abiertas o costeras (Quattrocchio, 2006; Quattrocchio et al., 2013).

En la Formación Brush Lake (UNSPV1-2674) el SEG dominante es el BMF. La composición florística se caracteriza por el predominio de la familia Nothofagaceae de los tipos fusca, menziesii y "ancestral". El PCA refleja además una fuerte presencia de los SEGs SB y AMB. El sotobosque presenta un mayor desarrollo y está integrado por las familias Sphagnaceae, Osmundaceae y Liliaceae. Estos elementos son característicos de ambientes con humedad relativamente alta durante la mayor parte del año en regiones templadas, tropicales y subtropicales (Carvajal Landinez, 2013). Dentro de las áreas marginales costeras se encuentran representantes de las familias Ephedraceae, Convolvulaceae, Myrtaceae y Poaceae, elementos herbáceos arbustivos xerófitos y halófitos (Quattrocchio et al., 2013).

Para el Mioceno Temprano (Aquitaniano) de la Fm. Brush Lake las asociaciones de esporomorfos reflejan una comunidad de bosque montano frío, con aumento en la diversidad de especies del sotobosque y desarrollo de áreas marginales costeras. Esto indicaría un ambiente templado a frío con alta humedad durante todo el año, con zonas abiertas o marginales donde la vegetación se adaptó a vivir bajo condiciones de menor humedad y mayor salinidad en el suelo.

En la Formación Filaret (UNSPV1-2672) el SEG mejor

representado es el BMF. La composición florística del nivel estudiado está caracterizada por el dominio de Nothofagaceae, tipos fusca (*Fuscospora*) y menziesii (*Lophozonia*) con presencia de gimnospermas (*e.g.*, Podocarpaceae, Araucariaceae), en concordancia con las reconstrucciones de bosques cerrados de dosel mixto desarrollados bajo climas templados-húmedos propuestas por Sandoval et al. (2024). En el PCA se observa a los SEGs SB y AMB con una importante representación. En el SEG SB se reconoce una mayor diversidad de esporas de Bryophyta (*e.g.*, Sphagnaceae) y de Polypodiopsida (*e.g.*, Blechnaceae, Osmundaceae) junto a granos de polen de angiospermas (*e.g.*, Liliaceae, Sparganiaceae) sugiriendo la existencia de suelos con mayor humedad bajo climas templados a tropicales. En el SEG AMB la presencia de taxones xerofíticos (*e.g.*, Chenopodiaceae, Anacardiaceae) junto con granos de polen de angiospermas de la familia Myrtaceae indican un mayor desarrollo de las áreas marginales de bosques, con suelos de menor contenido de humedad y con mayor concentración de sales (Barreda et al., 2006, 2011; Barreda & Palazzesi, 2007). De este modo, la asociación palinológica recuperada refleja la presencia de un dosel arbóreo húmedo con un buen desarrollo del sotobosque y de las áreas marginales evidenciando una heterogeneidad en la vegetación para el Mioceno Temprano (Burdigaliano) (Barreda et al., 2011; Sandoval et al., 2024).

CONCLUSIONES

El análisis palinoestratigráfico, a partir de 10 especies biomarcadoras y su asignación a las fases de recambio florístico (3–5) *sensu* Barreda et al. (2021) permitió refinar la cronoestratigrafía de los niveles analizados del sondeo Vania-1: Eoceno tardío–Oligoceno para la Fm. Discordia, Oligoceno para las formaciones Puerto Nuevo y Areniscas Arcillosas, Mioceno Temprano (Aquitaniano) para la Fm. Brush Lake y Mioceno Temprano (Burdigaliano) para la Fm. Filaret. Se dan a conocer 24 taxones que constituyen las primeras menciones para Chile, ampliando significativamente su registro palinológico fósil. El análisis de componentes principales permitió establecer cuatro SEGs: Sotobosque (SB), Bosque Montano Cálido (BMC), Áreas Marginales de los Bosques (AMB) y Bosque Montano Frío (BMF) cuya distribución y abundancia relativa constituyeron las bases para interpretar la dinámica paleoecológica de los ecosistemas reconocidos en las unidades estudiadas. Las asociaciones palinológicas identificadas en los niveles estudiados muestran la evolución del bosque montano templado frío como elemento dominante en todas las muestras estudiadas. Durante el Eoceno tardío–Oligoceno representado en las formaciones Discordia y Puerto Nuevo, se registró una transición hacia el bosque montano cálido. Durante el Oligoceno, la depositación de la Fm. Areniscas Arcillosas registró cambios hacia un entorno de bosque lluvioso con una mayor diversificación de las especies arbustivas y marcada estacionalidad. Hacia el Mioceno Temprano (Aquitaniano–Burdigaliano) se identifica una mayor complejidad ecológica, especialmente en áreas marginales (formaciones Brush Lake y Filaret).

