



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN

**Facultad de Ciencias Químicas
Departamento Ciencias de la Tierra**



**ESTUDIO DE LA MACROFLORA DE LA
FORMACIÓN CHEUQUEMÓ, SECTOR DE TRAIGUÉN-
YERBAS BUENAS (41°11' - 41°18' S Y 73°46' – 73°40' W),
COMUNA DE FRESIA, PROVINCIA DE LLANQUIHUE,
REGIÓN DE LOS LAGOS, CHILE.**

Memoria para optar al Título de Geólogo

Christian Patricio Carrión Cea

Profesor Patrocinante: Dr. Alfonso Encinas Martin

Profesores Comisión: MSc. Abraham González Martínez
MSc. Sylvia Palma Heldt

Concepción, 2023.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo General	2
1.1.2. Objetivos Específicos	3
1.2. Ubicación y Accesos	3
1.3. Clima	5
1.4. Flora y fauna	5
1.4.1. Flora	5
1.4.2. Fauna	7
1.5. Geomorfología	9
1.6. Agradecimientos	12
2. MARCO GEOLÓGICO	14
2.1. Devónico-Triásico tardío	14
2.1.1. Complejo Metamórfico Bahía Mansa	14
2.2. Oligoceno-Plioceno	16
2.2.1. Complejo Volcánico Ensenada Capitanes (Oligo-Mioceno?) ..	16
2.2.2. Complejo Volcánico Caleta Parga (Oligo-Mioceno)	17
2.2.3. Estratos de Cheuquemó (Oligoceno sup.-Mioceno inf.)	17
2.2.4. Estratos de Parga (Oligoceno sup.-Mioceno inf.)	18
2.2.5. Formación Santo Domingo (Mioceno inf. a med.)	19

2.2.6. Formación Caleta Godoy (Plioceno)	20
2.3. Pleistoceno-Holoceno	20
2.3.1. Depósitos sedimentarios no consolidados (Pleisto-Holoceno) ..	20
3. METODOLOGÍA	22
3.1. Muestreo y preparación del material	22
3.2. Descripción morfológica y aproximación taxonómica	23
3.3. Análisis fisionómico-climático	24
4. ESTRATIGRAFÍA	26
4.1. Introducción	26
4.2. Descripción de columnas	27
4.2.1. Columna “El Padre”	27
4.2.2. Columnas “Yerbas Buenas”	29
4.2.3. Columna “Río Traiguén”	36
4.2.4. Punto “El Padre”	41
4.3. Correlación estratigráfica y ambiente de sedimentación ...	42
5. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y ASOCIACIÓN TAXONÓMICA	44
5.1. Angiospermas dicotiledóneas	45
5.2. Otra flora	82
6. DISCUSIÓN	88
6.1. Comparación con otras paleofloras cenozoicas cercanas ...	88
6.2. Edad de la flora fósil	90
6.3. Análisis y estimación paleoclimática	92

6.3.1. Contexto climático regional	92
6.3.2. Estimación paleoclimática	94
7. CONCLUSIONES	98
REFERENCIAS	100

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. 1. Mapa de ubicación del área de estudio	4
1. 2. Mapa geomorfológico de la Región de Los Lagos	9
1. 3. Imagen satelital tomada de <i>Google Earth</i>	12
2. 1. Sección del mapa geológico para la zona de estudio	14
3. 1. Etapa de extracción de bloques	23
3. 2. Estación de limpieza de muestras fósiles.....	23
3. 3. Estación de toma de fotografías.....	23
4. 1. Mapa de ubicación de los puntos de interés donde se levanta las columnas estratigráficas	26
4. 2. Afloramiento “El Padre”	27
4. 3. Columna estratigráfica “El Padre”	28
4. 4. Punto de la columna “Yerbas Buenas A”	30
4. 5. Punto de la columna “Yerbas Buenas B”	30
4. 6. Punto de la columna “Yerbas Buenas C”	30
4. 7. Columna estratigráfica “Yerbas Buenas A”	33
4. 8. Columna estratigráfica “Yerbas Buenas B”	35
4. 9. Columna estratigráfica “Yerbas Buenas C”	36

4.	10.	Perfil Columna “Río Traiguén”	37
4.	11.	Columna estratigráfica “Río Traiguén”	38
4.	12.	Contacto CMBM y nivel de conglomerado de los Estratos de Cheuquemó	41
4.	13.	Muestras foliares fósiles <i>in situ</i>	42
5.	1.	Morfotipo 25, MYRICACEAE indeterminada	47
5.	2.	Morfotipo 16, <i>Nothofagus</i> sp.1	48
5.	3.	Morfotipo 18, <i>Nothofagus</i> sp.2	50
5.	4.	Morfotipo 22, <i>Nothofagus</i> sp.3	51
5.	5.	Morfotipo 23, <i>Nothofagus</i> sp.4	53
5.	6.	Morfotipo 6, <i>Cinnamomum</i> sp.	54
5.	7.	Morfotipo 7, <i>Nectandra</i> cf. <i>patagonica</i>	56
5.	8.	Morfotipo 21, <i>Nectandra</i> cf. <i>prolifera</i>	57
5.	9.	Morfotipo 9, <i>Nectandra</i> sp.	59
5.	10.	Morfotipo 2, <i>Ocotea</i> sp.	60
5.	11.	Morfotipo 19, <i>Triumfetta</i> cf. <i>irregulariter-serrata</i>	62
5.	12.	Morfotipo 1, MYRTACEAE indeterminada	63
5.	13.	Morfotipo 3, <i>Eucalyptus</i> sp.1	65
5.	14.	Morfotipo 10, <i>Eucalyptus</i> sp.2	66
5.	15.	Morfotipo 11, <i>Myrceugenia</i> sp. 1	68
5.	16.	Morfotipo 5, <i>Myrceugenia</i> sp. 2	69
5.	17.	Morfotipo 8, <i>Myrcia</i> cf. <i>bagualensis</i>	70
5.	18.	Morfotipo 24, <i>Myrcia</i> cf. <i>deltoidea</i> forma <i>ovata</i>	72
5.	19.	Morfotipo 4, <i>Myrcia</i> cf. <i>reticulato-venosa</i>	73
5.	20.	Morfotipo 12, <i>Myrcia</i> sp.	75

5.	21.	Morfotipo 14, <i>Qualea cf. patagonica</i>	76
5.	22.	Morfotipo 20, <i>Phyllocladus</i> sp.	78
5.	23.	Morfotipo 15, <i>Eucryphia</i> sp.	79
5.	24.	Morfotipo 17, <i>Cupania cf. latifoloides</i>	81
5.	25.	Morfotipo 13, <i>Phyllites</i> sp.	82
5.	26.	Morfotipo 26, CUPRESSACEAE indeterminada	83
5.	27.	Morfotipo 29, <i>cf. Chusquea</i> sp.	84
5.	28.	Morfotipo 30, POALES indeterminada	85
5.	29.	Morfotipo 28, POALES indeterminada (Aquenio)	86
5.	30.	Morfotipo 27, PTERIDOPHYTA indeterminada	87
6.	1.	Porcentaje de hojas y géneros según forma de borde	95
6.	2.	Porcentaje de hojas y géneros según forma de borde	95
6.	3.	Porcentaje de hojas y géneros según elongación apical	95
6.	4.	Porcentaje de hojas y géneros según elongación apical	95
6.	5.	Porcentaje de hojas y géneros según su proporción Largo:Ancho	95
6.	6.	Porcentaje de hojas y géneros según su proporción Largo:Ancho	95
6.	7.	Porcentaje de hojas y géneros de acuerdo a la clasificación de clases de tamaño de Ash <i>et al.</i> (1999)	95
6.	8.	Porcentaje de hojas y géneros de acuerdo a la clasificación de clases de tamaño de Ash <i>et al.</i> (1999)	95
6.	9.	Porcentaje de hojas y géneros para las características climáticas de habitación, según bibliografía	96
6.	10.	Porcentaje de hojas y géneros para las características climáticas de habitación ,según bibliografía	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
5.	1.	Composición florística de la tafoflora identificada 45
6.	1.	Comparación de familias encontradas en los Estratos de Cheuquemó y San Pedro <i>versus</i> el material aquí presentado 89
6.	2.	Edad de todas las muestras identificadas al menos hasta orden (primera parte) 91
6.	3.	Edad de todas las muestras identificadas al menos hasta orden (segunda parte) 92

RESUMEN

Los afloramientos estudiados están ubicados en el área de entre las comunas de Los Muermos y Fresia, en las proximidades de la desembocadura del río Llico, Región de Los Lagos (41°11' - 41°18' S Y 73°46' – 73°40' W) y se correlacionan a los Estratos de Cheuquemó, los cuales son originalmente descritos unos kilómetros al sur de la ciudad de Osorno y según distintos autores tienen edades del Oligoceno superior-Mioceno inferior o Eoceno.

En el área de estudio se encuentra una serie de niveles estratigráficos conformados por conglomerados matriz soportados, areniscas y fangolitas, correspondiendo estos muy probablemente a depósitos fluviales de ríos meandriformes, y en ellos se habían identificado previamente la presencia de fósiles vegetales (puntualmente en los niveles de granulometría fina) mas no han sido previamente estudiados a fondo.

Por ello, en este estudio se presenta la descripción y clasificación tentativa de la macroflora fósil correspondiente en su mayoría a hojas, contrastándolas con el material bibliográfico disponible, en su correspondiente emplazamiento estratigráfico. Se ha logrado la identificación de un total de 30 grupos morfológicos distintos, llegando a una clasificación taxonómica preliminar. Se cuenta entre estos morfotipos algunos géneros de las órdenes Fagales (*Myricaceae* y *Nothofagus*), Laurales (*Cinnamomum*, *Nectandra* y *Ocotea*), Malvales (*Triumfetta*), Myrtales (*Eucalyptus*, *Myrceugenia*, *Myrcia* y *Qualea*), Pinopsida (*Phyllocladus*), Rosales (*Eucryphia*), Sapindales (*Cupania*), Scrophulariales (*Phyllites*), Pinales (*Cupressaceae*), Poales y ejemplares no identificados de la división Pteridophyta.

El registro fosilífero encontrado permite inferir la presencia de una flora mixta con *Nothofagus*, que probablemente se habría desarrollado en un clima templado-cálido y húmedo, de una edad probable comprendida entre el Eoceno medio y el Oligoceno superior, según su distribución estratigráfica conocida.

1. INTRODUCCIÓN

En Chile centro-sur existe una serie de unidades cenozoicas depositadas en un ambiente continental que contienen cuerpos de carbón y fósiles vegetales, las cuales han sido estudiadas principalmente enfocadas en el estudio de palinomorfos encontrados en los cuerpos carbonosos, debido al interés económico que estos poseían.

En torno a estas unidades existe cierta problemática con respecto a su edad, hay autores que indican que estos estratos se originan desde el Eoceno, mientras otros indican que están específicamente acotados al Oligoceno-Mioceno. Por ejemplo, los Estratos de Cheuquemó son asociados al del Eoceno por Troncoso & Barrera (1979; 1980) gracias al estudio de los palinomorfos encontrados en los carbones del pozo Río Blanco N° 1 (Osorno), además de fósiles (*Globigerinatheka*) identificados en el mismo pozo por Finger & Encinas (2009). Por otra parte según Flores, 1976 (en Elgueta *et al.*, 2000), tendría una edad mínima Mioceno inferior, basándose en el estudio de restos de invertebrados marinos, mientras que en los mapas de SERNAGEOMIN (Duhart *et al.*, 1998) se indica que estos estratos se encuentran infrayaciendo e interdigitando a los de la Formación Santo Domingo y que por lo tanto tienen una edad mínima Mioceno inferior y son correlacionables con los estratos de Pupunahue-Catamún, gracias a sus características litológicas, en los cuales se han realizado dataciones U-Pb en circones encontrados en un nivel tobáceo de 23.5 ± 0.5 Ma, indicando una edad máxima Oligoceno superior.

En la Cordillera de la Costa de la Región de los Lagos se puede encontrar una serie de estratos continentales, que sobreyacen en inconformidad las rocas del Complejo Metamórfico Bahía Mansa e infrayacen a las rocas sedimentarias marinas de la Formación Santo Domingo, a la cual se le asigna al Mioceno inferior - Mioceno medio (Duhart *et al.*, 1998), y estos son los Estratos de San Pedro (Eoceno? - Mioceno), los Estratos de Cheuquemó (Eoceno u Oligoceno superior - Mioceno inferior) y Estratos de Pupunahue-Catamutún (Oligoceno superior - Mioceno inferior), donde se han estudiado palinomorfos presentes en sus niveles carbonosos (Elgueta *et al.*, 2000).

El estudio del material vegetal fósil en estas Unidades Estratigráficas es relativamente limitado, al menos en comparación a otras unidades en Chile y Argentina, y se encuentra enormemente centrado en el estudio palinológico de los carbones presentes en estos. Algunos de

estos son: Troncoso & Barrera (1979; 1980) para polen de los Estratos de Cheuquemó, Helle *et al.*, 1990 (en Elgueta *et al.*, 2000) y Palma-Heldt & Alfaro (1982) igualmente describen polen para los Estratos de Pupunahue-Catamutún y Palma-Heldt & Duhart (2010; 2015) estudian improntas y polinomorfos de los Estratos de San Pedro, mientras Sandoval (2019) presenta una tesis estudiando las hojas de esta unidad.

El área de estudio se encuentra en las cercanías de Llico Bajo, entre las localidades de Traiguén y Yervas Buenas (41°11'- 41°18' S y 73°46'-73°40' W), donde aflora una sucesión litológica compuesta por conglomerados, areniscas y fangolitas con hojas fósiles en buen estado, además de pequeños niveles de carbón que fueron asignadas a la Formación Cheuquemó en el mapa geológico desarrollado por el SERNAGEOMIN, por el equipo a cargo de Paul Duhart en 1998.

Estos estratos se encuentran expuestos en varios puntos en los cerros El Encanto y El Padre, delimitados por los valles fluviales del estero Yervas Buenas al oeste y río Traiguén al este. Estos niveles sedimentarios están cortados por el valle del río Llico, dejando hacia el norte el último emplazamiento de la Cordillera Pelada, donde se encuentran depositados materiales sedimentarios muy gruesos, siendo principalmente conglomerados, con intercalaciones de areniscas muy gruesas, mientras que hacia el sur del río se encuentra la delimitación norte de la Cordillera del Zarao, en donde afloran niveles de granulometría mucho más fina, desde conglomerados hasta fangolitas. Es en este último sector, donde se encuentra todo el material fósil estudiado.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Analizar las improntas de hojas a de las secuencias de la Formación Cheuquemó, mediante el análisis de la arquitectura foliar fósil en el sector de Traiguén-Yervas Buenas, brindándoles una definición taxonómica y una interpretación paleoclimática.

1.1.2. Objetivos Específicos

- 1- Definir y caracterizar los distintos morfotipos de improntas de acuerdo a su arquitectura foliar.
- 2- Determinar taxonómicamente las hojas fósiles de la Formación Cheuquemó.
- 3- Inferir el paleoclima en relación con los taxas encontrados.
- 4- Comparar y correlacionar con otras floras fósiles presentes en la región.

1.2. Ubicación y Accesos

El sector a estudiar se encuentra en la Cordillera de la Costa a aproximadamente 13 kilómetros al noreste de la desembocadura del río Llico (Llico Bajo), 26 kilómetros al oeste de la localidad de Fresia y 64 kilómetros al oeste-noroeste de la capital regional, Puerto Montt, perteneciendo administrativamente a la Comuna de Fresia hacia el norte de los ríos Llico y Traiguén y a la Comuna de Los Muermos al sur de los mismos, en la Provincia de Llanquihue, Región de Los Lagos, Chile (Figura 1.1).

Para acceder a ella es posible tomar la autopista 5-Sur, siendo lo más simple ingresar por alguna de las salidas a Fresia, ya sea por la ruta U-90 (salida a Purranque), V-20 hacia el oeste (frente a Frutillar), V-30 (salida a Colegual) o la V-50 desde Puerto Varas. Una vez en Fresia se toma la ruta V-46 hasta la salida a la V-310 (ripio y tomando, tras 9 kilómetros, la ruta V-320 (frente a lago Las Ortigas) y seguir este camino bordeando el río Hueyusca, que se une al cauce del río Llico unos kilómetros más adelante.

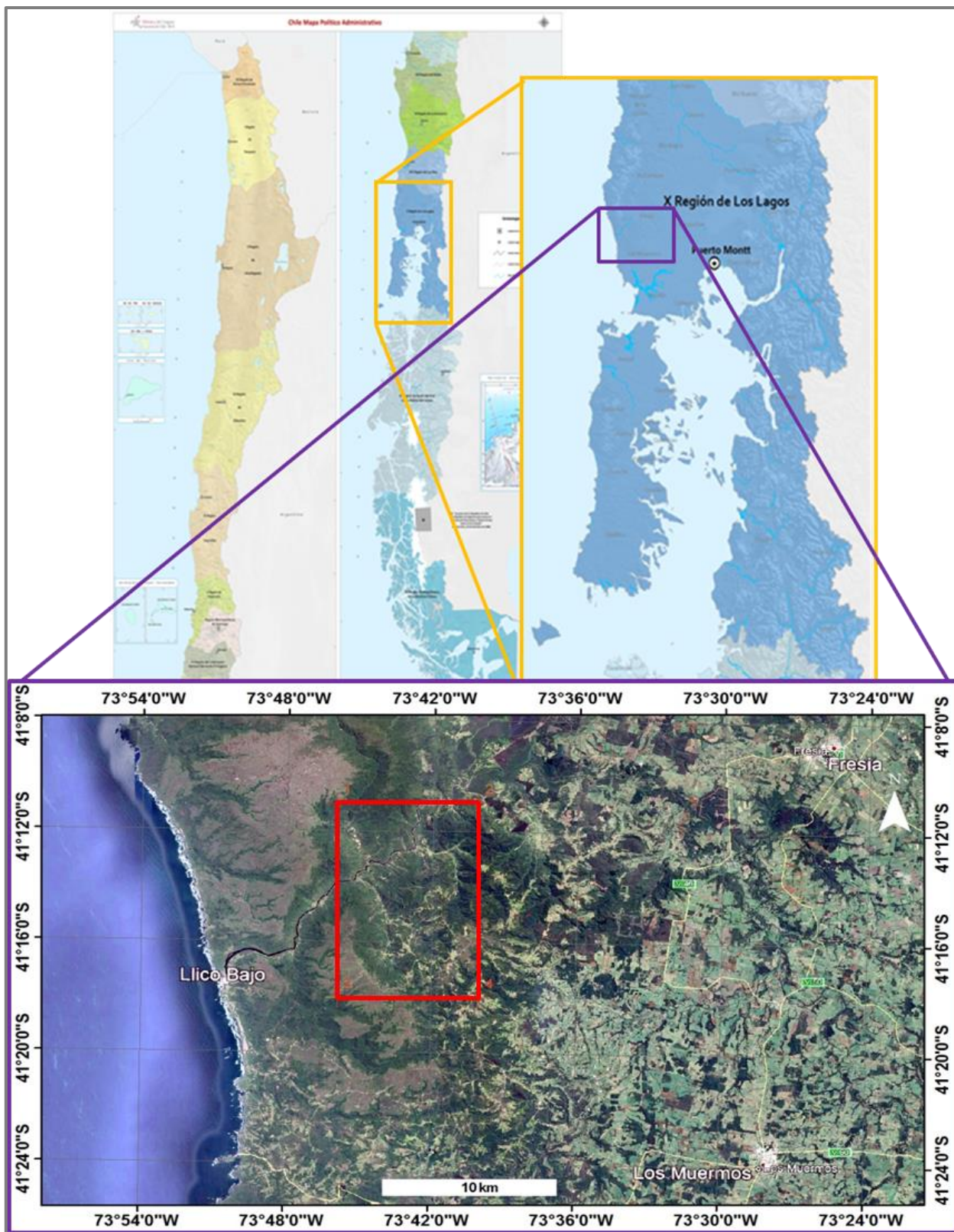


Figura 1.1. Mapa de ubicación del área de estudio.

1.3. Clima

Según la clasificación climática de Köppen, el clima de la Región de los Lagos se presenta de dos maneras, templado lluvioso con influencia marítima hasta aproximadamente los 42° 20', coincidente a la parte norte de la isla grande de Chiloé y templado frío de costa occidental con máximo invernal de lluvias hacia el sur.

El área de estudio se encuentra dentro del primer tipo, con temperaturas medias de alrededor de 15°C en verano y 8°C en invierno y lluvias medias sobre los 2000 mm anuales en Bahía Mansa y 1800 mm anuales en Puerto Montt, además de intensas nevazones invernales hacia la Cordillera de los Andes. La humedad raramente baja el 75% como media mensual, siendo común la abundante nubosidad y la escasa cantidad de días despejados (Ilustre Municipalidad de Fresia, 2009).

1.4. Flora y Fauna

1.4.1. Flora

La caracterización de la flora presente en las comunas de Fresia y Los Muermos de manera generalizada puede ser presentada de acuerdo a los pisos bioclimáticos, definidos según la temperatura, precipitaciones y su distribución a lo largo del año, así como por sus pisos de vegetación o conjunto de taxones vegetales que habitan los bioclimas.

Pisos Bioclimáticos:

Según la propuesta de clasificación de pisos bioclimáticos de Luebert & Pliscoff (2006 en Ilustre Municipalidad de Fresia, 2019), el área de la comuna de Fresia incluye los pisos del Bosque Caducifolio Templado, del Bosque Laurifolio Templado Interior, del Bosque Laurifolio Templado Costero y del Bosque Resinoso Templado Costero.

- Piso del Bosque Caducifolio Templado: Dominado por la presencia de *Nothofagus obliqua* (roble), *Laurelia sempervirens* (laurel), *Aextoxicon punctatum* (olivillo) y *Podocarpus saligna* (mañío), predominando mayormente el primero.

- Piso del Bosque Laurifolio Templado Interior: Incluye especies siempreverdes como *Weinmannia trichosperma* (tineo), *Laureliopsis philippiana* (tepa) y *Dasyphyllum diacanthoides* (tayu o palo santo).
- Piso del Bosque Laurifolio Templado Costero: Incluye *Weinmannia trichosperma* y *Laureliopsis philippiana*.
- Piso del Bosque Resinoso Templado Costero: Constituido principalmente por *Fitzroya cupressoides* (alerce), siendo el de mayor importancia patrimonial, estando prohibida su tala.

Pisos de Vegetación:

De acuerdo a la propuesta de Gajardo (1994 en Ilustre Municipalidad de Fresia, 2019; Ilustre Municipalidad de Los Muermos, 2013) en las comunas de Fresia y Los Muermos se presentan cinco pisos vegetacionales.

- Bosque Caducifolio del Sur: Se localiza en el valle central, relieves planos o lomas suaves de origen morrénico-glaciar. Por ello, en buena medida ha sido desplazado por la agricultura y plantaciones forestales. Está caracterizado por la predominante presencia de *Nothofagus obliqua* (roble). Se presentan una serie de asociaciones, entre las que destacan la de *Nothofagus obliqua-Laurelia sempervirens* (roble-laurel), la de *Nothofagus obliqua-Podocarpus saligna* (roble-mañío de hojas largas), la de *Aextoxicon punctatum-Laurelia sempervirens* (olivillo-laurel), la de *Blepharocalyx cruckshanksii-Drimys winteri* (temo-canelo), la de *Rubus constrictus-Ulex europaeus* (zarzamora-espinillo), *Holcus lanatus-Agrostis tenuis* (pasto miel-chépica) y *Juncus procerus-Lotus corniculatus* (junco-lotera).
- Bosque Laurifolio de Los Lagos: Distribuido principalmente en las laderas bajas de la parte occidental de la Cordillera de los Andes, especialmente junto a los lagos de piedemonte de origen glacial. En el sector de estudio se presenta hacia el sur en la vertiente oriental de la Cordillera de la Costa. Entre las especies que lo componen destacan *Eucryphia cordifolia* (ulmo), *Laureliopsis philippiana* (tepa) y *Weinmannia trichosperma* (tineo). Las asociaciones vegetales presentes son *Nothofagus dombeyii-Laurelia philippiana* (coihue-tepa), *Luma apiculata-Laurelia philippiana* (arrayán-tepa), *Myrceugenia exsua-Luma apiculata* (petra-arrayán), *Pernettya myrmyrtilloides-Ugni molinae* (chaura-murta) y *Fuchsia magellanica-Aristotelia chilensis* (chilco-maqui).

- Bosque Laurifolio de Valdivia: Ubicado en las partes medias de ambas laderas de la Cordillera de la Costa. En la ladera occidental se extiende hasta nivel del mar y en la oriental penetra y se combina con especies pertenecientes al Bosque Caducifolio, principalmente con el roble. Se destaca la presencia de *Aextoxicon punctatum* (olivillo) y *Eucryphia cordifolia* (ulmo). Las asociaciones vegetales típicas son *Aextoxicom punctatum-Eucryphia cordifolia* (olivillo-ulmo), *Aextoxicom punctatum-Rhaphithamnus spinosus* (olivillo-huayún), *Nothofagus dombeyii-Podocarpus saligna* (coihue-mañío de hojas largas), *Eucryphia cordifolia-Weinmannia trichosperma* (ulmo-tineo), *Persea lingue-Eucryphia cordifolia* (lingue-ulmo), *Corynabutilum vitifolium-Aristotelia chilensis* (huella-maqui), *Berberis buxifolia-Rhaphithamnus spinosus* (calafate-huayún) y *Juncus bufonius-Juncus planifolius* (junquillo-quirá).
- Bosque Siempreverde de la Cordillera Pelada: Distribuidas en las cumbres y laderas altas de la Cordillera de la Costa. Son frecuentes las comunidades boscosas y arbustivas. Las comunidades vegetales son *Fitzroya cupressoides-Tepualia stipularis* (alerce-tepú) y *Fitzroya cupressoides-Oreobolus obtusangulus* (alerce-oreobolus).
- Bosque Laurifolio de Chiloé: Se distribuye en suelos planos de mal drenaje y en el área sur de las laderas montañosas de mucha precipitación. Es importante en este grupo la presencia de coníferas, principalmente de la familia Podocarpaceae. Las agrupaciones tipo de este grupo comprenden *Nothofagus nitida-Podocarpus nubigena* (coihue de Chiloé-mañío macho), *Nothofagus nitida-Tepualia stipularis* (coihue de Chiloé-tepú) y *Chusquea quila-Fuchsia magellanica* (quila-chilco).

1.4.2. Fauna

Según lo informado por la Ilustre Municipalidad de Fresia (2009, 2019) y la Ilustre Municipalidad de Los Muermos (2013), debido a la variación de la humedad, mayor hacia el área de la Cordillera de la Costa y menor hacia el sector de la Cordillera de los Andes, la distribución de la vegetación varía en franjas longitudinales en sentido oeste a este como: bosque siempreverde, bosque caducifolio, matorral de ñirre y cumbres cubiertas de nieve, estando sólo las dos primeras presentes en las áreas comunales.

Las especies asociadas a los bosques caducifolios, comunes en el sector del valle central, se han visto desplazadas debido al cambio en el uso del suelo a favor de la agricultura e industria forestal, viéndose reemplazados por especies domésticas y de áreas abiertas.

Entre aquellas presentes en los bosques siempreverdes, frecuentes en la Cordillera de la Costa de la región, se encuentran varias especies de mamíferos, incluyendo dos especies de marsupial que son el monito del monte (*Dromiciops gliroides*) y la comadreja trompuda (*Rhyncholestes raphanurus*), quirópteros entre los que están el murciélago oreja de ratón (*Myotis chiloensis*) y el murciélago orejado chico (*Histiotus montanus*), roedores múridos como la lauchita de los espinos (*Oryzomys longicaudatus*), el ratoncito oliváceo (*Abrothrix olivaceus*), el ratoncito peludo (*Abrothrix sanborni*), el ratón topo de la selva (*Geoxus valdivianus*), el pericote austral (*Auliscomys micropus*) y la rata arbolícola (*Irenomys tarsalis*), dos cánidos que son el zorro chilote (*Dusicyon fulvipes*) y el zorro chilla (*Pseudalopex griseus*), dos felinos comprendidos por la huiña (*Leopardus guigna*) y el puma (*Puma concolor*), un cérvido llamado pudú (*Pudu puda*), un roedor equímido de tamaño considerable conocido como coipo (*Myocastor coypus*) y tres mustélidos incluyendo el hurón menor o quique (*Galictis cuja*), el lobito de río o huillín (*Lutra provocax*) y el chingue (*Conepatus chinga*).

Aparecen igualmente varias especies de aves, tales como el Tiuque (*Milvago chimango*), la torcaza (*Columba araucana*), el loro choroy (*Enicognathus leptorhynchus*), una especie de picaflor (*Sephanoides galeritus*), tres especies de carpinteros (*Colaptes pitiús*, *Picoides lignarius* y *Campephilus magellanicus*), el tijeral colilargo (*Sylviorthorhynchus desmursii*), el rayadito (*Aphrastura spinicauda*), el falso carpintero o carpintero pardo (*Pygarrhichas albogularis*), el huet-huet (*Pterotochos tarnii*), el chucao o tricao (*Scelorchilus rubecula*), el churrín de la mocha (*Eugralla paradoxa*), el churrín del sur (*Scytalopus magellanicus*), el diucón (*Xolmis pyrope*), el fiofío o chiflador (*Elaenia albiceps*), la viudita (*Colorhamphus parvirostris*), la golondrina chilena (*Tachycineta leucopyga*), el chercán (*Troglodytes aedon*), el zorzal patagónico (*Turdus falcklandii*), el chincol (*Zonotrichia capensis*), el tordo (*Curaeus curaesus*), el jilguero (*Spinus barbatus*) y el chanchito o cometocino patagónico (*Phrygilus patagonicus*). Además se indica la presencia de flamencos en ciertos sectores de Los Muermos.

Cabe destacar igualmente la rica variedad de anfibios, gracias al ambiente húmedo y boscoso. Algunas de las especies potencialmente presentes están la rana jaspeada (*Batrachyla antartandica*), la rana moteada (*Batrachyla leptopus*), la ranita de antifaz (*Batrachyla taeniata*),

la rana chilena (*Calyptocephalella gayi*), la rana de hojarasca austral (*Eupsophus calcaratus*), la rana de hojarasca de párpados verdes (*Eupsophus emiliopugini*), el sapo espectral de la selva (*Hylorina sylvatica*), el sapito de cuatro ojos (*Pleurodema thaul*), la ranita de Darwin (*Rhinoderma darwinii*), entre otras (Charrier, 2019).

Además se encuentra una muy amplia variedad de artrópodos en la hojarasca y humus del suelo, más coleópteros, arácnidos y otros asociados a los árboles y vegetación.

1.5. Geomorfología

En la Región de Los Lagos se presentan cuatro unidades morfoestructurales principales: planicies litorales o fluvioamarinas, Cordillera de la Costa, depresión intermedia y Cordillera de los Andes, según una orientación oeste-este. Se observa en la región una fuerte erosión y desmembramiento del territorio continental, producto del actuar de los glaciares milenarios, cuyo retroceso también formó los lagos que dan origen a su nombre (Figura 1.2).

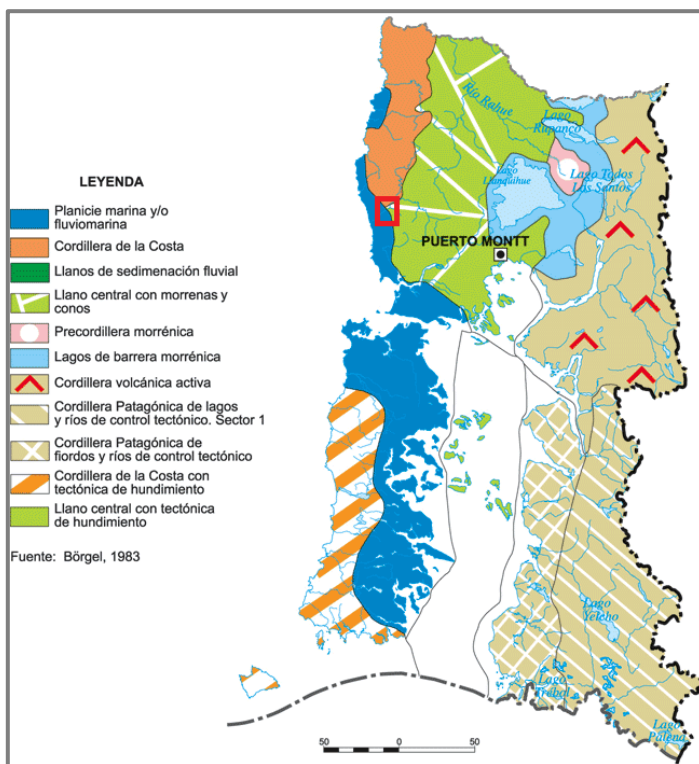


Figura 1.2. Mapa geomorfológico de la Región de Los Lagos. Börger (1983) en www.educarchile.cl. El recuadro rojo indica la ubicación del área de estudio.

Planicies litorales:

Las planicies litorales (Planicie marina o fluviomarina) son poco pronunciadas y se encuentran y se encuentran cortadas por ríos, esteros y la cordillera de la costa, extendiéndose al este hacia el sector de la desembocadura del río Maullín y la costa interior de la isla Grande de Chiloé, siendo ésta la porción más austral de éstas en el país.

Cordillera de la Costa:

En la región, la Cordillera de la Costa se encuentra subdividida en cuatro cordones montañosos, siendo estos, de norte a sur, la cordillera Pelada entre los ríos Bueno y Llico, la cordillera de Zarao (o Sarao) entre el río Llico y el canal de Chacao, la cordillera de Piuchué en el norte de la isla Grande de Chiloé y la cordillera de Pirulil al sur, separadas por el lago Huillinco.

La altura media de la Cordillera de la Costa es de aproximadamente 550 m s.n.m., disminuyendo de norte a sur. En el sector de la cordillera pelada las cumbres alcanzan generalmente los 800 a 900 m s.n.m., siendo la mayor altura alcanzada la que corresponde a los cerros de Lompue, al norte de la cordillera Pelada, donde llegan a los 1042 m s.n.m. Al sur del río Llico, la cordillera de Zarao no sobrepasa los 500 m s.n.m., mientras que en la isla Grande de Chiloé las cordilleras de Piuchué y Pirulil no superan los 300 m s.n.m.

La Cordillera de la Costa es cortada por valles fluviales que orientación preferentemente E-W, destacando entre estos los ríos Bueno y Maullín, cuyos causes se encuentran alimentados por diversos afluentes en la depresión intermedia (Quezada, 2015).

Depresión Intermedia:

Ubicada entre las cordilleras de la Costa y los Andes, consiste en una zona amplia, deprimida y rellena de rocas sedimentarias y volcánicas terciarias, cubiertas por depósitos glaciares, glaciofluviales, fluviales y piroclásticos de edad Cuaternaria.

Su principal característica es que está conformada por lomas suaves y planicies cortadas por los valles de los causes de aguas de la región. Su amplitud este-oeste es notoria, alcanzando su máxima extensión al sur de Osorno, alcanzando los 80 km, con altitudes máximas de 200 m s.n.m. hacia el norte, disminuyendo hasta desaparecer hacia el sur, en el canal de Chacao y el seno de Reloncaví, para reaparecer en las islas al este de la isla Grande de Chiloé.

En el extremo oriental del valle, se encuentran los grandes lagos de origen glacial que dan origen al nombre de la región.

Cordillera de los Andes:

La Cordillera de los Andes es el principal cordón montañoso de la región y del país. Está constituida por una amplia gama de unidades geológicas entre las cuales se encuentran rocas graníticas del Carbonífero, Jurásico, Cretácico y del Cenozoico; además de rocas volcánicas y sedimentarias del Triásico, Jurásico-Cretácico y del Cenozoico, junto a rocas volcánicas del Cuaternario (Quezada, 2015).

La altitud general de la cordillera mantiene su tendencia descendente en un sentido norte-sur, con una altitud media de 2000 m s.n.m., siendo sus principales cumbres aquellas coincidentes con los volcanes Tronador (3491 m s.n.m.), Osorno (2652 m s.n.m.), Puntagudo (2490 m s.n.m.), Michimahuida o Michimavida (2404 m s.n.m.), Yate (2187 m s.n.m.) y Calbuco (2006 m s.n.m.).

Desde el sur del seno de Reloncaví el relieve andino pasa a denominarse como los Andes Patagónicos.

Geomorfología local:

El área de estudio se encuentra en la Cordillera de la Costa, cortada por el valle del río Llico e incluye, por tanto, el extremo sur de la cordillera Pelada y el extremo norte de la cordillera de Zarao. Dentro del sector se encuentran tres afluentes que alimentan al río Llico, siendo éstos los ríos Marilan y Traiguen, y el estero Yervas Buenas, estando estos en la base de sus respectivos valles.