Los resultados obtenidos presentan una alta potencialidad de aplicación en futuras investigaciones, ya que podrán ser extrapolables a otras cuencas australes cenozoicas de Patagonia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Secretaria General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur (SEGCyT) [PGI 24/H156]. Los aportes realizados por revisores anónimos y el editor contribuyeron a mejorar el trabajo. Agradecemos a la empresa ENAP Oil Company de Chile las muestras facilitadas para publicar los resultados de nuestros estudios.

REFERENCIAS

Abbink, O. A. (1998). Palynological investigations in the Jurassic of the North sea region. *LPP Contribution Series*, *8*, 1–192.

Abbink, O. A., Van Konijnenburg-Van Cittert, J. H. A., & Visscher, H. (2004). A sporomorph ecogroup model for the Northwest European Jurassic–Lower Cretaceous: concepts and framework. *Netherlands Journal of Geosciences - Geologie en Mijnbouw*, *83*(1), 17–31. https://doi.org/10.1017/S0016774600020436

Aguirre, G., Agurto, C., Carpinelli, A., Gschaider, C. T., Valderrama, J. M., Zapata, R., Pinto, J., Zurita, E., Verdugo, M., Yaksic, I., & Soto, L. (2018). *Antecedentes Geológicos, Geofísicos y Productivos del Yacimiento Cahuil. Propuestas de Extensión 2019 - Bloque Dorado Riquelme.* [Informe Inédito, Archivo Técnico ENAP].

Anzótegui, L. M., Mautino, L. R., Garralla, S. S., Herbst, R., Robledo, J. M., & Horn, M. Y. (2017). Paleovegetación cenozoica del noroeste argentino. *Ciencias de la Tierra y Recursos Naturales del NOA. Relatorio del XX Congreso Geológico Argentino* (pp. 767–781). San Miguel de Tucumán.

Arambarri, J., González-Sampériz, P., Valero-Garcés, B., Moreno, A., Gil-Romera, G., Sevilla-Callejo, M., García-Prieto, E., Di Rita, F., Mata, M. P., Morellón, M., Magri, D., Rodríguez-Lázaro, J., &

Carrión, J. S. (2014). Rapid climatic changes and resilient vegetation during the Lateglacial and Holocene in a continental region of south-western Europe. *Global and Planetary Change*, *114*, 50–65.

Archangelsky, S. (1972). Esporas de la Formación Rio Turbio (Eoceno) Provincia de Santa Cruz. *Revista del Museo de la Plata*, *6*(39), 65–100.

Archangelsky, A., & Zamaloa, M. (2003). Primeros resultados palinológicos del Paleógeno del sector oriental de la Sierra La Colonia, provincia del Chubut, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, *5*(2), 119–123.

Asensio, M., Zavala, C., & Arcuri, M. (2005). Los sedimentos terciarios del Río Foyel, provincia de Río Negro, Argentina. *XVI Congreso Geológico Argentino* (pp. 271–276). La Plata.

Barreda, V. D. (1996). Bioestratigrafía de polen y esporas de la Formación Chenque, Oligoceno tardío?–Mioceno de las provincias de Chubut y Santa Cruz, Patagonia, Argentina. *Ameghiniana*, *33*(1), 35–56.

Barreda, V. D. (1997a). Palynomorph assemblage of the Chenque Formation, Late Oligocene? – Miocene from Golfo San Jorge Basin, Patagonia, Argentina: Part 1. Terrestrial algae, trilete and monolete spores. *Ameghiniana*, *34*, 69–80.

Barreda, V. D. (1997b). Palynomorph assemblage of the Chenque Formation, Late Oligocene?– Miocene from Golfo San Jorge Basin, Patagonia, Argentina: Part 2. Gymnosperm and colpate pollen. *Ameghiniana*, *34*, 81–92.

Barreda, V. D. (1997c). Palynomorph assemblage of the Chenque Formation, Late Oligocene?– Miocene from Golfo San Jorge Basin, Patagonia, Argentina: Part 3. Polycolpate and tricolporate pollen. *Ameghiniana*, *34*, 131–144.