Al sur del río Llico se erigen dos cimas principales, la del cerro El Encanto (433 m s.n.m.) y la del cerro El Padre (449 m s.n.m.) (Figura 1.3).



Figura 1.3. Imagen satelital tomada de *Google Earth*. Exageración vertical 1. Se presentan los principales rasgos geomorfológicos del área de estudio, con una vista desde el norte.

1.6. Agradecimientos

Agradecimientos al proyecto FONDECYT 1151146, “*Tectonosedimentary Evolution Of The Mid-Cenozoic Basins In The Forearc And Main Andean Cordillera Of South-Central Chile (~36°-43°S)*”, responsable del financiamiento del trabajo en su etapa de terreno.

Al Dr. Alfonso Encinas Martín por la oportunidad de desarrollar este tema de trabajo, constante guía y preocupación por el desarrollo de la memoria, a pesar de lo mucho que se ha extendido.

A mi familia, mis padres, Ximena Cea y Joaquín Pérez y a mi esposa, María Jesús Ortuya, por su constante apoyo, paciencia y ocupación. Sin ellos este trabajo de titulación no habría salido adelante. Infinitas gracias por acompañarme en esta etapa, por ayudarme a asumir, enfrentar y superar la depresión que me ahogó durante estos años.

A mi abuela (Ita) que fue la que aportó (sin saberlo) los fondos que financiaron todos los otros gastos asociados a la memoria.

A Carolina Sandoval, por la ayuda, simpatía y buena disposición para indicarme el cómo comenzar a trabajar las hojas.

A la gente del Magister de Paleontología de la Universidad Austral de Chile, por permitirme acceder a sus instalaciones, darme consejos de trabajo y la gran amabilidad que me mostraron.

Al señor Gerardo Flores, que me ayudó en todo lo que pudo mientras trabajaba en la limpieza de las muestras, facilitándome el acceso a las instalaciones del museo y su disposición para ayudarme en lo que necesitase.

Y por supuesto, a la muy amable gente que vive en el área de estudio, enormemente dispuesta a responder lo que les preguntase, por su comprensión de las circunstancias y por permitirnos el acceso a sus propiedades privadas.

Realmente muchas gracias.

2. MARCO GEOLÓGICO

Se realiza la descripción de acuerdo a lo indicado para el área de estudio y sus alrededores según lo indicado en el mapa geológico “Geología preliminar área de Cordillera de Zarao - río Llico” (Figura 2.1), elaborado por el SERNAGEOMIN (Duhart *et al.*, 1998), siendo esta la principal fuente bibliográfica.

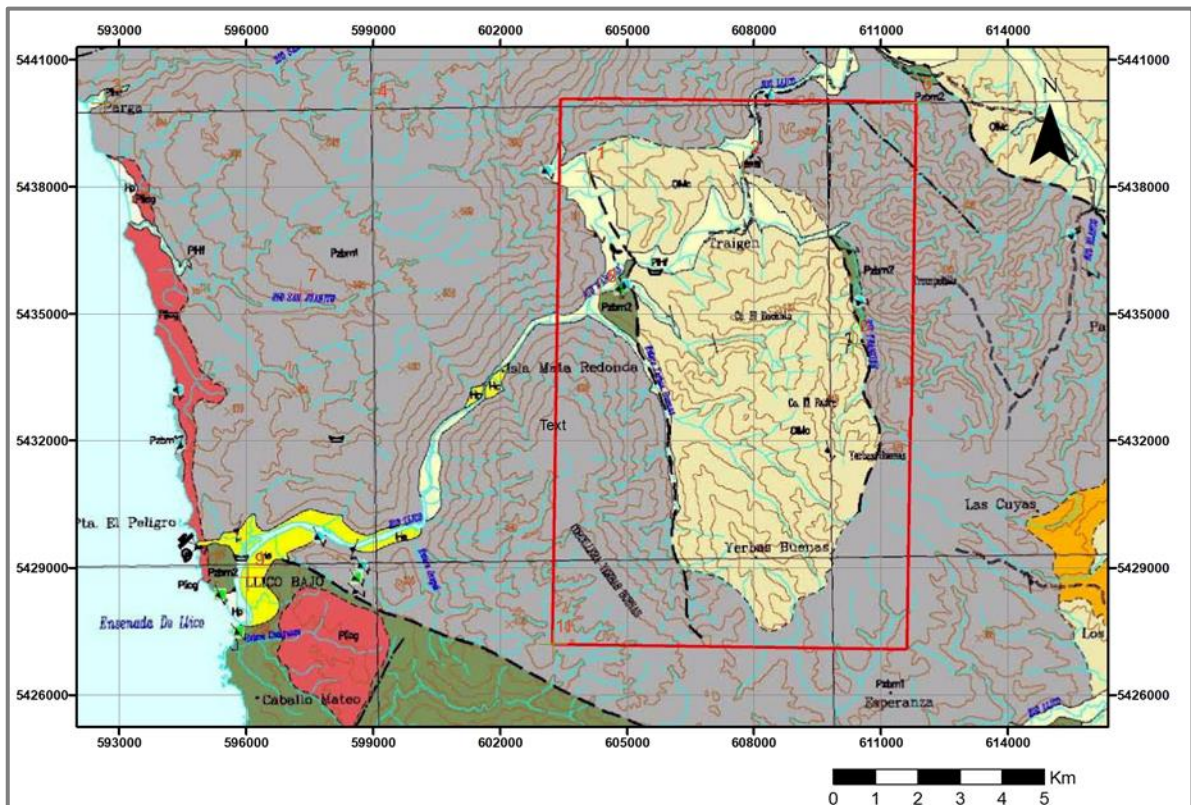


Figura 2.1. Sección del mapa geológico para la zona de estudio. Tomado de Duhart *et al.* (1998), el rectángulo rojo encierra el área de estudio.

2.1. Devónico-Triásico tardío

2.1.1. Complejo Metamórfico Bahía Mansa Pzbm

Incluido dentro de la Serie Occidental del Basamento Metamórfico, corresponden regionalmente a esquistos pelíticos a semipelíticos con menor cantidad de metarenisca,

intercalaciones tectónicas de esquistos máficos y escasos cuerpos de rocas máficas y ultramáficas tectónicamente emplazados, sin estratigrafía definida y con sus relaciones estratigráficas originales totalmente obliteradas. Los componentes protolíticos indican un origen proximal de sedimentos continentales y de fondo oceánico en un sistema de acreción-subducción (Hervé, 1988).

El metamorfismo y deformación que afecta al complejo corresponde mayormente a las facies de esquistos verdes, sobreimpuestos a una facie relictiva de esquistos verdes transicional a anfibolita y/o esquistos azules. Según las dataciones de edades de enfriamiento de K-Ar y Rb-Sr, la edad de deformación corresponde al rango 215 ± 6 Ma y 243 ± 6 Ma (Munizaga *et al.*, 1988; Kato y Godoy, 1995), mientras que seguía acumulando material.

En el sector, se distinguen cuatro asociaciones litológicas, con relaciones estratigráficas originales no conservados y localmente se unen a través de contactos miloníticos.

- a. Esquistos Pelíticos a Semipelíticos: Constituidos por esquistos de protolito pelítico a semipelítico, con intercalaciones menores de esquistos cuarcíferos. Presentan color gris, brillo notorio, foliación bien desarrollada en bandas cuarzo-micáceas y vetillas de cuarzo paralelas a la foliación principal (S_2).

Se encuentra infrayaciendo en forma discordante y en contacto depositacional a la Formación Caleta Godoy, los Estratos de Cheuquemó y los depósitos glaciales del Pleistoceno. También se encuentra en contacto con los esquistos máficos, de forma casi recta, en orientación NW-SE, asociándose sus contactos a fallas de rumbo (Muñoz, 1997).

- b. Esquistos Máficos: Su asociación litológica está compuesta por esquistos máficos (protolito de rocas de dorsal oceánica), verdes en fresco y pardos si están alterados, con foliación principal (S_2) bien desarrollada en bandas de clorita-actinolita y epidota-feldespato, y también por rocas verdes de aspecto masivo.

En la localidad de Punta Estaquilla se encuentra infrayaciendo en forma discordante y en contacto depositacional a la Formación Caleta Godoy, en la localidad de Cordillera Vieja se encuentra en contacto por falla normal con los Estratos de Parga y está cubierta por los depósitos glaciales del Pleistoceno. Se encuentra en contacto con los esquistos pelíticos a semipelíticos, como se describió en el punto anterior (Duhart *et al.*, 1998).

- c. **Cuerpos Máficos:** Corresponde a cuerpos pequeños de grabrodioritas de hornblenda de grano medio a fino. Localmente se observa evidencia de cataclasis, con cuarzos de extinción ondulosa, plagioclasas argilizadas, biotitas cloritizadas y microfracturas rellenas de epidota y restos de la misma roca.

No se observan relaciones de contacto, pero se interpretan como intruyendo a los esquistos máficos, debido a la evidencia de alteración hidrotermal en las rocas de este grupo (Duhart *et al.*, 1998).

- d. **Milonitas:** Constituidos por esquistos pelíticos a semipelíticos grises a negros con foliación milonítica a localmente ultramilonítica, bien desarrollada según bandas cuarzo-feldespáticas y micas de escala milimétrica con intercalaciones de metareniscas. Su protolito se indica como esquistos pelíticos a semipelíticos.

Se emplazan siguiendo la línea de costa, probablemente originados a partir de los esquistos mencionados en el primer grupo, según lo indicado por Duhart *et al.* (1998).

2.2. Oligoceno-Plioceno

2.2.1. Complejo Volcánico Ensenada Capitanes OIMec (Oligoceno-Mioceno?)

Definida por Duhart *et al.* en 1998 en la localidad de Punta Capitanes, esta unidad está compuesta por cuerpos volcánicos a subvolcánicos y piroclásticos de pequeña escala. Tiene una extensión de aproximadamente 4 km en la N-S y de hasta 8 km desde la costa al este. Se encuentra emplazada en las rocas del Complejo Metamórfico Bahía Mansa.

Se distinguen dos grupos litológicos diferenciables:

- a. **Basaltos y andesitas** grises a negras de textura levemente porfídica, con fenocristales de plagioclasa (andesita-labradorita), olivino y piroxeno, además de brechas volcánicas e intercalaciones tobáceas. Afloran en la costa entre Punta Capitanes a la Ensenada de Capitanes, por unos 4 km aproximadamente.
- b. **Dacitas blancas a pardo amarillentas**, de textura porfídica con fenocristales de plagioclasa. Estas rocas presentan una fuerte alteración.

Afloran al este del río Pescado, en la localidad de Esperanza, en un área de 7 km por 5km.

Se diferencia esta unidad de otras adyacentes debido a la diferencia de susceptibilidad magnética, ya que ésta presenta una marcada anomalía aeromagnética dipolar (Alfaro *et al.*, 1994 en Duhart *et al.*, 1998).

2.2.2. Complejo Volcánico Caleta Parga OIMcp (Oligoceno-Mioceno)

Definida por Duhart *et al.* en 1998 en la localidad de Caleta Parga, está conformada por pequeños cuerpos volcánicos a subvolcánicos y rocas piroclásticas (Troncoso *et al.*, 1994 en Duhart *et al.*, 1998). Se extiende por 1,5 km por la costa desde Punta Puga al sur.

La litología de las rocas de esta unidad está determinada como basalto, de color gris y textura microcristalina a levemente porfídica, con fenocristales de plagioclasa (andesita-labradorita), olivino y ortopiroxeno; brechas decimétricas de matriz limolítica y tobas de lapilli blanco-grisáceas.

Las tobas se encuentran intercaladas con los Estratos de Parga, mientras que hacia el norte las rocas volcánicas se encuentran bajo los sedimentos de la Formación Caleta Godoy.

Son correlacionadas con el Complejo Volcano-sedimentario de Ancud hacia el sur, y con el Complejo Volcánico de Ensenada Capitales.

2.2.3. Estratos de Cheuquemó OIMc (Eoceno?-Mioceno inf.)

Descrita por Fenner y Sylvester (1936) y redefinida por García (1968) en el área de Osorno, con sus mayores afloramientos expuestos en el área de Bahía Mansa. Sobreyace en inconformidad a las rocas del Complejo Metamórfico Bahía Mansa, aunque también se encuentra en contacto por medio de fallas normales y a veces inversas; infrayace y se interdigita con la Formación Santo Domingo (Mioceno inf. a med.) e infrayace los depósitos cuaternarios cuando esta formación no está presente, según lo indicado por Duhart *et al.* (1998). Según Troncoso & Barrera (1979, 1980), por otro lado, la edad de los Estratos de Cheuquemó correspondería al Eoceno.

Se describe como una secuencia de fangolitas, areniscas finas a medias cuarzo-micáceas y conglomerados clastosoportados finos a medios. Las dos primeras litologías se encuentran caracterizadas por una estratificación fina, decimétrica, planar y con presencia de abundantes

hojas fósiles y pequeños mantos de carbón. Los conglomerados se encuentran bien litificados, en estratos medianos granodecrecientes, con clastos discoidales, subredondeados, de origen metamórfico, con escasa matriz de arenisca lito-cuarcífera.

Se indica la presencia de intercalaciones de niveles con fósiles marinos, principalmente pelecípodos y gastrópodos, como *Mytilus* sp., *Cardium* sp. y *Turritela* sp. (Flores, 1976 en Duhart *et al.*, 1998).

Es correlacionada hacia el norte con los Estratos de Pupunahue-Catamutún y hacia el sur con los Estratos de Parga.

Su asociación de facies indica un depósito de estuario caracterizado por ambientes fluviales y aluviales (estuario superior) y subambientes de laguna, intermareales, pantanos costeros y playas marginales (estuario medio a inferior) (Duhart *et al.*, 1998).

2.2.4. Estratos de Parga OIMp (Oligoceno sup.-Mioceno inf.)

Descrita por Flores (1976) en el sector costero de playa Galileo - Punta Puga, correspondiendo a una unidad continental-parállica. Sobreyace en discordancia angular las rocas del Complejo Metamórfico Bahía Mansa, infrayace e interdigita con la Formación Santo Domingo e infrayace con discordancia angular a la Formación Caleta Godoy o localmente a los depósitos cuaternarios.

Se indica que corresponde a una serie de lutitas, niveles calcáreo-coquináceos, areniscas arcillosas cuarcíferas y conglomerados de grano fino, buena selección y ricos en cuarzo. En las facies finas se presentan importantes lentes de carbón de alrededor de medio metro de espesor e interés económico. Según lo indicado por Flores (1976), existen niveles fosilíferos marinos, con presencia de pelecípodos y gastrópodos.

Se puede correlacionar con los Estratos de Pupunahue-Catamutún y con los Estratos de Cheuquemó, mientras que sus facies indican una formación en un sistema estuarino, con ambientes continentales de tipo fluvial (estuario alto), parállicos (estuario medio e inferior) y en subambientes de tipo lagunar e intermareal (Duhart *et al.*, 1998).

2.2.5. Formación Santo Domingo Msd (Mioceno inf. a med.)

Definida por Martínez y Pino en 1979 en la cuesta Santo Domingo, provincia de Valdivia. Se emplaza sobreyaciendo e interdigitando a los Estratos de Cheuquemó, aunque también se encuentra en contacto con fallamiento inverso. Se encuentra bajo los depósitos glaciales y fluviales cuaternarios en discordancia.

Litológicamente se encuentra conformado por dos asociaciones de facies marinas:

- a. Facies Marinas I, areniscas y fangolitas cuarzo-micáceas: Consta de areniscas medias a muy finas, pobre a moderadamente trabajadas, limolitos y arcillolitas, todas de composición cuarzo-lítico-micáceas (de origen metamórfico) y color gris oscuro al estar frescas o gris verdoso a pardo claro al estar alteradas.

Presentan una estratificación decimétrica, horizontal planar o localmente cruzada, con horizontes fosilíferos y algunos niveles fuertemente peletizados y bioturbados con tubos horizontales y verticales de hasta un centímetro de diámetro.

- b. Facies Marinas II, fangolitas y areniscas epiclásticas: compuesto por areniscas de granulometría media a gruesa, líticas, epiclásticas, con clastos volcánicos (andesitas, basaltos y dacitas), pobre a moderadamente trabajadas, localmente microconglomerádica intercalada con areniscas muy finas, fangolitas y arcillolitas con horizontes de tobas y fangolitas tobáceas. Las areniscas más gruesas tienden a estar presentadas en capas medias a gruesas, masivas y con meteorización esferoidal.

Los fósiles son abundantes e incluyen una amplia cantidad de vertebrados, corales, braquiópodos, bivalvos, gastrópodos, crustáceos, equinoideos, crinoideos, escafópodos, foraminíferos, briozoos, vermes y hojas.

Esta formación es correlacionada con la Formación Cholchol en el área de Temuco, con la Formación Ranquil en la península de Arauco y con los Estratos de Lacul en Chiloé.

Sus facies se asocian a ambientes de la inundación progresiva de valles estuarinos por parte del mar, con la acumulación de depósitos marinos retrogradantes sobre los sedimentos estuarinos preexistentes (Duhart *et al.*, 1998).

2.2.6. Formación Caleta Godoy Plicg (Plioceno)

Descrita por Valenzuela (1982) y modificada por Duhart *et al.*, (1998) para agregar lo descrito por Flores en 1976 como Formación Zaraq, corresponde a una unidad sedimentaria marino-continental en los sectores de Punta Quillagua, Punta Hurón y Punta Godoy. Se extiende a lo largo de la costa en afloramientos discontinuos entre el río Capitanes y el norte de la isla Grande de Chiloé.

Se presenta con estratos horizontales dispuestos en discordancia angular sobre las rocas del Complejo Metamórfico Bahía Mansa y los Estratos de Parga, e infrayacen con una discordancia erosiva a los depósitos glaciales cuaternarios.

Comúnmente expuesta en los acantilados costeros, está conformada por tobas arenosas, areniscas verdosas a pardo-amarillentas con flora fósil carbonizada o capas lenticulares de carbón de hasta 0,5 m y de no más de algunas decenas de metros de extensión, conglomerados clasto a matriz soportados de composición cuarcífera, metamórfica y en menor medida granítica. Se presentan fósiles de bivalvos, escafópodos y gastrópodos. Se observan con una estratificación planar, cruzada planar y/o en artesa, de pequeña a mediana escala, con niveles arenosos gruesos muy bioturbados y estructuras de corte y relleno de canales.

Se presentan facies marinas, continentales y parálicas interdigitadas de forma compleja, que indican un ambiente deposicional de tipo fluvio-estuarino progradante (Duhart *et al.*, 1998).

2.3. Pleistoceno-Holoceno

2.3.1. Depósitos sedimentarios no consolidados (Pleistoceno-Holoceno)

Están compuestos por sedimentos cuaternarios depositados por procesos de origen morrénico, glaciofluviales, fluviales, de playa y estuario.

Los más antiguos son los asociados a una génesis morrénica, acumulados en los sucesivos eventos glaciares, siendo estos las glaciaciones pre-Tegualda (Pleistoceno inferior), Tegualda (Pleistoceno inferior a medio), Río Llico (Pleistoceno medio) y Santa María (Pleistoceno medio a superior) (Duhart *et al.*, 1998). El material sedimentario acumulado está compuesto por gravas y bolones mayormente redondeados a subredondeados en una matriz arenosa a limosa, con clastos

de origen andino y composición principalmente definidas como basaltos y andesitas, dispuestos en capas masivas o mal estratificadas. Tanto las glaciaciones Río Llico como Santa María tienen asociados también depósitos glaciofluviales, los cuales están conformados por gravas y arenas, bien redondeadas y bien estratificadas, de forma plana-horizontal, cruzada en los canales, granodecrecientes e intercalaciones de lentes de arena. Las morrenas tienen (Figura 2.1) a conformar elevaciones suaves de tipo loma, con alturas de entre 180 y 350 m s.n.m., mientras los materiales glaciofluviales se encuentran acumulados en planicies.

Sobre estos estratos se encuentran los depósitos fluviales del Pleistoceno-Holoceno. Usualmente formando terrazas de 1 a 10 m sobre el lecho actual de los ríos Quenuir, Llico y Hueyusca, que están conformadas por gravas medias, bien seleccionadas, redondeadas y ocasionalmente imbricadas, en una matriz de arena gruesa a media, con estratificación planar, cruzada y estratos granodecrecientes, presentando ocasionales limos laminados. Conformado por estructuras de canales y barras.

Finalmente, de edad Holoceno, se encuentran los depósitos de arenas, limos y arcillas asociados a playas y estuarios, cuyo protolito corresponde a las rocas metamórficas aflorantes en la Cordillera de la Costa, así como a las rocas provenientes de los sedimentos antes mencionados y los materiales coluviales y de cono de deyección, encontrados en la desembocadura de los valles profundos, con formas típicas de abanicos (Duhart *et al.*, 1998).

3. METODOLOGÍA

3.1. Muestreo y preparación de material

El trabajo en terreno fue realizado en dos etapas, ambas realizadas en enero de 2019, con el financiamiento del proyecto FONDECYT 1151146, “*Tectonosedimentary Evolution Of The Mid-Cenozoic Basins In The Forearc And Main Andean Cordillera Of South-Central Chile (~36°-43°S)*”, a cargo del Prof. Dr. Alfonso Encinas Martín.

La primera etapa constó de tres días (2 a 6 de enero de 2019), en los que se recorrió los caminos dentro del área de estudio, con la finalidad de buscar puntos de interés en los que se pudiera realizar la búsqueda de material fósil y establecer su respectivo contexto estratigráfico, por medio del levantamiento de columnas estratigráficas.

Durante la segunda etapa (22 a 25 de enero de 2019), se visitaron los puntos en que se encontró el material fósil (exclusivamente vegetal), correspondiendo todos ellos a cortes de caminos. En este momento se realizó la extracción de bloques de roca con contenido fósil de entre 40 y 20 cm en los estratos de arenisca fina y fangolita utilizando martillo geológico y cincel, ubicándolos en la columna estratigráfica, rotulándolos de acuerdo al punto y nivel en que se encontraron y empaquetándolos con papel y bolsas plásticas para su transporte a las dependencias del Museo Geológico de la Universidad de Concepción Profesor Lajos Biró Bagoczky (Figura 3.1).

Ya en el museo, los bloques rocosos fueron trabajados y limpiados por medio de la utilización de martillo y espátula para el trabajo grueso y espátulas de ortodoncia para el trabajo en detalle (Figura 3.2), aislando lo más posible los ejemplares fósiles. Al encontrarse una buena parte del material en un estado frágil, principalmente debido al estado de meteorización que presentaba la roca matriz, se aplicó un agente consolidante previamente preparado utilizando Paraloid-B72 diluido en acetona y aplicando pegamento instantáneo en el material que se dañó producto de esta fragilidad.

Mientras se realizaba lo anterior, las muestras fueron fotografiadas (Figura 3.3), envueltas y almacenadas en cajas plásticas, las cuales a la fecha permanecen en las dependencias del citado museo.



Figura 3.1. Etapa de extracción de bloques, punto Columna El Padre.

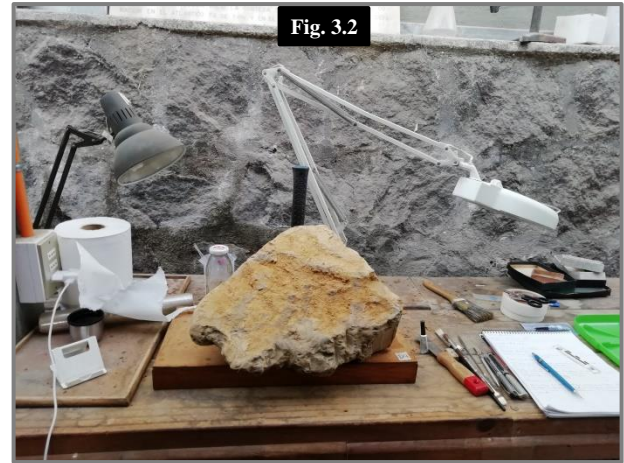


Figura 3.2. Estación de limpieza de muestras fósiles.

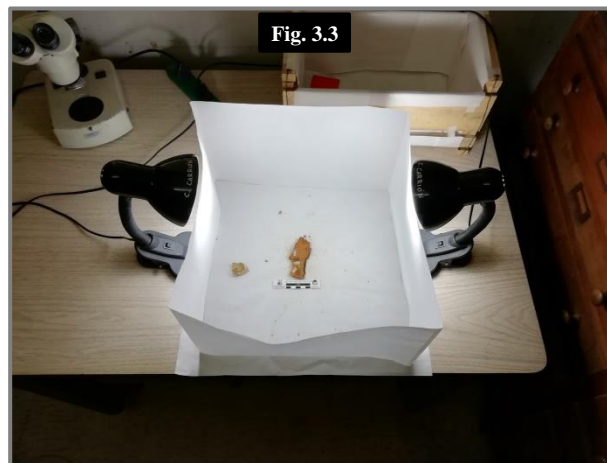


Figura 3.3. Estación de toma de fotografías.

3.2. Descripción morfológica y aproximación taxonómica

Las fotografías fueron comparadas y agrupadas en distintos morfotipos de acuerdo a su arquitectura foliar, eligiéndose después la muestra más completa como muestra representativa. En general, las muestras se encuentran incompletas y en algunos casos se eligió otra muestra para complementar la información faltante, asegurándose siempre de que las muestras pertenecieran al mismo morfotipo.

Para realizar una apropiada descripción se dibujó esquemas de las hojas en *Sketchbook*, sirviéndose del aumento y varios filtros (luz, contraste y filtros de colores) que permita resaltar

las estructuras de la hoja y se realizaron mediciones de tamaño y ángulos con el programa *ImageJ*.

La clasificación de los morfotipos se realizó según sus características siguiendo la terminología de arquitectura foliar propuesta por Ash *et al.* (1999) en *Manual of Leaf Architecture* y el libro homónimo escrito por Ellis *et al.* (2009), junto a la reestructuración y simplificación realizada por Sandoval (2019).

Una vez concluido este proceso, se realizó una comprobación de las muestras agrupadas.

La clasificación taxonómica fue realizada por medio de una comparación exhaustiva de cada morfotipo con aquellos descritos en las diversas, como por ejemplo las publicaciones de Gandolfo & Romero, 1992, Romero & Carrasco, 1982, libros como *Manual of Leaf Architecture* de Ash *et al.* (1999) y Ellis *et al.* (2009), además de tesis y memorias de título como la de Sandoval (2018), llegando a una determinación taxonómica aproximada para cada una de ellas.

3.3. Análisis fisionómico-climático

A través de un amplio estudio a nivel global, los botánicos y ecologistas han llegado a establecer una correlación geográfica, ambiental y climática para las plantas dicotiledóneas, identificando características en común entre sus diseños foliares para la combinación dada entre estos factores.

Sobre la base de estos estudios, es posible usar el tamaño y arquitectura de las hojas en la paleoflora para determinar las condiciones climáticas en que crecieron, desarrollaron y vivieron, basándose en las estadísticas y correlación que se presenta entre los distintos morfotipos identificados.

De acuerdo a lo indicado en Gregory-Wodzicki (2000), Hinojosa & Villagrán (1997), Wolfe (1971) y Wright *et al.* (2017), se puede utilizar las siguientes características:

- La vegetación con hojas grandes suele presentarse en climas cálidos, húmedos y soleados, siendo más comunes hacia latitudes ecuatoriales que hacia latitudes polares. Podrían llegar a alcanzar superficies medias de $\sim 150 \text{ cm}^2$ (hoja mesófila-macrófila) en condiciones “ideales” de temperaturas medias del mes más cálido de 35°C y 10000 mm de precipitaciones anuales.

- Plantas con hojas pequeñas pueden desarrollarse en condiciones de frío, aridez, intensa exposición solar y/o una ubicación altimétrica elevada. Se podrían presentar con superficies medias de $\sim 10 \text{ cm}^2$ (hoja micrófila) en condiciones de temperaturas medias del mes más cálido de 5°C y 100 mm de precipitaciones anuales.
- Flora con hojas muy pequeñas pueden encontrarse en climas cálidos y secos, fríos y húmedos o la combinación de las dos posibilidades del punto anterior. En los primeros dos casos, las condiciones son opuestas para temperatura y precipitaciones que en los dos puntos anteriores (35°C y 100 mm, y 5°C 10000 mm, respectivamente), originando hojas de superficie media $\sim 0,5 \text{ cm}^2$ (hoja nanófila).
- Un margen entero tiende a estar asociado a ambientes de mayores temperaturas, menos templados y tienden a tener un mejor y más complejo sistema vascular.
- Un margen serrado es más común en hojas de climas fríos y plantas caducifolias, presentando una venación más potente y secciones intercostales más simples.
- Las hojas de bosques siempreverdes tienden a presentar un margen entero y a ser más gruesas, con un sistema de venas proporcionalmente más tenue pero más complejo y copioso. Estos se presentan en dos ambientes: tropicales, con una hoja ancha y templado-frío, con una hoja angosta.
- Ápices elongados indican ambientes templados y húmedos que permiten un mayor desarrollo en las fases tempranas de la formación de las hojas, con la finalidad de optimizar el proceso fotosintético al término de la temporada de frío.
- Hojas largas y estrechas son comunes en bordes de ríos para reducir la resistencia a las corrientes y también en ambientes secos y soleados, en los que facilitan un equilibrio térmico en la hoja.

4. ESTRATIGRAFÍA

4.1. Introducción

La sucesión sedimentaria donde se encuentran la hojas fósiles objeto de este estudio fue asignada a los Estratos de Cheuquemó por Duhart *et al.* (1998), los cuales se encuentran descritos en el área de Osorno para el Oligoceno superior a Mioceno inferior.

En el área de estudio se observa un contacto de esta unidad con las rocas del Complejo Metamórfico Bahía Mansa y de forma muy focalizada sobre pequeños cuerpos graníticos altamente meteorizados que intuyen el complejo. Estos estratos son encontrados entre las alturas aproximadas de 30 a 460 m s.n.m., siendo estas medidas en el fondo del valle del río Llico hasta la cima del cerro El Padre, siendo aquí encontrados con tramos expuestos que corresponden a cortes de caminos y tiene potencias de hasta algunas decenas de metros (Figura 4.1).

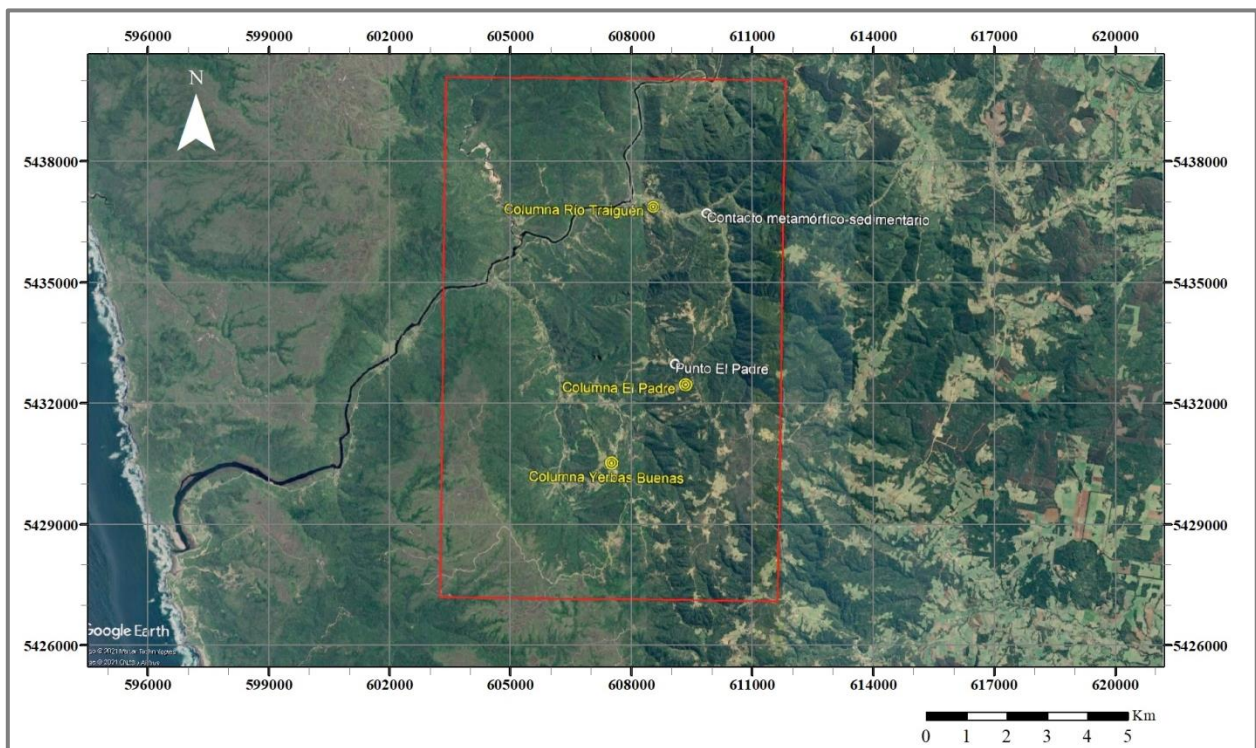


Figura 4.1. Mapa de ubicación de los puntos de interés donde se levanta las columnas estratigráficas.

En estos afloramientos es posible encontrar niveles con restos fósiles vegetales, siendo estos principalmente hojas y pequeños niveles carbonosos que se encuentran mayormente en

ciertos niveles de areniscas finas a fangolitas, aunque se encuentran en casi todos ellos en un estado de preservación mayormente pobre. Sin embargo en algunos niveles se pudo obtener fósiles mejor conservados, según se muestra en el capítulo 5 de esta memoria de título.

4.2. Descripción de columnas

4.2.1. Columna “El Padre”

Corresponde a un afloramiento muy pequeño, que alcanza los 29 metros de ancho y poco más de 3 metros de alto (Figura 4.2). Se encuentra muy cercano a la cima del cerro El Padre, hacia el Oeste de la divisoria de aguas. Se encuentra en las coordenadas UTM es 18G 609.345 m W / 5.431.849 m S, estando sus estratos dispuestos de manera sub-horizontal en un corte de camino con orientación NE-SO.

De manera general, la litología corresponde a fangolitas y areniscas de grano fino, en las que se encuentran niveles fosilíferos con restos de hojas y pequeños cuerpos carbonosos.



Figura 4.2. Afloramiento “El Padre”, vista hacia el Sur.

La secuencia “El Padre” descrita de base a techo es la siguiente (Figura 4.3):

- **Tramo 1 (T1):** 30 cm de fangolitas de color gris claro en superficie fresca a amarillo anaranjado en superficie alterada. La estructura no es visible debido al elevado grado de fracturamiento y pobre consolidación que presenta la roca.

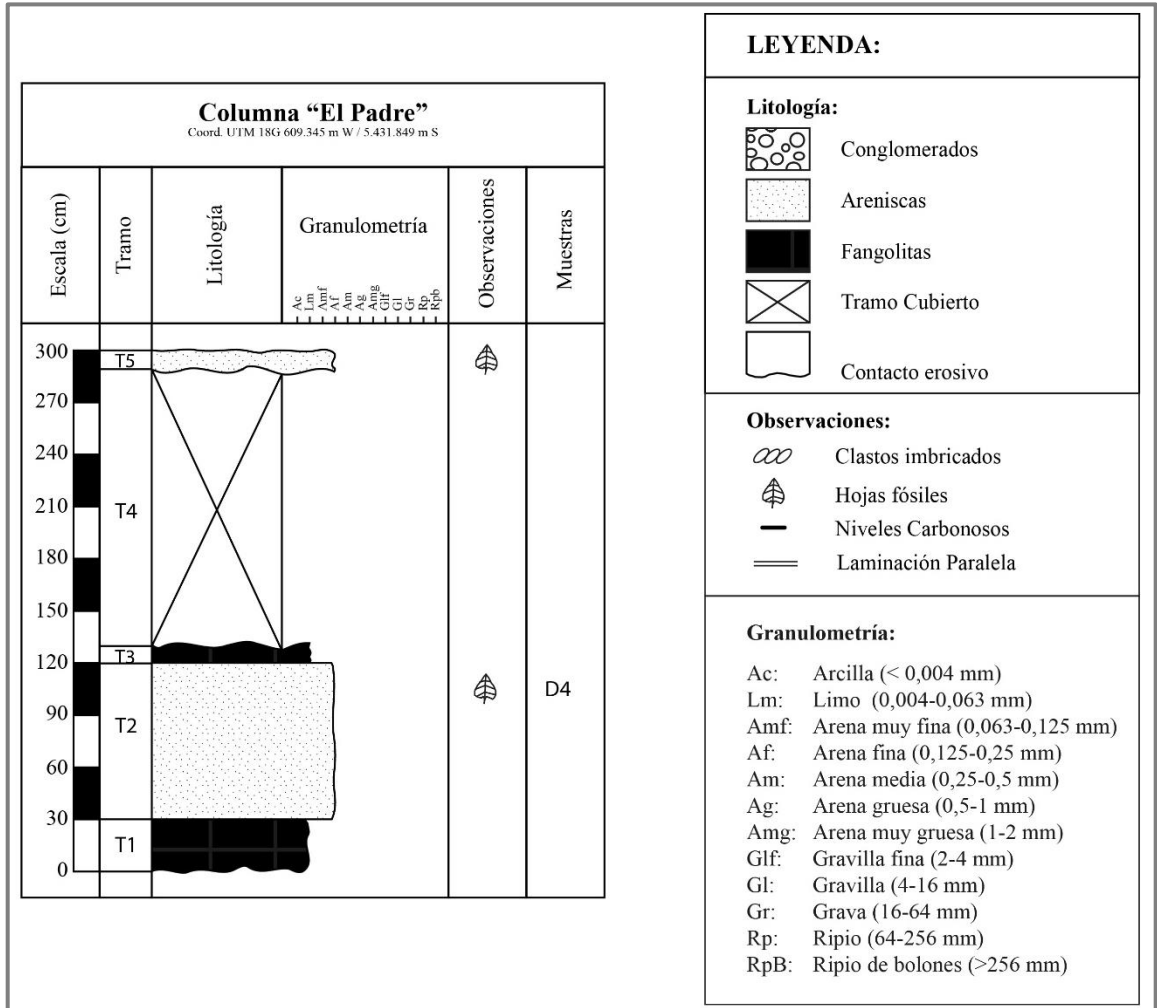


Figura 4.3. Columna estratigráfica "El Padre". Escala en centímetros.