Barreda, V. D. (1997d). Palinoestratigrafia de la Formación San Julián en al área de Playa La Mina (Provincia de Santa Cruz), Oligoceno de la Cuenca Austral. *Ameghiniana*, *34*, 283–294.

Barreda, V. D. (2002). Palinofloras cenozoicas. Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. *XV Congreso Geológico Argentino* (pp. 545–567). El Calafate.

Barreda, V. D., & Palamarczuk, S. C. (2000a). Palinomorfos continentales y marinos de la Formación Monte León en su área tipo, provincia de Santa Cruz. Argentina. *Ameghiniana*, *37*(1), 3–12.

Barreda, V. D., & Palamarczuk, S. C. (2000b). Palinoestratigrafía de depósitos del Oligoceno tardío–Mioceno, en el área sur del Golfo San Jorge, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*, *37*(1), 103–117.

Barreda, V. D., & Palazzesi, L. (2007). Patagonian vegetation turnovers during the Paleogene–Early Neogene: Origin of arid-adapted floras. *The Botanical Review*, *73*, 31–50.

Barreda, V. D., & Palazzesi, L. (2021). Role of climate and tectonism on the modernization of Patagonian floras: evidence from the fossil record. *Global and Planetary Change*, *204*, Artículo 103556. https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103556

Barreda, V. D., Encinas, A., & Hinojosa, F. (2011). Polen y esporas de la Formación Navidad, Neógeno de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, *84*, 341–355.

Barreda, V. D., García, V., Quattrocchio, M. E., & Volkheimer, W. (2003). Palynostratigraphic analysis of the Río Foyel formation (Latest Oligocene–Early Miocene), Northwestern Patagonia, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*, *35*, 229–239.

Barreda, V. D., Ottone, E. G., Dávila, F. M., & Astini, R. A. (2006). Edad y paleoambiente de la Formación del Buey (Mioceno), sierra de Famatina, La Rioja, Argentina: evidencias sedimentológicas y palinológicas. *Ameghiniana*, *43*(1), 215–226.

Barreda, V. D., Palazzesi, L., & Marenssi, S. (2009). Palynological record of the Paleogene Río Leona Formation (Southernmost South America): stratigraphical and paleoenvironmental implications. *Review of Palaeobotany and Palynology*, *154*(1–4), 22–33.

Barreda, V. D., Zamaloa, M. D. C., Gandolfo, M. A., Jaramillo, C., & Wilf, P. (2020). Early Eocene spore and pollen assemblages from the Laguna del Hunco fossil lake beds, Patagonia, Argentina. *International Journal of Plant Sciences*, *181*(6), 594–615.

Barreda, V. D., Palazzesi, L., Pujana, R. R., Panti, C., Tapia, M. J., Fernández, D. A., & Noetinger, S. (2021). The gondwanan heritage of the eocene–miocene patagonian floras. *Journal of South American Earth Sciences*, *107*, Artículo 103022.

Barwick, J. (1949). *The Tertiary Stratigraphy and Structure of North Tierra del Fuego.* [Informe Inédito, Archivo Técnico CORFO].

Bernardo, L. M., Zamora Valcarce, G., Folguera, A., & Zapata, T. (2009). Nuevo Modelo Exploratorio y Definición de los Sistemas Petroleros de la Cuenca de Ñirihuau, Cordillera Patagónica, Argentina. *X Simposio Bolivariano Exploración Petrolera en Cuencas Subandinas* (pp. 1–9). Cartagena.

Biddle, K. M., Uliana, M. R. Jr., Mitchum, M., Fitzgerald, M. G., & Wright, R. (1986). The stratigraphic and structural evolution of central and eastern Magallanes Basin, Southern America. En P. Allen, & P. Homewood (Eds.), *Foreland basins* (pp. 41–61). International Association of Sedimentology Special Publication.

Bijl, P. K., Guerstein, G. R., Sanmiguel-Jaimes, E. A., Sluijs, A., Casadio, S., Valencia, V., Amenábar, C. R., & Encinas, A. (2021). Campanian–Eocene dinoflagellate cyst biostratigraphy in the Southern Andean foreland basin: Implications for Drake Passage throughflow. *Andean Geology*, *48*, 185–218.

Caccavari, M. (2003). Dispersión del polen en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, *5*(2), 135–138.

Cañón, A. (1968). *Cronoestratigrafía de los sedimentos Terciarios de Tierra del Fuego, Provincia de Magallanes* [Tesis de Licenciatura inédita]. Universidad de Chile.