- Tramo 2 (T2):** Arenisca fina de 90 cm de espesor, de color gris amarillento en superficie fresca a amarillo anaranjado en superficie alterada. Se puede apreciar una débil laminación paralela en pequeños sectores, pero se encuentra mayormente fracturada y es superficialmente disgregable. Su composición es cuarzo-micácea con un elevado contenido de arcilla. Corresponde al nivel de donde se tomó las muestras fósiles con código D4. Estos han sido tentativamente agrupados en el presente trabajo en los géneros *Nothofagus* sp., *Cinnamomum* sp., *Nectandra* cf. *Patagónica*, *N.* cf. *prolifera*, *Ocotea* sp., *Triumfetta* cf. *irregulariter-serrata*, *Eucalyptus* sp., *Myrceugenia* sp., *Myrcia* cf. *Bagualensis*, *M.* cf. *deltoidea* forma *ovata*, *M.* cf. *reticulato-venosa*, *Qualea* cf. *patagonica*, *Phyllocladus* sp., *Eucryphia* sp., *Cupania* cf. *latifoloides*, *Phyllites* sp., *Chusquea* sp., además de Poales, Pteridophytas y aquenios (semillas).

- **Tramo 3 (T3):** 10 cm de fangolitas de color anaranjado, altamente meteorizado, con techo cubierto. Presenta restos carbonosos muy mal conservados de pequeñas dimensiones.
- **Tramo 4 (T4):** 1,5 m de tramo cubierto.
- **Tramo 5 (T5):** 10 cm de arenisca fina de color anaranjado que se encuentra altamente fracturado. Su composición es la misma que la arenisca fina anterior y está emplazada a lo largo en algunos sectores en la parte alta de la loma, tapada en la parte inferior por el tramo cubierto y en la parte superior por la capa de suelo. Hay presencia de hojas muy mal conservadas, de las cuales se observan débiles características que permiten identificarlas como tales.

4.2.2. Columnas “Yerbas Buenas”

El afloramiento corresponde a un corte de camino ascendente en el cerro en el que se ubica una iglesia Evangélica Pentecostal, en la localidad rural de Yerbas Buenas. Este corte de camino se encuentra rodeando el cerro, permitiendo el acceso de manera discontinua a distintos niveles de la columna estratigráfica, en la cual se encontró 3 niveles estratigráficos con restos fósiles vegetales en condiciones favorables, que permitieron su extracción y posterior descripción e identificación.

Se encuentra entre las coordenadas UTM 18G 607.506 m W / 5.430.457 m S y 607.674 m W / 540.176 m S. Los estratos presentan un débil manto de $\sim 5^\circ\text{E}$ en la parte superior y de 11°SW hacia la base, siendo diferente en la base de los niveles conglomerádicos, donde se encuentran irregularmente emplazados sobre los niveles inferiores debido que se encuentran en una discontinuidad erosiva. De manera general, la granulometría es granodecreciente de base a techo, estando los niveles conglomerádicos hacia esa porción del afloramiento. Se describe la columna en un total de 3 puntos cercanos, en el primero se observa la columna completa con una orientación aproximada NE/SW (Figura 4.4a y 4.4b), con un afloramiento de aproximadamente 140 m de largo total y los siguientes mostrando únicamente los niveles superiores de la columna, con orientaciones N/S (afloramiento de aproximadamente 106 m de largo) y E-NE/W-SW (afloramiento de aproximadamente 19 m de largo) al dirigirse hacia el sur (Figuras 3.5 y 3.6 respectivamente).

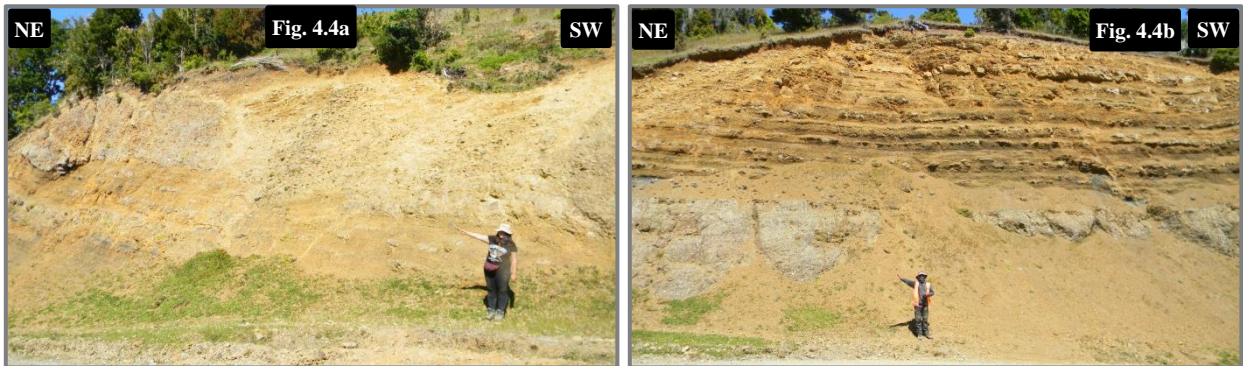


Figura 4.4. Punto de la columna “Yerbas Buenas A”, sección frontal (Norte): **Figura 4.4a.** Sección basal de la columna “Yerbas Buenas A”, manteo aparente de 11°SW; **Figura 4.4b.** Sección superior de la Columna “Yerbas Buenas”, manteo de sub-horizontal.



Figura 4.5. Punto de la columna “Yerbas Buenas B”, segmento central del afloramiento N/S, manteo sub-horizontal, sección lateral (Este).



Figura 4.6. Punto de la columna “Yerbas Buenas C”, segmento central del afloramiento E-NE/W-SW, manteo sub-horizontal, sección posterior (Sur).

La secuencia “Yerbas Buenas A” descrita de base a techo es la siguiente (Figura 4.7):

- **Tramo 1 (T1):** 1,6 metros de arenisca gruesa a media, dispuesta de forma grano-decreciente. Color gris-amarillento, de composición principalmente cuarcífera, con

menores cantidades de biotita. Su base se encuentra cubierta por sedimento desprendido de las capas superiores.

- **Tramo 2 (T2):** Nivel de 1,7 metros, disposición granodecreciente que va de arenisca gruesa a arenisca fangosa, siendo las areniscas de color amarillo anaranjado en superficie alterada y gris en superficie fresca, mientras que la arenisca fangosa presenta un color pardo anaranjado en superficie alterada y pardo grisáceo en superficie fresca. Su composición es la misma del nivel estratigráfico anterior. Se encuentra dispuesta de forma continua sobre el nivel anterior e igualmente bajo el siguiente.
- **Tramo 3 (T3):** 0,9 metros de conglomerado con clastos menores a 13 cm, bien redondeados y de baja esfericidad, de composición de líticos metamórficos (metaarenita y filita) y matriz de arenisca cuarcífera gruesa. Su color es gris amarillento en superficie alterada y gris clara en superficie fresca. Manteo aparente medido hacia el techo de 11°SW.
- **Tramo 4 (T4):** 1,6 m de una alternancia de niveles decimétricos de fangolita y areniscas finas. Se observa lentes arenosos aleatoriamente dispuestos en el nivel, siendo el mayor de ellos de 0,6 m de alto por aproximadamente 3 m de ancho. La composición mineralógica es igual a las antes descritas. Su color es pardo anaranjado en superficie alterada y pardo en superficie fresca en las fangolitas y gris en las areniscas. Se encuentra dispuesta de manera continua sobre el nivel anterior e irregular bajo el estrato superior.
- **Tramo 5 (T5):** 4,1 metros de conglomerado clastodecreciente de manera gradual, los líticos van de bien redondeados a subredondeados de base a techo y baja esfericidad, su composición es metamórfica, la moda granulométrica en la base es de 15 cm y 4 cm hacia techo. Matriz de arena cuarcífera gruesa. Fábrica clasto soportada hacia la base a matriz soportada hacia el techo. Está depositado con un contacto erosivo sobre el nivel anterior y continuo bajo el nivel siguiente.
- **Tramo 6 (T6):** Nivel de 1,4 m de areniscas gruesas granodecreciendo hasta fangolita. Las características son similares a lo antes descrito para las mismas granulometrías.
- **Tramo 7 (T7):** Conglomerado de 2,4 metros de potencia, granodecreciente con la mayor parte de los clastos de 10 a 3 cm hacia la base y 1 a 0,3 cm hacia el techo. Composición clástica similar a conglomerados antes descritos, pero ahora se agrega la ocasional presencia de clastos graníticos alterados. La matriz es más fina, con un contenido mayor

de arcilla, pero continúa la amplia predominancia de las arenas. Fábrica clasto soportada. Color pardo amarillento general.

- **Tramo 8 (T8):** Estrato de 1,3 m compuesto por areniscas medias pardo amarillentas con un descenso granulométrico hasta llegar a lutitas de color pardo grisáceo. Se presenta en varias capas paralelas a la superficie de depositación, posiblemente correspondiendo a una laminación paralela. La roca es altamente disgregable en pequeños fragmentos. Su disposición es continua y paralela sobre el estrato infrayacente e irregular bajo la capa sobreyacente.
- **Tramo 9 (T9):** Conglomerado de 4,5 metros, los clastos presentan una media de 7 cm en la base a 2 cm hacia techo, subredondeados y mayormente presentan una baja esfericidad. Su composición es de líticos metamórficos y granítico (plagioclasas altamente alteradas a arcilla). Matriz compuesta principalmente por areniscas cuarcíferas medias, con un menor contenido fangoso. Fábrica clasto soportada. La roca expuesta es moderadamente disgregable.
- **Tramo 10 (T10):** Nivel de arenisca media a fina, de base a techo, de grosor que disminuye hacia el oeste, siendo medido de 1,5 a 0,4 metros. Composición cuarcífera con presencia baja de micas blancas y negras. Color amarillento en superficie alterada a gris en superficie fresca. Depositado de manera continua sobre el estrato inferior y es cortado y erosionado por el nivel superior, presentando un contacto altamente irregular. Presenta restos foliares vegetales, los cuales fueron rotulados bajo el código B5. En el capítulo 4 del presente trabajo, las muestras fósiles son descritas y clasificadas como *Nothofagus* sp., *Nectandra* sp., *N. cf. patagonica*, *Ocotea* sp., *Triumfetta cf. irregulariter-serrata*, *Eucalyptus* sp., *Myrceugenia* sp., *Myrcia* sp., *M. cf. bagualensis*, *M. cf. deltoidea* forma *ovata*, *M. cf. reticulato-venosa*, *Qualea cf. patagonica*, *Eucryphia* sp., *Cupania cf. latifoloides*, *Phyllites* sp., *Chusquea* sp., además de grupos indeterminados de Myricaceae, Myrtaceae y Poales.
- **Tramo 11 (T11):** Potente nivel conglomerádico, de aproximadamente 12 metros de espesor. Clastos mayoritariamente metamórficos (metapelitas y metareniscas), con cantidades menores (<5%) de arenisca, cuarzo y granitoides (en ese orden). Son redondeados y principalmente presentan una baja esfericidad, aunque mayor que en los conglomerados antes descritos, con diámetro aproximado de 5 cm de media. Matriz

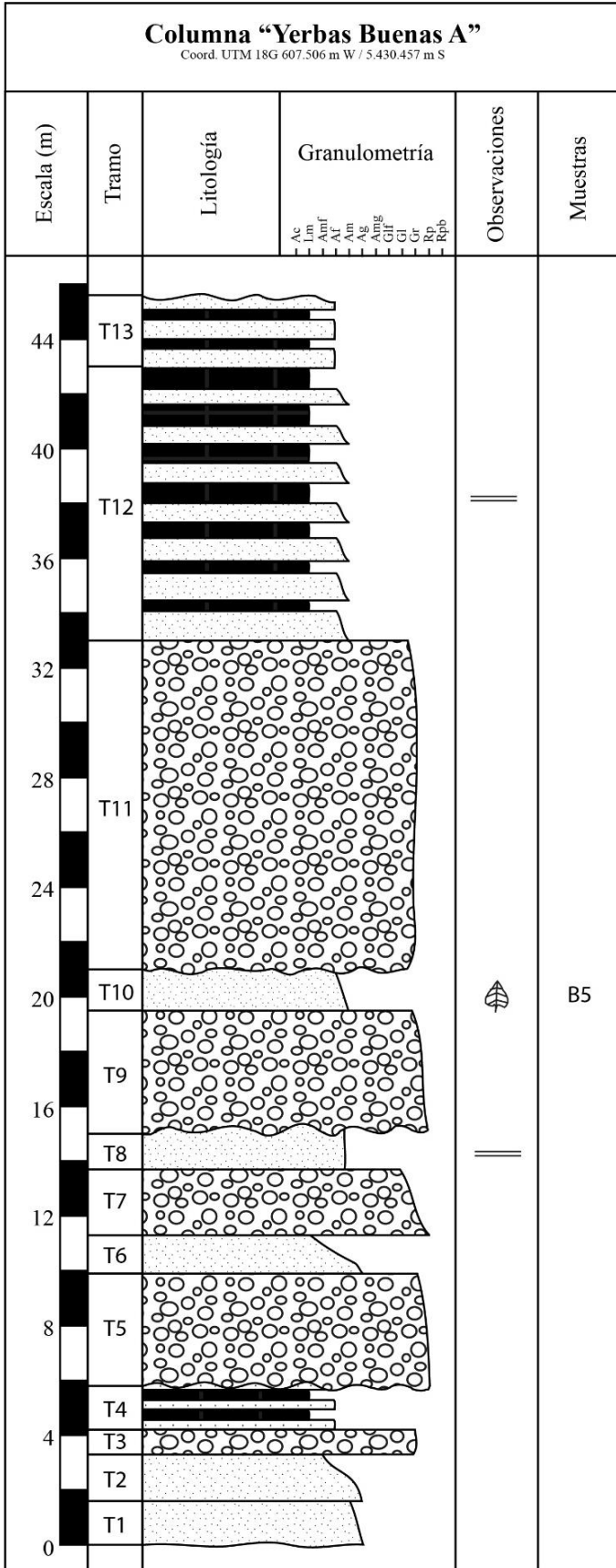


Figura 4.7. Columna estratigráfica "Yerbas Buenas A", sección al Norte del cerro. Escala en metros.

arenosa, cuarcífera y de bajo contenido micáceo. Fábrica clasto soportada. A partir de este estrato el manteo de los estratos se hace sub-horizontal, medido en el techo en 5°E. Color gris.

- **Tramo 12 (T12):** 10 metros de una intercalación de areniscas medias a finas y fangolitas, siendo los niveles de arenisca cada vez menos potente a medida que se sube estratigráficamente, mientras que los niveles de fangolita se hacen más gruesos. Las areniscas son cuarcíferas, con 1-2% de biotita, grises, mientras las fangolitas son de color gris oscuro. Ambas rocas presentan una laminación paralela notoria. Presenta un alto nivel de meteorización.
- **Tramo 13 (T13):** Secuencia de areniscas finas y fangolitas de 2,6 metros de grosor, los niveles de areniscas son más gruesas que las fangolitas, hasta perderse hacia el techo debido al efecto de la meteorización que origina un suelo de aproximadamente 1,2 metros.

La secuencia “Yerbas Buenas B” (Figura 4.8) de manera general corresponde a una secuencia de fangolitas y areniscas finas, de potencias variables, emplazadas de manera continua y paralela, de coloración anaranjada producto de la alteración meteorológica. Su emplazamiento se encuentra entre 10 y 15 metros sobre la cota del afloramiento Norte, junto a que los estratos son sub-horizontales, corresponderían a los niveles superiores de la columna, con un segmento intermedio indeterminado. El afloramiento tiene una altura de aproximadamente 6 metros de alto y 106 metros de ancho, siendo prácticamente vertical y estando constantemente cubierta por materia desprendido desde niveles superiores, no permite una medición exacta de cada nivel, pero se puede identificar al menos 11 niveles de potencias variables que ocupan poco menos de 4 metros del total del afloramiento, donde se mide con exactitud sólo los primeros 6 niveles, siendo estos 10 cm de areniscas medias, 40 cm de areniscas finas, 50 cm de areniscas medias, 20 cm de areniscas fangosas, 50 cm de areniscas finas y 30 cm de areniscas fangosas. Se ha encontrado restos vegetales foliares en el quinto estrato, de arenisca fina y ubicado entre los 1,2 y 1,7 metros sobre el nivel del camino, en el extremo sur del afloramiento. En el capítulo 4 del presente trabajo, las muestras fósiles son descritas y clasificadas bajo el código E1 como *Nothofagus* sp., *Nectandra* sp., *N. cf. patagonica*, *N. cf. prolifica*, *Triumfetta cf. irregulariter-serrata*, *Eucalyptus* sp., *Myrceugenia* sp., *Myrcia cf. bagualensis*, *M. cf. deltoidea* forma *ovata*, *M. cf. reticulatovenosa*, *Cupania cf. latifoloides*, *Phyllites* sp., además de un grupo indeterminado de Poales.

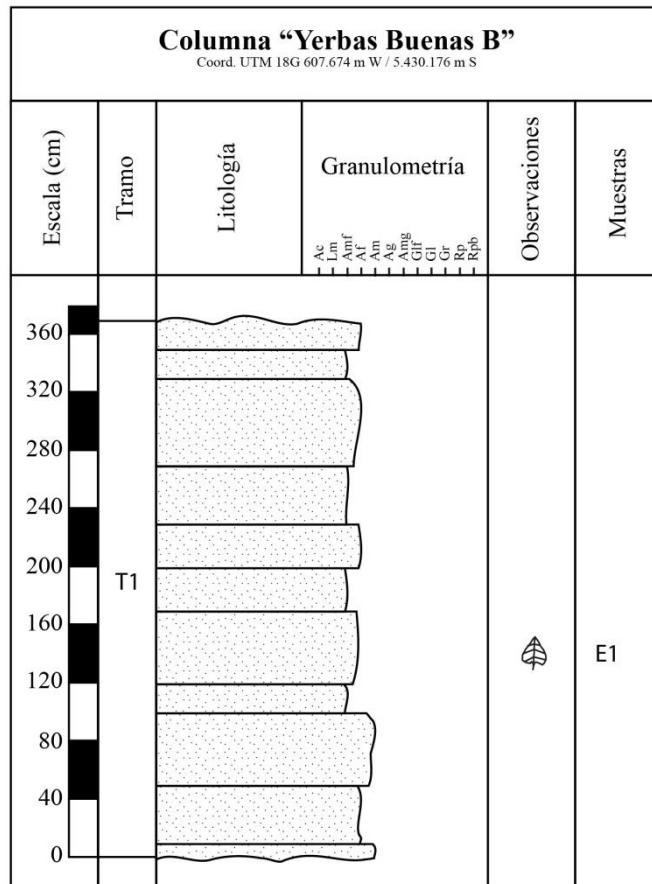


Figura 4.8. Columna estratigráfica "Yerbas Buenas B", sección al Este del cerro. Escala en centímetros.

La secuencia "Yerbas Buenas C" (Figura 4.9) corresponde igualmente a una secuencia de fangolitas y areniscas finas. En este caso el afloramiento es mucho menor, con 2,1 metros en su parte más alta y cerca de 19 m de ancho. En el afloramiento se ve 0,8 m de tramo cubierto en la base, seguido de 0,3 m de arenisca fina, 0,2 m de fangolita, 0,4 m de arenisca fangosa a fina y 0,4 m de fangolita cortada hacia el techo por suelo. En la mitad basal del penúltimo nivel, entre los 1,3 y 1,6 metros desde el suelo, se encuentra material fosilífero vegetal. Este material es descrito y clasificado en el capítulo 4 de este trabajo bajo el código D7, encontrando *Nothofagus* sp., *Nectandra* sp., *N. cf. patagonica*, *Ocotea* sp., *Triumfetta cf. irregulariter-serrata*, *Myrceugenia* sp., *Myrcia* sp., *M. cf. bagualensis*, *M. cf. deltoidea* forma *ovata*, *M. cf. reticulato-venosa*, *Eucryphia* sp., *Cupania cf. latifoloides*, *Phyllites* sp., además de un grupo indeterminado de

Myrtaceae. Se puede inferir que los estratos de este afloramiento son los mismos que están en la base del afloramiento Este, siendo posiblemente el mismo nivel con fósiles o estando al menos estratigráficamente muy cercano, ya que se encuentran muy próximos (~50 m) y a una altura similar (con respecto a lo medido en GPS en m s.n.m.).

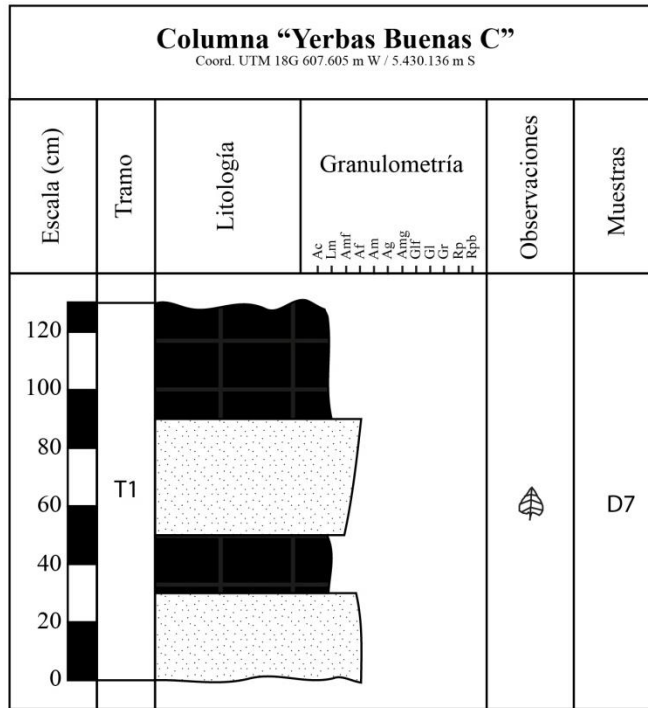


Figura 4.9. Columna estratigráfica "Yerbas Buenas C", sección al Sur del cerro. Escala en centímetros.

4.2.3. Columna "Río Traiguén"

La Columna "Río Traiguén" ha sido levantada sobre un perfil de camino de poco más de 500 metros de largo, orientándose en dirección NW-SE (Figura 4.10). El afloramiento se encuentra muy próximo a la conjunción de los ríos Traiguén y Llico, en la base del cerro El Encanto, con su extremo noroccidental ubicado en las coordenadas UTM 18G 608.393 m W / 5.436.951 m S. A grandes rasgos, corresponde a una secuencia de niveles conglomerádicos con intercalaciones de capas y lentes de arenisca y fangolita de menor potencia. Sus niveles son relativamente sub- paralelos con un rumbo y manteo N81°W / 16°SW. El afloramiento se

presenta en un estado de meteorización elevado, tendiendo a estar parcialmente cubierto por vegetación y material desprendido, presentando una coloración general anaranjada.



Figura 4.10. Perfil Columna “Río Traiguén”. Corte de camino con orientación NW-SE.

La secuencia “Río Traiguén” es descrita de base a techo (Figura 4.11):

- **Tramo 1 (T1):** Nivel de 1,8 m de una secuencia aleatoria de arenisca gruesa, media y fina, de potencias decimétricas y capas de mejor potencia de fangolita con pequeños cuerpos centimétricos de carbón. Las coloraciones van de gris parduzco en las areniscas a pardo oscuro en las fangolitas. Tanto la base como el techo se encuentran cubiertos.
- **Tramo 2 (T2):** Tramo cubierto equivalente a 10,5 metros de potencia.
- **Tramo 3 (T3):** 6,6 metros de conglomerado matriz soportado con grandes clastos de hasta 40 cm de arenisca y hasta 10 cm de metamórfico. Angulares y moderadamente esferoidales, con distribución aleatoria. Matriz de gravilla a arena gruesa de composición principalmente cuarcífera, pero con importante presencia de fragmentos metamórficos. Base cubierta.
- **Tramo 4 (T4):** 2,7 metros de arenisca media, gris, de composición cuarcífera. Contacto visualmente continuo en su base y techo.
- **Tramo 5 (T5):** Estrato de 1,1 metros de fangolita, de coloración gris oscura y altamente disgregable. Este nivel contiene restos vegetales, entre los que se distinguen hojas mal conservadas.

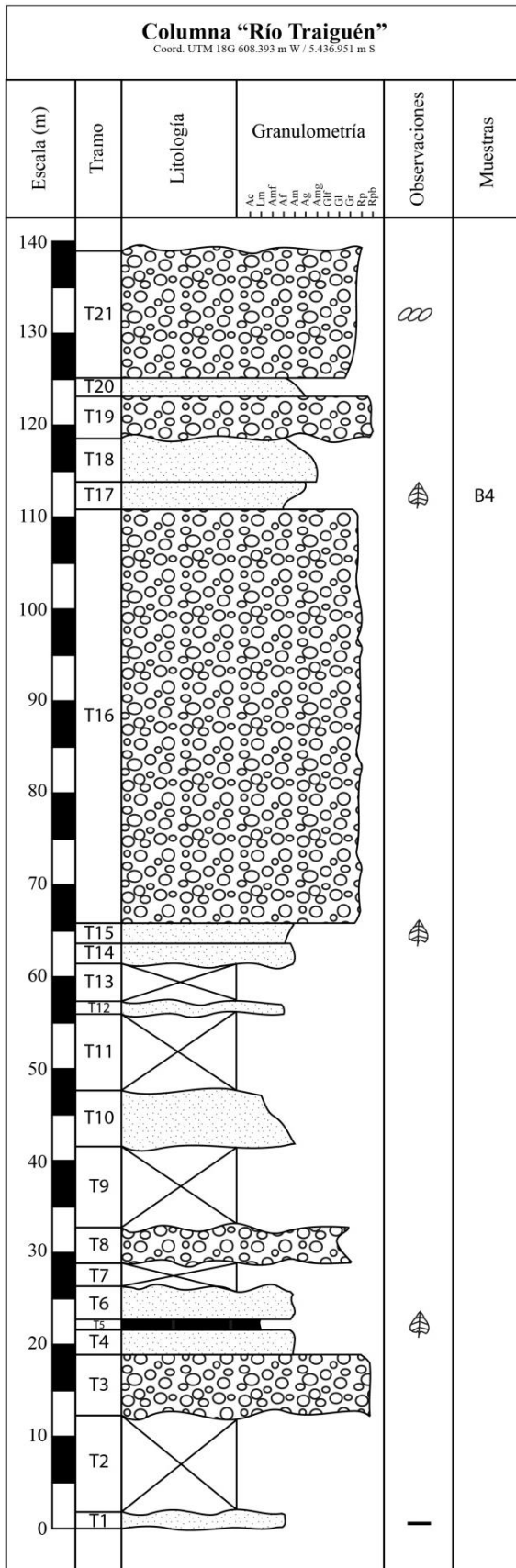


Figura 4.11. Columna estratigráfica "Río Traiguén". Escala en metros.

- **Tramo 6 (T6):** Nivel de 3,6 metros de arenisca media de color amarillento. Su base está en contacto continuo con el estrato inferior y su techo se encuentra cubierto por suelo.
- **Tramo 7 (T7):** 2,5 metros de tramo cubierto.
- **Tramo 8 (T8):** Capa de 3,9 metros de conglomerado medio en los extremos y fino al centro. Matriz soportado. Clastos de hasta 7 cm, composición sedimentaria (arenisca), metamórfica (metapelitas) y cuarzo. Subredondeados y de elevada esfericidad. Tanto la base como el techo se encuentran cubiertos.
- **Tramo 9 (T9):** 8,8 m de tramo cubierto.
- **Tramo 10 (T10):** Estrato granodecreciente de arenisca media a fangolita de 6,1 metros de espesor. Color gris claro en arenas medias a oscuro en niveles finos. Base y techo cubiertos por sedimento y vegetación.
- **Tramo 11 (T11):** 8,3 metros de tramo cubierto.
- **Tramo 12 (T12):** Arenisca fina de más de 1,4 metros de potencia. Su base se encuentra cubierta.
- **Tramo 13 (T13):** 4,1 m de tramo cubierto por vegetación.
- **Tramo 14 (T14):** 2,2 metros de arenisca media de color gris. Presenta un contacto continuo con el nivel superior y su base se encuentra cubierta.
- **Tramo 15 (T15):** Nivel de 2,2 metros de arenisca fina a fangosa de color gris oscuro. Presenta restos vegetales pobremente conservados e inidentificables.
- **Tramo 16 (T16):** 44,8 metros de conglomerado matriz soportado, clastos de entre 3 y 25 cm, con distribución y orientación aleatoria en el estrato, subangulares y de baja esfericidad. Corresponden a metamórficos (metapelitas) y areniscas. Matriz arenosa. Contactos aparentemente continuos con respecto a los estratos sobre e infrayacentes.
- **Tramo 17 (T17):** Capa de 3 metros, granocreciente desde arenisca fina a gruesa, con pequeños y escasos granos de alrededor de 1 cm. La arenisca fina presenta una coloración gris oscura y en ella se encuentran fósiles foliares en un estado de preservación regular, los cuales han sido descritos y clasificados en el capítulo 4 del presente trabajo bajo el código B4 como *Nothofagus* sp., *Nectandra* sp., *Eucalyptus* sp., *Myrcia* cf. *bagualensis* forma *ovata*, *Eucryphia* sp., *Cupania* cf. *latifoloides*, *Phyllites* sp.

- **Tramo 18 (T18):** 4,7 metros de arenisca cuya granulometría decrece constantemente desde arenisca muy gruesa con clastos finos (~1 cm) hasta arenisca fina. Color gris claro en la parte más gruesa y más oscura en la zona fina. Composición cuarcífera.
- **Tramo 19 (T19):** Conglomerado matriz soportado de 4,6 metros de espesor. Sus clastos alcanzan los 30 cm, con clastos líticos de arenisca a arenisca conglomerádica, metamórficas muy meteorizadas y en menor medida, cuarzo. están bien redondeados y son subesféricos. Matriz de arenisca cuarcífera gruesa. Su contacto es erosivo en la base y continuo con el nivel sobreyacente. Rumbo/manteo medido en su base N81°W/16°SW, aunque cabe recalcar que la superficie es irregular.
- **Tramo 20 (T20):** Estrato de 2 metros que granodecrece de arenisca gruesa a fina. Color gris en sección fina.
- **Tramo 21 (T21):** Nivel de a lo menos 13,8 metros de conglomerado matriz soportado, con tamaño que varía entre los 2 y 15 cm hacia techo y características similares a conglomerado anterior. Clastos con imbricación media de 120° con respecto a la horizontal (aproximadamente 104° con respecto a la base del estrato). Su techo está cubierto por suelo y material de derrubio, mientras que su base está dispuesta en un contacto continuo sobre el nivel anterior.

De manera adicional, cabe destacar que siguiendo por el camino en dirección Este, a poco más de un kilómetro desde el extremo oriental del perfil, se encuentra el contacto de la roca sedimentaria (conglomerado) con el cuerpo metamórfico del Complejo Metamórfico Bahía Mansa (UTM 18G 609.884 m W / 5.436.702 m S), midiendo su rumbo y manteo aproximado en N34°W / 69°SW (Figura 4.12).

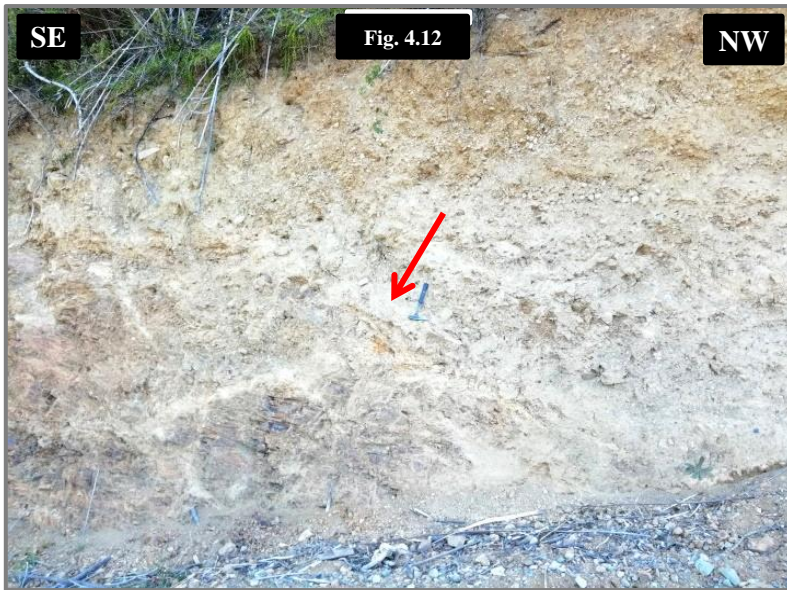


Figura 4.12. Contacto CMBM (parte inferior izquierda) y nivel de conglomerado de los Estratos de Cheuquemó (parte superior derecha) en el área de estudio.

4.2.4. Punto “El Padre”

Aproximadamente 500 metros al Noreste del afloramiento de la columna “El Padre”, se encuentra un muy pequeño afloramiento de alrededor de 50 cm de alto y poco más de un metro de largo (Figura 4.13), de coordenadas UTM 18G 609.086 m W / 5.432.961 m S. Llama la atención debido a su marcado color gris blanquecino, que destaca en un entorno altamente alterado y cubierto por la vegetación. La roca corresponde a una arenisca fangosa, con un elevado contenido cuarzo-micáceo (micas blancas) y arcilla en general. Se encuentra laminada, pudiendo ser estas capas removidas con relativa facilidad. Este punto es destacado debido a que aquí se tomó las muestras descritas y clasificadas en el capítulo 4 de este trabajo bajo el código B10 como: *Nothofagus* sp., *Nectandra* sp., *Nectandra cf. patagonica*, *Ocotea* sp., *Triumfetta cf. irregulariter-serrata*, *Eucalyptus* sp., *Myrceugenia* sp., *Myrcia* sp., *Myrcia cf. deltoidea* forma *ovata*, *Myrcia cf. reticulato-venosa*, *Eucryphia* sp., *Cupania cf. latifoloides*, además de especies indeterminados de Myrtaceae y Cupressaceae.



Figura 4.13. Muestras foliares fósiles *in situ*, *Nothofagus* sp. (ejemplar ancho a la izquierda) y *Cupania cf. latifoloides* (hojas alargadas hacia la derecha).

4.3. Correlación estratigráfica y ambiente de sedimentación

Las columnas presentadas se pueden correlacionar ubicando la columna “Río Traiguén” en la base, con su composición principal de estratos conglomerádicos de potencias decimétricas, intercalados con niveles métricos de areniscas medias y gruesas y un contenido fósil limitado.

Sobre esta se puede ubicar la columna “Yerbas Buenas A”, cuya base es similar a los niveles de la columna anterior, y correspondería al mismo tipo de depósitos, mientras que hacia su parte superior se pueden encontrar estratos de arenisca y fangolitas. Estos niveles pueden ser asociados a depósitos de llanura de inundación.

Las columnas “Yerbas Buenas B”, “Yerbas Buenas C” y “El Padre”, además del “Punto El Padre” pueden ser asociadas a este segmento superior de “Yerbas Buenas A” o por sobre éste, pues comparten características litológicas, ángulo de manto sub-horizontal y presentan un contenido fósil similar.