Carpinelli Pavisich, H. A., Zurita, E., Valderrama, J. M., Soto, L., Radic, J. P., Agurto, C., & Sánchez, J. (2022). Exploración y desarrollo en complejos turbidíticos del Paleoceno Tardío–Eoceno Medio en la Cuenca de Magallanes, Chile. *XI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos* (pp. 549–570). Mendoza.

Carrillo-Berumen, R., Quattrocchio, M. E., & Helenes, J. (2013). Palinomorfos continentales del Paleógeno de las formaciones Chorrillo Chico y Agua Fresca, Punta Prat, Región de Magallanes, Chile. *Andean Geology*, *40*(3), 539–560.

Carvajal Landinez, F. M. (2013). *Paleoclima y diversidad en la palinoflora de la Formación Ligorio Marquez* [Tesis de Magister, Universidad de Chile]. Recuperado de https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/191957

Céspedes, S. (1957). *Estudio Geológico de la zona noroeste de Bahía Inútil, Tierra del Fuego.* [Informe Inédito, Archivo Técnico ENAP].

Céspedes, S., & Cortés, E. (1956). *Levantamiento Geológico del área Filaret – Rio Chico.* [Informe Inédito, Archivo Técnico ENAP].

Cornou, M. E. (2012). *Palinoestratigrafía y palinofacies del eoceno medio–oligoceno en la parte central de la Cuenca de Ñirihuau, Argentina* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Sur]. Recuperado de http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2268

Cornou, M. E., Martínez, M. A., Quattrocchio, M. E., & Asensio, M. A. (2012). Estudio palinológico de esporas de la Formación Salto del Macho, Paleógeno de la Cuenca de Ñirihuau, Argentina.

Ameghiniana, *49*(1), 26–37.

Cornou, M. E., Quattrocchio, M. E., & Martínez, M. A. (2014). Palinoestratigrafía de la Formación Salto del Macho, Paleógeno de la Cuenca de Ñirihuau, Argentina. *Ameghiniana*, *51*(6), 556–571.

Couper, R. A. (1960). New Zealand Mesozoic and Cenozoic plant microfossils. *New Zealand Geological Survey Palaeontological Bulletin*, *32*, 1–87.

Cuitiño, J. I., Varela, A. N., Ghiglione, M. C., Richiano, S., & Poiré, D. G. (2019). The Austral-Magallanes Basin (Southern Patagonia): A synthesis of its stratigraphy and evolution. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, *26*(2), 155–166.

ENAP (1963). *Legajo del Pozo Vania-1 del Departamento de Exploraciones de la Empresa Nacional del Petróleo*. [Informe Inédito, Archivo Técnico ENAP].

Fasola, A. (1969). Estudio palinológico de la Formación Loreto (Terciario medio), provincia de Magallanes, Chile. *Ameghiniana*, *6*(1), 3–49.

Fernández, D. A. (2018). *Análisis paleoflorístico de la Fm. Río Turbio (Eoceno de la provincia de Santa Cruz) y su relación con los cambios paleoclimáticos globales: evidencias esporopolínicas* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata]. Recuperado de https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/66508.

Fernández, D. A., & Savoretti, M. A. (2020). Esporas y formas algales de la Formación Río Turbio (Eoceno), Santa Cruz, Argentina: nuevos aportes a su palinoflora. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, *20*(2), 34–54.

Fosdick, J. C., Grove, M., Graham, S. A., Hourigan, J. K., Lovera, O., & Romans, B. W. (2015). Detrital thermochronologic record of burial heating and sediment recycling in the Magallanes foreland basin, Patagonian Andes. *Basin Research*, *27*, 546–572.

García-Massini, J. L., Zamaloa, M. D., & Romero, E. J. (2004). Fungal fruiting bodies in the Cullen Formation (Miocene) in Tierra del Fuego, Argentina. *Ameghiniana*, *41*(1), 83–90.

González, E. (1965). La Cuenca Petrolífera de Magallanes. *Revista Minerales, Instituto de Ingenieros de Minas*, *91*, 1–15.

Grimm, E. C. (2015). *Tilia Software* (Versión 2.0. 41) [Software de computación]. Illinois State Museum.

Guler, M. V., Guerstein, G. R., & Quattrocchio, M. E. (2001). Palinología del Neógeno de la perforación Cx-1, Cuenca del Colorado, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*, *33*, 183–204.

Heredia, M. E., Páez, M. M., Guerstein, G. R., & Parras, A. M. (2012). Palinología del Miembro Gran Bajo de la Formación San Julián (Oligoceno tardío) en su Localidad Tipo, Santa Cruz, Argentina: Consideraciones Paleoambientales. *Ameghiniana*, *49*(4), 473–496.