La asociación litológica y sus características individuales, sumadas a la presencia del material fósil foliar identificable, permite inferir un ambiente de depositación fluvial, posiblemente originado por un río meandriforme, donde se diferencian niveles de depósito de canal y niveles de llanuras de inundación.

Los materiales de depósito de canal están conformados por conglomerados matriz soportados con abundantes clastos decamétricos y en menor medida clasto soportados, además de

niveles de arenisca gruesa a media. Estos clastos son redondeados a subredondeados, indicando un grado de retrabajo del clasto moderado a alto. Los clastos son de origen mayormente metamórfico, por lo que se infiere son derivados del CMBM. Se observa, de igual manera, una tendencia granodecreciente en los estratos conglomerádicos y de arenisca gruesa.

Los niveles de llanura de inundación corresponden a sucesiones de areniscas medias y finas y fangolitas. Estos niveles son menos potentes y predominan en la parte superior de la columna, aunque están igualmente presentes en las zonas más bajas de predominancia más gruesa, exponiendo una graduación característica en los depósitos de ríos meandriformes, y en los sectores que no se identifican es evidente que se produjo una erosión por las características basales de los conglomerados sobreyacentes. En estos estratos finos se encuentran los fósiles vegetales estudiados en este trabajo, que aunque mayormente fragmentados o incompletos son abundantes, otra característica de este tipo de depósitos

En general, aunque el contenido fosilífero presente en los niveles finos de la base de la columna es más escaso y se encuentra en un peor estado de conservación, es muy similar en su diversidad taxonómica con respecto a los niveles superiores, indicando que muy probablemente no existe un cambio significativo en las condiciones climático-ambientales durante el proceso de acumulación del material sedimentario.

5. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y ASOCIACIÓN TAXONÓMICA

Para la descripción y clasificación de las muestras obtenidas, se ha procedido a realizar una descripción morfológica de las distintas muestras, siguiendo la terminología de arquitectura foliar propuesta por Ash *et al.* (1999) en *Manual of Leaf Architecture* y el libro homónimo escrito por Ellis *et al.* (2009), junto a la reestructuración y simplificación realizada por Sandoval (2019), agrupándolas así según sus características arquitecturales individuales en distintos morfotipos, gracias a la utilización del con las cuales se realizó la mayor parte de la descripción que se puede ver en este capítulo, pero completando los huecos existentes con otras muestras, que pueden o no ser aquí mostradas por medio de fotografías y/o esquemas.

Para el desarrollo del presente trabajo, se ha obtenido un total de 847 muestras, las cuales corresponden mayormente a fragmentos foliares y han sido agrupadas en un total de 25 morfotipos de hojas de angiospermas dicotiledóneas y 5 grupos de flora no dicotiledónea (Tabla 5.1).

La clasificación taxonómica sugerida se ha desarrollado por medio de una comparación bibliográfica de las distintas publicaciones existentes para los diferentes afloramientos fósiles y actuales principalmente de Antártica, Argentina y Chile, con apoyo menor de material de Australia, Brasil, Borneo, Nueva Zelanda, entre otros, el cual ha sido eventualmente especificado para cada grupo.

Como se ha mencionado anteriormente, las muestras no se encuentran bien conservadas, prácticamente careciendo de hojas completas. Es por ello que dentro de los distintos morfotipos se agrupan hojas mayormente incompletas, las cuales serán subagrupadas en completas (al menos 90% de la hoja conservada), semicompletas (con aproximadamente más del 60% de la hoja conservada, junto a sus principales estructuras) e incompletas (menos del 60% de la hoja conservada).

Tabla. 5.1 Composición florística de la tafoflora identificada

Orden	Familia	Morfotipo	Órgano-especie
FAGALES	MYRICACEAE	25	Indeterminada
	NOTHOFAGACEAE	16, 18, 22, 23	<i>Nothofagus</i> sp.
LAURALES	LAURACEAE	6	<i>Cinnamomum</i> sp.
		7	<i>Nectandra</i> cf. <i>patagonica</i>
		21	<i>Nectandra</i> cf. <i>prolifera</i>
		9	<i>Nectandra</i> sp.
		2	<i>Ocotea</i> sp.
MALVALES	MALVACEAE	19	<i>Triumfetta</i> cf. <i>irregulariter-serrata</i>
MYRTALES	MYRTACEAE	1	Indeterminada
		3, 10	<i>Eucalyptus</i> sp.
		5, 11	<i>Myrceugenia</i> sp.
		8	<i>Myrcia</i> cf. <i>bagualensis</i>
		24	<i>Myrcia</i> cf. <i>deltoidea</i> forma <i>ovata</i>
		4	<i>Myrcia</i> cf. <i>reticulato-venosa</i>
	12	<i>Myrcia</i> sp.	
	VOCHYSIACEAE	14	<i>Qualea</i> cf. <i>patagonica</i>
PINOPSIDA	PHYLLOCLADACEAE	20	<i>Phyllocladus</i> sp.
ROSALES	CUNONIACEAE	15	<i>Eucryphia</i> sp.
SAPINDALES	SAPINDACEAE	17	<i>Cupania</i> cf. <i>latifoloides</i>
SCROPHULARIALES	OLEACEAE	13	cf. <i>Phyllites</i> sp.
PINALES	CUPRESSACEAE	26	Indeterminada
POALES	POACEAE	29	<i>Chusquea</i> sp.?
	Indeterminado	28, 30	Indeterminado
DIVISIÓN PTERIDOPHYTA	Indeterminado	27	Indeterminado

5.1. Angiospermas dicotiledóneas

Orden FAGALES Engler, 1892

Familia MYRICACEAE Richard ex Kunth, 1817

MYRICACEAE indeterminada

Morfotipo 25

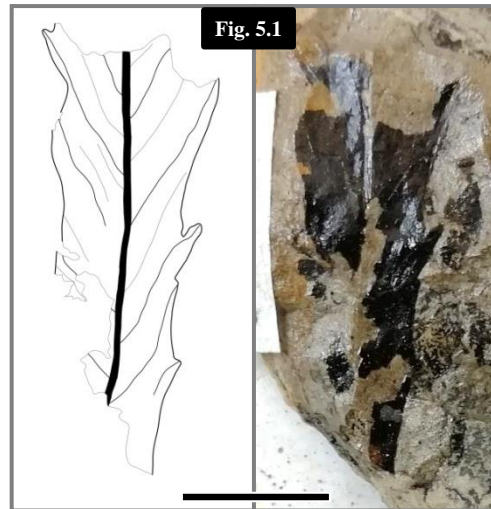
(Figura 5.1)

Grupo conformado por 4 fragmentos, largo medido de 3,1 cm y ancho de 1,2 cm. No es posible realizar la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) debido a que no se puede medir el largo real de las hojas.

Material descrito: B5-15; B5-17; B5-18; B5-25.

Hoja simple de margen serrado, forma no visible, aparentemente simétrica, ápice y base no visibles. El margen presenta 3 dientes de 1^{er} orden, 1 diente por cm, espaciación de los dientes es relativamente regular (0,9-1,05 cm), aunque la hoja se encuentra doblada y deformada, de forma apical y basalmente convexa, seno redondeado o angular, ápice simple y redondeado. La vena principal es pinnada, recta y de grosor constante y considerable. Venas secundarias craspedódromas simples, se cuentan 4 venas por lado dispuestas de manera alterna hacia el ápice, la espaciación es aparentemente irregular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto (32°-41°); variando uniformemente, recorrido recto a curvado. Contadas 1 a 2 venas intersecundarias por segmento intercostal.

Asociación taxonómica: Es difícil establecer una clasificación muy precisa de este morfotipo debido a las condiciones de conservación y el hecho de ser fragmentos de hojas. Sin embargo se ha encontrado gran parecido con los fragmentos asociados a la familia Myricaceae (Vento & Prámpano, 2018), con los que comparten características, aunque esos fósiles también corresponden a fragmentos incompletos. Varía con la descripción de *Myrica mira* (Berry, 1938) más que nada en que allí se indican ángulos de divergencia entre las venas secundarias y la primaria de más de 45° (con la moda más cercana a los 60°) y no se indica la presencia de intersecundarias.



Escala = 1 cm.

Orden FAGALES Engler, 1892

Familia NOTHOFAGACEAE Kuprian, 1962

Género *Nothofagus* Blume, 1851

Nothofagus sp.1

Morfotipo 16

(Figura 5.2)

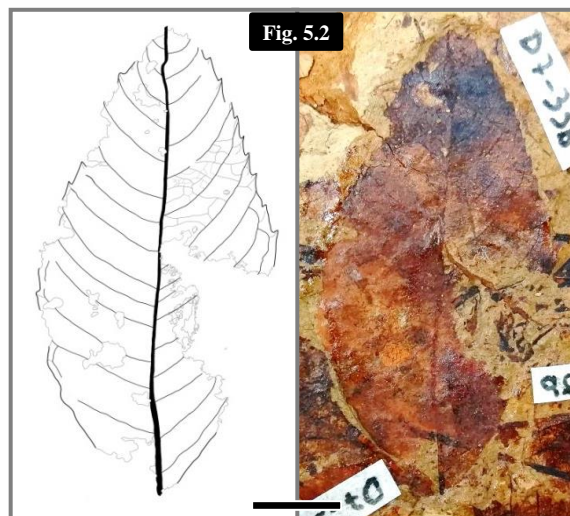
Grupo conformado por 2 muestras completas, 7 muestras semicompletas y 29 muestras fragmentadas, largo mayor a 5,5 cm y ancho de 2,7 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila.

Material descrito: B5-76; B10-38; D4-1; D4-2; D4-3; D4-12; D4-42; D4-47; D4-55; D4-58; D4-94; D4-95a; D4-95b; D4-106; D4-117; D4-129; D4-150a; D4-150b; D4-159; D4-160; D4-161; D4-162; D4-227; D4-240; D4-263; D4-295a; D4-295b; D4-311; D4-329; D4-331a; D4-331b; D4-340a; D4-340b; D4-373a; D4-373b; D4-387a; D4-387b; D4-408; D7-9; D7-12a; D7-12b; D7-28; D7-31; D7-33a; D7-33b; E1-21; E1-32; E1-130.

Hoja simple de margen serrado o crenado (visible levemente), forma elíptica, base asimétrica, ápice agudo o recto, base convexa, de ángulo agudo, posición petiolar marginal. El

margen presenta al menos 9 dientes de 1^{er} y 2^o orden (seguramente más del doble al agregar los no visibles), entre 3 y 4 dientes por cm, espaciación de los dientes es irregular, de forma apicalmente recta a cóncava y basalmente convexa, seno angular, ápice simple. La vena principal es pinnada, recta y de grosor levemente decreciente. Venas secundarias craspedódromas semicraspedódromas hacia la base y simple hacia el ápice, se cuentan al menos 14 venas por lado dispuestas de manera alterna hacia el ápice, la espaciación es irregular, con divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo moderado (45° - 69°); con tendencia a aumentar hacia la base, recorrido curvado uniforme hasta ramificarse justo antes de llegar al borde, uniéndose en la mitad basal a la secundaria superadyacente. Venas terciarias del segmento intercostal son de patrón percurrente mixto hacia el margen o reticulado irregular hacia la vena principal, ángulo con respecto a la vena principal mayormente agudo. Venación cuaternaria dispuesta de forma reticulada irregular.

Asociación taxonómica: Este morfotipo comparte muchas características con los miembros del género *Nothofagus*, siendo principalmente asemejado al actual *Nothofagus pseudoresinosa* de Nueva Guinea (Gandolfo & Romero, 1992 y Romero & Carrasco, 1982), con la principal diferencia de que en el presente morfotipo no se observa con claridad un margen crenado, existiendo la posibilidad de que el borde no esté bien conservado, o, que simplemente no sea crenado.



Escala = 1 cm.

Orden FAGALES Engler, 1892
 Familia NOTHOFAGACEAE Kuprian, 1962
 Género *Nothofagus* Blume, 1851

Nothofagus sp.2

Morfotipo 18

(Figura 5.3)

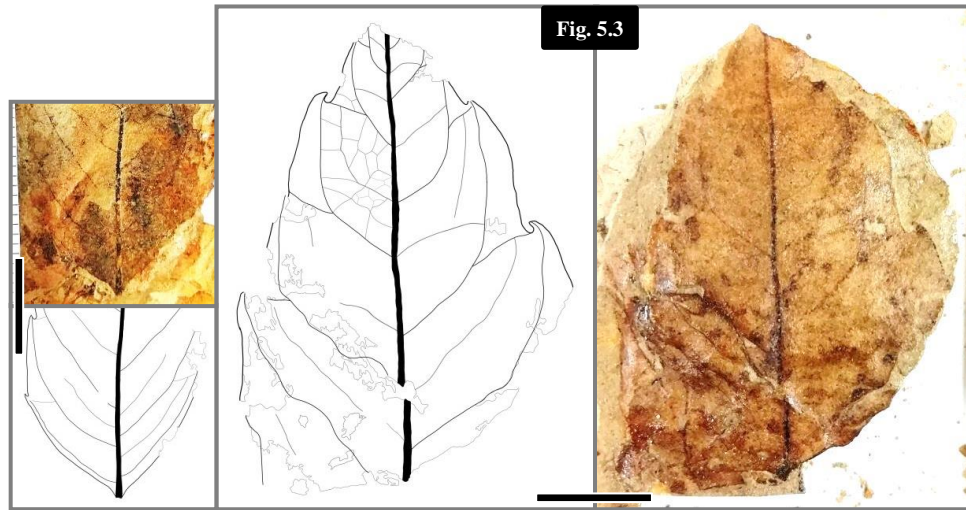
Grupo conformado por una muestra completa, 4 muestras semicompletas y 6 fragmentos, largo superior a 4,2 cm y ancho mayor a 1,9 cm, habiendo muestras semicompletas que indicarían un mayor tamaño. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila.

Material descrito: B5-7; B5-37; B10-18; B10-19; D4-154; D4-202; D4-244; D4-276; D4-315; D4-355; E1-123.

Hoja simple de margen serrado, forma ovada, simétrica, con ápice convexo a recto y base convexa, ambos de ángulo agudo. El margen presenta al menos 4 dientes de 1^{er} orden, cerca de 1 diente por cm, espaciación de los dientes es irregular, de forma apical y basalmente cóncava, seno redondeado, ápice simple. La vena principal es pinnada, recta y de grosor levemente decreciente. Venas secundarias craspedódromas simples, se cuentan al menos 6 venas por lado dispuestas de manera alterna hacia el ápice, la espaciación es irregular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto a moderado (36°-62°); con tendencia a agudizarse hacia el ápice, recorrido curvado abrupto; ramificándose a medio camino para unirse a la vena secundaria subadjunta en el diente. Venación intersecundaria aparentemente simple y débil que termina al unirse a la vena ramificada que se une a la secundaria en el diente. Venas terciarias de patrón reticulado irregular, ángulo con respecto a la vena principal mayormente agudo. Venación cuaternaria dispuesta de forma reticulada irregular.

Asociación taxonómica: Este morfotipo guarda cierta similitud con *Nothofagus fusca* (Carrasco & Romero, 1982; Gandolfo & Romero, 1992; Hill & Read, 1991 y Tanai, 1986), pero difiere en que aquí se ha identificado una venación intersecundaria que no se ha descrito en esa especie.

Cabe destacar que es posible, que debido al estado de conservación de las muestras dichas diferencias no existan realmente.



Escala = 1 cm.

Orden FAGALES Engler, 1892

Familia NOTHOFAGACEAE Kuprian, 1962

Género *Nothofagus* Blume, 1851

Nothofagus sp.3

Morfotipo 22

(Figura 5.4)

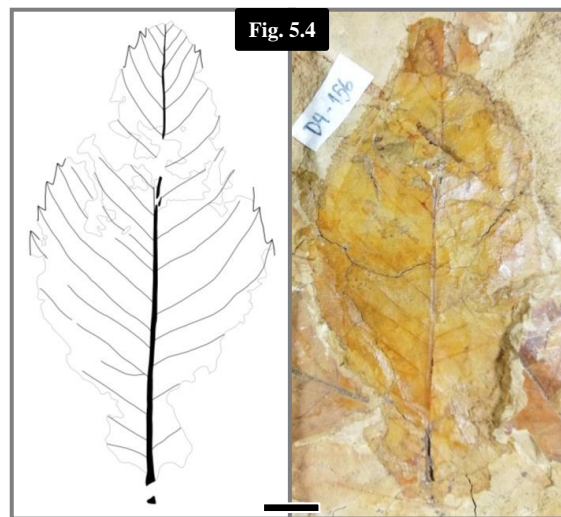
Grupo conformado por una muestra completa, 5 muestras semicompletas y 38 fragmentos, largo superior a 7,2 cm y ancho de 4 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila a, seguramente, notófila.

Material descrito: B4-4; B4-6; B4-22; B5-109; B10-34; B10-50; B10-58; B10-66; D4-14; D4-23; D4-26a; D4-26b; D4-29; D4-49; D4-70; D4-80; D4-81; D4-92; D4-96a; D4-96b; D4-120; D4-121; D4-127; D4-148a; D4-148b; D4-149a; D4-149b; D4-156; D4-164; D4-172; D4-174; D4-175; D4-176; D4-178; D4-180; D4-187; D4-191; D4-208a; D4-208b; D4-244a; D4-244b; D4-

245; D4-248; D4-256; D4-258; D4-307; D4-327a; D4-327b; D4-346; D4-365a; D4-365b; D4-383a; D4-383b.

Hoja simple de margen serrado, forma elíptica a ovada, simétrica, ápice recto, de ángulo agudo, base no visible, posición petiolar marginal. El margen presenta 6 dientes de 1^{er} orden, entre 2 y 3 dientes por cm, espaciación de los dientes es irregular, de forma apical cóncava y basalmente recta a convexa, seno angular, ápice simple y anguloso. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias craspedodromas simples, se cuentan 15 a 18 venas por lado dispuestas de manera alterna a subopuesta hacia el ápice, la espaciación es irregular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto a moderado (34° - 60°); variando irregularmente, recorrido débilmente curvado. Venación menor no visible.

Asociación taxonómica: Se ha comparado este grupo con muestras de *Nothofagus* encontradas en Gandolfo & Romero (1992), Okuda *et al.* (2006), Pujana *et al.* (2015) y Tanai (1986), sin llegar a ser asociado a una especie en concreto.



Escala = 1 cm.