Hervé, F., Godoy, E., Mpodozis, C., & Fanning, C. M. (2004). Monitoring magmatism of the Patagonian Batholith through the U-PB shrimp dating of detrital zircons in sedimentary units of the Magallanes Basin. En J. Carcione, F. Donda, & E. Lodolo, (Eds.), *International Symposium on the Geology and Geophysics of the Southernmost Andes, the Scotia Arc and the Antarctic Peninsula* (pp. 113–117). Bollettino di Geofisica teorica ed applicata.

Iturain, V. R., Olivera, D. E., Martínez, M. A., Otharán, G., & Zavala, C. (2025). Reconstructing late Early–Middle Jurassic environments, ecosystems and climate based on palynological and sedimentological data of the Los Molles Formation, Neuquén Basin, northwestern Patagonia, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, *156*, Artículo 105425. https://doi.org/10.1016/j.jsames.2025.105425

Kemp, E. M. (1976). Early Tertiary pollen from Napperby, central Australia. *Bureau of Mineral Resources Journal of Australian Geology and Geophysics*, *1*(2), 109–114.

Kern, A. K., Harzhauser, M., Soliman, A., Piller, W. E., & Gross, M. (2012). Precipitation driven decadal scale decline and recovery of wetlands of Lake Pannon during the Tortonian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *317*, 1–12.

Kniker, H. T. (1949). *Present information regarding ages of the Tertiary formations of Magallanes province.* [Informe Inédito, Archivo Técnico ENAP].

Legendre, P., & Gallagher, E. D. (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, *129*(2), 271–280.

Macphail, M. K., & Cantrill, D. J. (2006). Age and implications of the Forest Bed, Falkland Islands, Southwest Atlantic Ocean: Evidence from fossil pollen and spores. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *240*, 602–629.

Macphail, M. K., & Stone, M. S. (2004). Age and palaeoenvironmental constraints on the genesis of the Yandi channel iron deposits, Marillana Formation, Pilbara, northwestern Australia, *Australian Journal of Earth Sciences*, *51*(4), 497–520.

Malumián, N., Hromic, T., & Náñez, C. (2013). El Paleógeno de la Cuenca de Magallanes-Austral Bioestratigrafía y discontinuidades. *Anales del Instituto de la Patagonia*, *41*, 29–52.

Macphail, M. K., Jordan, G., Hopf, F., & Colhoun, E. (2012). When did the mistletoe family Loranthaceae become extinct in Tasmania? Review and conjecture. *Terra Australis*, *34*, 255–269.

Marchant, M. (1992). *Edad y paleoecología de las Formaciones Terciarias en el área de Dorado Sur-Kimiri Aike Sur, Magallanes, Chile, mediante el estudio de foraminíferos (Protozoa-Foraminiférida)* [Tesis de Magister inédita]. Universidad de Concepción.

Martínez, M. A., Bianchinotti, M. V., & Cornou, M. E. (2024). Fungal remains from the El Foyel Group (Paleogene), Ñirihuau Basin, Argentina. *Publicación Electrónica de la Asociación Paleontológica Argentina*, *24*(1), 1–25.

Mautino, L. R. (2009). *Palinofloras de las formaciones San José y Chiquimil (Mioceno medio y superior), Noroeste de Argentina* [Tesis Doctoral, Universidad Nacional del Nordeste]. Recuperado de http://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/56297

Mautino, L. R., & Anzótegui, L. M. (2002). Palynology of the Chiquimil Formation (Upper Miocene), at Río Vallecito, Catamarca Province, Argentina. Part. 2. Pollen. *Ameghiniana*, *39*(3), 257–270.

Mautino, L. R., & Anzótegui, L. M. (2014). Novedades palinológicas de las formaciones San José y Chiquimil (Mioceno Medio y Tardío), noroeste de Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, *16*(2), 143–164.

Miller, M., Rivero, M., Jait, D., Rangel Pinto, J., Domínguez, R., Berdini, O., González, D., Mas Cattapan, F., Santiago, M., Álvarez Cerimedo, J. M., Adaros Carcamo, R., Villareal, A., Mairal, C., Varela, M. F., Rojas Arce, D., Loss, L., Seoane, N., Cevallos, M., & Rojas, C. (2022). El relleno de la Cuenca Austral-Magallanes revelado a través de cuatro transectas. *XI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos* (pp. 339–373). Mendoza.

Mobil. (1979). *Hydrocarbon potential of the Magallanes Basin, Chile.* [Informe Inédito, Archivo Técnico ENAP].

Mordojovich, C. (1951). *Informe preliminar sobre los levantamientos geológicos de la costa Sur de Tierra del Fuego.* [Informe Inédito, Archivo Técnico ENAP].

Mpodozis, C., Mella, P., & Padva, D. (2011). Estratigrafía y

megasecuencias sedimentarias en la Cuenca Austral-Magallanes, Argentina y Chile. Instituto Argentino de Petróleo y Gas. *VIII Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburo* (pp. 97–137). Mar del Plata.

Náñez, C., Quattrocchio, M. E., & Ruiz, L. (2009). Palinología y micropaleontología de las Formaciones San Julián y Monte León (Oligoceno–Mioceno temprano) en el subsuelo de cabo Curioso, provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*, *46*(4), 669–693.

Natland, M. L., González, E., Cañón, A., & Ernst, M. (1974). A system of stages for correlation of Magallanes Basin sediments. *Geological Society of America, Memoir*, *139*, 1–126.

Noetinger, S., Pujana, R. R., Burrieza, A., & Burrieza, H. P. (2017). Use of UV-curable acrylate gels as mounting media for palynological samples. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales n.s.*, *19*, 19–23.

Noetinger, S., Pujana, R. R., Massini, J. L. G., Barreda, V. D., & Aramendía, I. (2025). First palynological record from Corcovado, central Patagonia, Argentina: Evidence for an age between the late Eocene and the Miocene. *Geobios*, *92*, 65–75.

Olivera, D. E., Zavattieri, A. M., & Quattrocchio, M. E. (2015). Cañadón Asfalto Basin, Patagonia, Argentina: palaeoecology and palaeoclimate based on ecogroup analysis. *Palynology*, *39*(3), 362–386. https://doi.org/10.1080/01916122.2014.988382

Olivero, E. B., Barreda, V. D., Marenssi, S. A., Santillana, S. N., & Martinioni, D. R. (1998). Estratigrafía, sedimentología y palinología de la Formación Sloggett (Paleógeno continental), Tierra del Fuego. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, *53*, 504–516.

Otero, R. A., Torres, T., Le Roux, J. P., Hervé, F., Fanning, C. M., Yury Yáñez, R. E., & Rubilar Rogers, D. (2012). A late Eocene age proposal for the Loreto Formation (Brunswick Peninsula, southernmost Chile), based on fossil cartilaginous fishes, paleobotany and radiometric evidence. *Andean Geology*, *39*, 180–200.

Palamarczuk, S., & Barreda, V. D. (2000). Palinología del Paleógeno Tardío–Neógeno Temprano, pozo Aries x-1, plataforma continental Argentina, Tierra del Fuego. *Ameghiniana*, *37*, 221–234.

Palazzesi, L., & Barreda, V. D. (2004). Primer registro palinológico de la Formación Puerto Madryn, Mioceno de la provincia del Chubut, Argentina. *Ameghiniana*, *41*, 355–362.

Palazzesi, L., Barreda, V. D., Cuitiño, J. I., Guler, M. V., Tellería, M. C., & Ventura Santos, R. (2014). Fossil pollen records indicate that Patagonian desertification was not solely a consequence of Andean uplift. *Nature Communications*, *5*(1), Artículo 3558. https://doi.org/10.1038/ncomms4558

Papú, O. H., Volkheimer, W., & Sepúlveda, E. G. (1998). Másulas de Salviniaceae del Cretácico Tardío de Nordpatagonia y Sur de Mendoza, Argentina. Su importancia bioestratigráfica y paleoambiental. *V Congreso Geológico Chileno* (pp. 67–81). Santiago.

Peña, D. (2002). *Análisis de Datos Multivariantes*. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U.

Pinto, J., González, D., Agurto, C., Pérez, A., & Mella, P. (2019). *Cronoestratigrafía y potencial petrolífero de la antefosa cenozoica de la Cuenca de Antepaís Magallanes (Área Cabo Negro-Dorado-Riquelme).* [Informe Inédito, Archivo Técnico ENAP].

Pinto, J., González, D., Agurto, C., Pérez, A., & Ojeda, R. (2022). Revisión de la estratigrafía y potencial petrolífero de la antefosa paleógena de la Cuenca de antepaís Magallanes, Chile. *XI Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos* (pp. 281–309). Mendoza.

Pinto, J., González, D., Mella, P., Zapata, R. A., Aguirre, G., Carpinelli, A., & Zurita, E. A. (2018). Removilización e inyección de arena en el Paleoceno–Eoceno de la Cuenca de antepaís Magallanes, Chile - Características e implicancias para la exploración y producción petrolífera del Paleógeno. *X Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos* (pp. 891–915). Mendoza.

Ponce, M., & De La Sota, E. R. (2002). Análisis biogeográfico de la diversidad pteridofítica en Argentina y Chile continental. *Revista Chilena de Historia Natural*, *75*(4), 703–717.

Popescu, S. M., Krijgsman, W., Suc, J. P., Clauzon, G., Mărunţeanu, M., & Nica, T. (2006). Pollen record and integrated high-resolution chronology of the early Pliocene Dacic Basin (southwestern Romania). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *238*(1–4), 78–90.

Quattrocchio, M. E. (2006). Palynology and palaeocommunities of the Paleogene of Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología*, *9*(1), 101–108.

Quattrocchio, M. E. (2009). Paleogene dinoflagellate cysts from Punta Prat, southern Chile. *Palynology*, *33*, 141–156.

Quattrocchio, M. E., Díaz, P. E., & Agüero, L. S. (2024). The late Paleocene–Eocene interval of the Magallanes-Austral Basin (Chile-Argentina): Palynostratigraphy, paleoclimate and geochemical data. *Journal of South American Earth Sciences*, *133*, Artículo 104706.

Quattrocchio, M. E., Volkheimer, W., & Del Papa, C. (1997). Palynology and paleoenvironment of the "Faja Gris"; Mealla Formation (Salta Group) at Garabatal Creek (NW Argentina). *Palynology*, *21*(1), 231–247.

Quattrocchio, M. E., Martínez, M. A., Hinojosa, L. F., & Jaramillo, C. (2013). Quantitative analysis of Cenozoic palynofloras from Patagonia, southern South America. *Palynology*, *37*(2), 246–258.

Quattrocchio, M. E., Martínez, M. A., Asensio, M. A., Cornou, M. E., & Olivera, D. E. (2012). Palynology of El Foyel Group (Paleogene), Ñirihuau Basin, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontología*, *15*(1), 67–84.

Riding, J. B. (2021). A guide to preparation protocols in palynology. *Palynology*, *45*, 1–110.

Rivera, H. (2017). *Insights into the tectonostratigraphic evolution of the southern Magallanes Basin, southern Chile, during the Cenozoic* [Tesis Doctoral, Universidad de Chile]. Recuperada de https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146413

Robbiano, J. A., Arbe, H., & Bangui, A. (1996). Cuenca Austral Marina. En V. A. Ramos, & M. A. Turic (Eds.), *Geología y Recursos Naturales de la Plataforma Continental Argentina* (pp. 343–358). Asociación Geológica Argentina e Instituto Argentino del Petróleo.

Rose, J. F. (1977). *The Upper Cretaceous and Terciary marine cytheracean ostracods of the Magallanes Basin, southern Chile* [Tesis Doctoral inédita]. University of Hull.

Rossello, E. A., Ottone, E. G., Haring, C. E., & Nevistic, V. A. (2004). Significado tectónico y paleoambiental de los niveles carbonosos paleógenos de Estancia La Correntina, Andes Fueguinos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, *59*, 778–784.

Sáez Moreno, M. E. (2017). *Análisis sismoestratigráfico del Cenozoico en sector norte de la Isla Grande de Tierra del Fuego, Cuenca de Magallanes: Integración de datos de subsuelo y afloramientos* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Chile]. Recuperada de https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/145846

Sánchez, A., Pavlishina, P., Godoy, E., Hervé, F., & Fanning, C. M. (2010). On the presence of Upper Paleocene rocks in the foreland succession at Cabo Nariz, Tierra del Fuego, Chile:

geology and new palynological and U-Pb data. *Andean Geology*, *37*(2), 413–432.

Sandoval, C. A., Yabe, A., Nishida, H., & Hinojosa, L. F. (2024). Climate and vegetation of the Miocene of Tierra del Fuego: Filaret Formation. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, *39*(2), Artículo e2023PA004770. https://doi.org/10.1029/2023PA004770

Scafati, L., Melendi, D. L., & Volkheimer, W. (2009). A Danian subtropical lacustrine palynobiota from South America (Bororó Formation, San Jorge Basin, Patagonia-Argentina). *Geologica Acta*, *7*(1–2), 35–61. https://raco.cat/index.php/GeologicaActa/article/view/124438.

Schwartz, T. M., Fosdick, J. C., & Graham, S. A. (2017). Using detrital zircon U-Pb ages to calculate Late Cretaceous sedimentation rates in the Magallanes-Austral Basin, Patagonia. *Basin Research*, *29*(6), 725–746.

Signorio, S. E. (2018). *Metodología para el desarrollo de calefacción geotérmica distrital mediante la rehabilitación de pozos petroleros con aplicación en Punta Delgada, Región de Magallanes* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Chile]. Recuperado de https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168251

Suc, J. P., & Fauquette, S. (2012). The use of pollen floras as a tool to estimate palaeoaltitude of mountains: The eastern Pyrenees in the Late Neogene, a case study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *321*, 41–54.

Tapia, M. J., Panti, C., Fernández, D. A., Pujana, R. R., Barreda, V. D., & Palazzesi, L. (2023). Response of the Patagonian floras to climatic cooling during Oligocene–Miocene transition and the expansion of Antarctic glaciation. *Evolving Earth*, *1*, Artículo 100015. https://doi.org/10.1016/j.eve.2023.100015

Thomas, Z. A., Macphail, M., Cadd, H., Cantrill, D. J., Hutchinson, D. K., Haines, H. A., Privat, K., Turney, C., Carter, S., & Brickle, P. (2024). Evidence for a floristically diverse rainforest on the Falkland archipelago in the remote South Atlantic during the mid–to late Cenozoic. *Antarctic Science*, *36*(4), 231–250.

Troncoso, A., & Barrera, E. (1979a). Estudio palinológico de tres testigos del pozo Río Blanco N°1 (Osorno, Chile). *II Congreso Geológico Chileno* (pp. 1–14). Arica.

Troncoso, A., & Barrera, E. (1979b). Esporas del Eoceno de Osorno (Chile). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, *24*(277), 2–15.

Troncoso, A., & Barrera, E. (1980). Polen del Eoceno de Osorno. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural, Chile*, *37*, 179–203.

Ugalde Peralta, R. A. (2014). *Contribución al conocimiento de la estratigrafía cenozoica de la Sierra Baguales: la Formación Man Aike ('Las Flores'), Provincia de Última Esperanza, Magallanes* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Chile]. Recuperado de https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/116363

Velásquez, A. (2016). *Condiciones depositacionales de la Formación Palomares, XII región de Magallanes* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Chile]. Recuperado de https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/141759

Volkheimer, W., Scafati, L., & Melendi, D. L. (2007). Palynology of a Danian warm climatic wetland in central northern Patagonia, Argentina. *Revista Española de Micropaleontología*, *39*(1–2), 117–134.https://web.igme.es/publicaciones/revistaMicro/vol39/num1y2/Volkheimer.pdf

Wang, S., Mansour, A., Li, C., Ahmed, M. S., Meng, L., Su, P., Gentzis, T., & Ocubalidet, S. (2025). Vegetation response to climatic evolution and environmental change during the Oligocene in the Bohai Bay Basin (eastern China): Implications of palynological and organic geochemical data. *Marine and Petroleum Geology*, *173*, Artículo 107257. https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2024.107257

Zamaloa, M. C. (2000). Palinoflora y ambiente en el Terciario del nordeste de Tierra del Fuego, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales*, *2*(1), 43–51.

Zamaloa, M. C. (2004). Miocene algae and spores from Tierra del Fuego, Argentina. *Alcheringa*, *28*(1), 205–227.

Zamaloa, M. C., & Romero, E. J. (1990). Some spores and pollen from The Cullen Formation (Upper Eocene to Middle Oligocene), Tierra del Fuego, Argentina. *Palynology*, *14*, 123–133.

Zhang, J., Lenz, O. K., Hornung, J., Wang, P., Ebert, M., & Hinderer, M. (2020). Palynology and the Eco-Plant model of peat-forming wetlands of the Upper Triassic Haojiagou Formation in the Junggar Basin, Xinjiang, NW China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, *556*, Artículo 109888. https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109888

Zhang, J., Lenz, O. K., Wang, P., Gao, Y., & Hornung, J. (2021). Database-based Eco-Plant analysis for Mesozoic dispersed sporomorphs. *MethodsX*, *8*, Artículo 101329. https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101329

doi: 10.5710/PEAPA.26.08.2026.577

Recibido: 28 de abril de 2026
Aceptado: 26 de agosto de 2026
Publicado: 06 de noviembre de 2026

Acceso Abierto
Open Access
This work is licensed under
CC BY 4.0