Orden FAGALES Engler, 1892

Familia NOTHOFAGACEAE Kuprian, 1962

Género *Nothofagus* Blume, 1851

cf. Nothofagus sp.4

Morfotipo 23

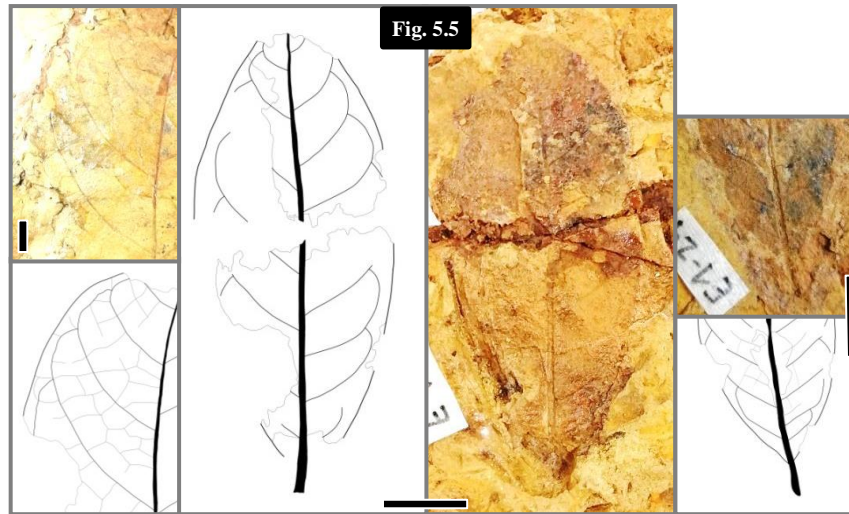
(Figura 5.5)

Grupo conformado por 3 muestras semicompletas y 23 fragmentos, largo de 5,3 cm y ancho de 2,5 cm, con hojas incompletas cuyo largo medido supera los 12 cm (posiblemente alcance los 17 cm por proporciones) y 7,7 cm de ancho. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila a, seguramente, mesófila.

Material descrito: B5-32; B5-64a; B5-64b; B5-105; B10-4; B10-10; D4-37; D4-77a; D4-77b; D4-143; D4-179; D4-190; D4-212; D4-289a; D4-289b; D4-303a; D4-303b; D4-305; D4-325; D4-334; D4-371; D4-376a; D4-376b; D4-395; D7-11; D7-23; D7-35a; D7-35b; D7-36; D7-41a; D7-41b; E1-18; E1-29; E1-56; E1-99; E1-127; E1-134; E1-145; E1-162.

Hoja simple de margen entero, forma elíptica a obovada, simétrica, ápice no visible, pero posiblemente agudo a convexo, base cuneata de ángulo agudo, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta o levemente curvada y de grosor decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 7-8 venas por lado dispuestas de manera alterna hacia el ápice, levemente subopuesta en la base, la espaciación es relativamente regular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo moderado (48° - 68°); con tendencia a agudizarse hacia el ápice, recorrido levemente curvado hasta curvarse abruptamente antes del borde para formar bucles, uniéndose a la vena superadyacente con una vena secundaria adelgazada. Presenta de cero a una vena intersecundaria compuesta por segmento intercostal. Venación terciaria en patrón percurrente alterno a reticulado ortogonal.

Asociación taxonómica: El grupo presenta similitudes principalmente a las especies de *Nothofagus starkenborghii* (Gandolfo & Romero, 1992; Hill & Read, 1991 y Tanai, 1986) y *Nothofagus carrii* (Gandolfo & Romero, 1992 y Romero & Carrasco, 1982). Existe una similitud considerable con lo descrito como *Beilschmeidia* sp. en Sandoval (2019), pero difiere en que aquel presenta un ángulo entre la vena principal y secundaria menos agudo, base redondeada y mayor cantidad de venaciones secundarias (12 vs. 7-8).



Escala = 1 cm.

Orden LAURALES Jussieu ex Bercht. & J.Presl, 1820

Familia LAURACEAE Jussieu, 1789

Género *Cinnamomum* Schäffer, 1760

Cinnamomum sp.

Morfotipo 6

(Figura 5.6)

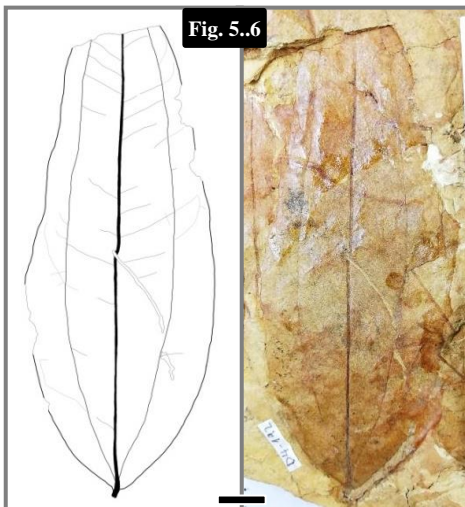
Grupo definido por una muestra completa y un fragmento, largo de al menos 10,1 cm y ancho de 4 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.* (1999) la muestra entra en la categoría de notófila.

Material descrito: D4-13; D4-192.

Hoja simple de margen entero, forma ovada, simétrica, ápice no visible y base convexa de ángulo agudo, posición petiolar marginal. La venación principal es acródroma suprabasal con desarrollo perfecto, 3 mm sobre la base en la hoja de mayor tamaño. Las dos venas laterales tienen un ángulo de divergencia con la vena media de 25°, el recorrido es curvado uniforme, siguiendo la curvatura marginal. Venación terciaria débilmente visible, siendo en el interior de patrón percurrente recto, con ángulo con respecto a la vena principal aproximada mente constante

y uniforme (no varía), mientras en el borde es curvada y forma bucles cerrados, siendo, aparentemente cubiertos por otros más pequeños.

Asociación taxonómica: Se asoció a este género debido a la coincidencia con las características expuestas en Vento & Prámpano (2018), además de las especies de dicho género encontradas en Borneo, Filipinas, Nueva Zelanda y Australia (Holden, 1982; Lillo *et al.*, 2020 y Wu-Kuang, 2011). Se podría comparar también al género *Dicotylophyllum* (en Birkenmajer & Zastawniak, 1989), pero difieren en forma foliar y basal, además de tamaño y edad (Cretácico-Paleógeno), al igual que al *Ziziphus chubutensis* (en Vento & Prámpano, 2018) pero a éste se le indica la presencia de un borde serrado y venación craspedódroma, además de una base alargada. Igualmente fue considerada la especie *Ripogonum americanum* (en Carpenter, 2014), pero difiere de este en que dicha especie presenta un ángulo basal obtuso y la venación terciaria marginal tiene un ángulo casi recto con respecto a la venación secundaria, siendo aquí más bien aguda.



Escala = 1 cm.

Orden LAURALES Jussieu ex Bercht. & J.Presl, 1820

Familia LAURACEAE Jussieu, 1789

Género *Nectandra* Roland ex Rottb.

Nectandra cf. patagonica

Morfotipo 7

(Figura 5.7)

Grupo conformado por 3 muestras completas, 7 muestras semicompletas y 18 fragmentos, de largo entre 1,8 y 8,3 cm y ancho entre 0,6 y 2,6 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.* (1999) la muestra entra en la categoría de nanófila a micrófila.

Material descrito: B5-58; B5-59; B5-62; B5-86; B5-94a; B5-94b; B10-61; B10-62; D4-25; D4-36; D4-217; D4-252, D4-253; D7-6; D7-45; E1-4; E1-10; E1-11a; E1-11b; E1-25; E1-42; E1-46; E1-58; E1-91; E1-92; E1-113a; E1-113b; E1-117; E1-126; E1-156; E1-172.

Hoja simple de margen entero, forma oblonga a ovada, simétrica, ápice no visible, pero se puede estimar agudo o acuminado, base convexa, ambos de ángulo agudo. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas festonadas, se cuentan al menos 6-7 venas por lado dispuestas de manera alterna con espaciación irregular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto a moderado (39° - 68°); variando irregularmente y con tendencia a ser más agudo en el lado izquierdo de la hoja, el recorrido es sinuoso. Venación intersecundaria simple y fuerte. Las venas terciarias presentan dos tendencias generales: en arcos que conforman el patrón festonado entre las venas secundarias y el borde de la hoja y de patrón percurrente alternado en los segmentos intercostales. Venación cuaternaria de patrón reticulado irregular.

Asociación taxonómica: A pesar de la ausencia de un ápice visible, se puede estimar que este es agudo o acuminado, lo que junto al resto de características visibles, coincide con las ilustraciones y descripciones hechas por Berry (1938) y Troncoso *et al.* (2002) para *Nectandra patagonica*. Se ha comparado también a la *Nectandra saltensis* (en Anzótegui, 1998), difiriendo de ésta por la forma marcadamente ovada que presenta y que sólo el ángulo de divergencia (1° - 2°) máximo de esta coincide con el ángulo mínimo de este morfotipo.



Escala = 1 cm.

Orden LAURALES Jussieu ex Bercht. & J.Presl, 1820

Familia LAURACEAE Jussieu, 1789

Género *Nectandra* Roland ex Rottb.

Nectandra cf. prolifica

Morfotipo 21

(Figura 5.8)

Grupo conformado por 5 muestras semicompletas y 10 fragmentos, largo superior a 5,2 cm y ancho mínimo medido de 1,6 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila.

Material descrito: D4-378a; D4-378b; D4-407; E1-2; E1-3; E1-26; E1-31; E1-35; E1-49; E1-63; E1-97; E1-118a; E1-118b; E1-133; E1-146; E1-150a; E1-150b; E1-152.

Hoja simple de margen entero, forma oblonga, simétrica, ápice no visible, base recta, de ángulo agudo, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas festonadas, se cuentan al menos 8 venas, la espaciación es uniforme, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto a moderado (34° - 60°); variando irregularmente, recorrido curvado a abrupto.

Venación terciaria intercostal percurrente opuesto y en arcos en los bordes, relación con el nervio central en ángulo obtuso, sin variación.

Asociación taxonómica: A pesar de lo incompleto de las muestras se ha comparado con lo expuesto para la especie en Berry (1938), Troncoso *et al.* (2002) y Vento & Prámpano (2018), pero en esta última se indican las venas terciarias intercostales como reticuladas, mientras que en el presente morfotipo se ha observado como percurrente opuesta.



Fig. 5.8
Escala = 1 cm.

Orden LAURALES Jussieu ex Bercht. & J.Presl, 1820

Familia LAURACEAE Jussieu, 1789

Género *Nectandra* Roland ex Rottb.

Nectandra sp.

Morfotipo 9

(Figura 5.9)

Grupo conformado por 5 muestras completas, 8 muestras semicompletas y 38 muestras fragmentadas, largo de 3,3 a 9,6 cm y ancho de 0,7 a 1,8 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila.

Material descrito: B4-18; B5-8; B5-27; B5-28; B5-30; B5-35; B5-56; B5-77; B5-80; B5-82; B5-85; B5-91; B5-95; B5-97; B5-122a; B5-122b; B10-3; B10-15; B10-31; D4-24; D4-124; D4-128; D4-146; D4-198; D4-223; D4-269a; D4-269b; D4-271; D4-304; D4-396; D7-39; E1-8; E1-27; E1-30; E1-40; E1-43; E1-48; E1-52a; E1-52b; E1-53; E1-59a; E1-59b; E1-80; E1-84; E1-98; E1-121a; E1-121b; E1-136; E1-143; E1-147; E1-148; E1-167a; E1-167b; E1-175.

Hoja simple de margen entero, forma elíptica, simétrica, ápice y base recto o agudo, ambos de ángulos agudos, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, levemente curvada y de grosor decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 13 venas por lado dispuestas de manera opuesta a levemente alternas en algunas muestras, la espaciación tiende a aumentar uniformemente hacia el centro, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto a moderado (40° - 63°); tendiendo a disminuir hacia el centro y hacia la derecha, recorrido curvo uniéndose a la secundaria superadyacente en bucle. Una o dos venas intersecundarias simples. Venación terciaria de patrón percurrente opuesto y recorrido recto, ángulo obtuso con respecto a la vena principal. Venación cuaternaria reticulada ortogonal.

Asociación taxonómica: Se ha considerado que la muestra corresponde al género *Nectandra*, pues presenta gran parecido a la especie actual de *Nectandra angustifolia* (Poszкус *et al.*, 2016), autóctona de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. Se ha hecho la comparación a las muestras de *Pouterlabatia lanceolata* descritas en Berry (1938) y Vento & Prámpano (2018), pero sus características conjuntas difieren con el material descrito en este grupo morfológico, ya que se indica estas presentan una base “estrechamente redondeada” y venación secundaria alterna, lo mismo para *Schinopsis* sp. (Panti, 2018 y Vento & Prámpano, 2018), donde se describe una base redondeada, tamaño mucho menor y proporciones distintas (4:1), además de venación terciaria intercostal reticulada y festonada en el exterior.



Escala = 1 cm.

Orden LAURALES Jussieu ex Bercht. & J.Presl, 1820

Familia LAURACEAE Jussieu, 1789

Género *Ocotea* Aublet, 1775

Ocotea sp.

Morfotipo 2

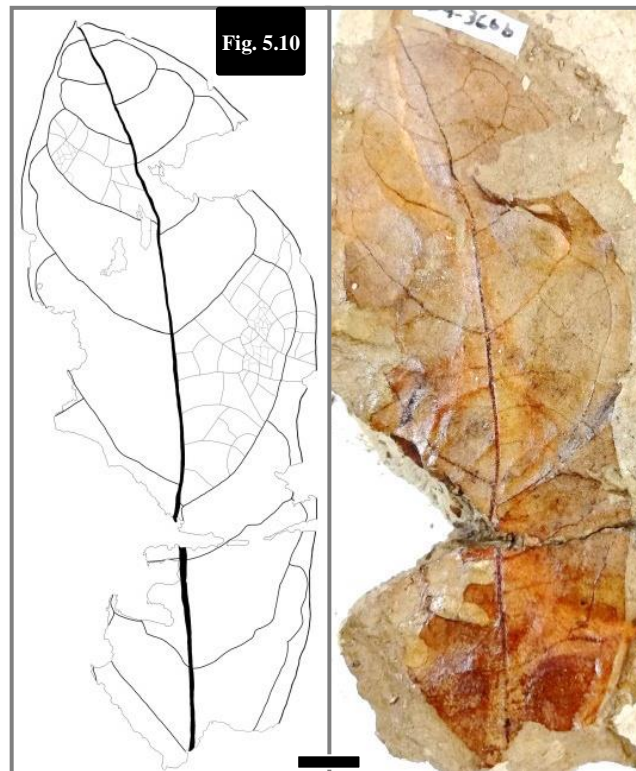
(Figura 5.10)

Grupo conformado por 2 muestras completas, 4 muestras semicompletas y 21 fragmentos, largo de entre 4,4 y 12,3 cm y ancho de 1,6 a 4,6 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en las categorías de micrófila a notófila.

Material descrito: B5-34; B5-50; B5-54; B5-79; B10-11; B10-17; B10-51; B10-59; D4-18; D4-33; D4-200; D4-215; D4-273a; D4-273b; D4-274; D4-296a; D4-296b; D4-301; D4-366a; D4-366b; D4-382; D4-389a; D4-389b; D7-16; D7-17; D7-20; D7-22; D7-38; D7-44; D7-46; D7-55.

Hoja simple de margen entero, forma obovada a elíptica, simétrica, ápice convexo de ángulo agudo y base no visible, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de grosor levemente decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 9-10 venas por lado dispuestas de manera subopuesta a alterna, la espaciación tiende a aumentar hacia el centro, aunque es irregular, la divergencia entre la vena media y las secundarias es de ángulo agudo moderado a ancho (46° - 85°); variando irregularmente, con recorrido curvo hasta unirse a las venas secundarias superadyacentes formando bucles, con uniones encerradas por arcos de venas terciarias. Venas terciarias de patrón reticulado irregular. Venación cuaternaria de patrón reticulado irregular.

Asociación taxonómica: Asociado según la comparación morfológica bibliográfica (en Hünicken, 1967; Troncoso, 1991 y Vento & Prámparo, 2018). Es posible comparar el Morfotipo con miembros del género *Laurophyllum* que presentan una venación similar, pero estas presentan un ángulo de divergencia de la vena secundaria más agudo (según Panti, 2018 y Troncoso, 1991).



Escala = 1 cm.

Orden MALVALES de Jussieu, 1789
 Familia MALVACEAE de Jussieu, 1789
 Género *Triumfetta* Linnaeus, 1753

Triumfetta cf. irregulariter-serrata

Morfotipo 19

(Figura 5.11)

Grupo conformado por una muestra completa, 3 muestras semicompletas y 18 fragmentos, largo de 6,4 cm y ancho de 3,4 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila.

Material descrito: B5-53a; B5-53b; B5-61; B5-78; B5-84; B5-92a; B5-92b; B10-2; B10-28; B10-56; D4-209; D4-237; D4-266a; D4-266b; D4-285; D4-292; D4-314; D4-317a; D4-317b; D4-321a; D4-321b; D4-356; D4-398; D4-400; D7-26; D7-34a; D7-34b; E1-7.

Hoja simple de margen dentado a serrado, forma elíptica, simétrica, ápice y base rectas, ambas de ángulo agudo, posición petiolar marginal. En el margen se identifican al menos 6 dientes de 1^{er} orden, comúnmente formados por una vena terciaria que prolonga la vena secundaria o intersecundaria, entre 2 y 4 dientes por cm, la espaciación de los dientes es irregular, de forma apicalmente recta y basalmente recta a convexa, seno redondeado, ápice simple. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias basalmente semicraspedódromas y apicalmente camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 7 venas por lado dispuestas de manera opuesta a subopuesta hacia el ápice, la espaciación tiende a aumentar hacia el centro, con divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto a moderado (48°-65°); con tendencia a agudizarse hacia la base, recorrido curvado abrupto hasta unirse a la vena superior. De cero a una vena intersecundaria fuerte y simple por cada segmento intercostal. Venación terciaria percurrente opuesta recta hacia la base y percurrente alternado hacia la zona media y superior, también hay venas terciarias que llegan al ápice de los dientes según el patrón antes indicado.

Asociación taxonómica: Las muestras que han sido agrupadas en este morfotipo coinciden apropiadamente a lo señalado para la especie en Berry (1938) y Sandoval (2019). En Caviglia & Zamaloa (2014) se confiere una muestra como *Triumfetta irregulariter-serrata*, la cual presenta un patrón de venación secundaria, separación y cantidad de estas diferente a lo mostrado en las fuentes antes indicadas.

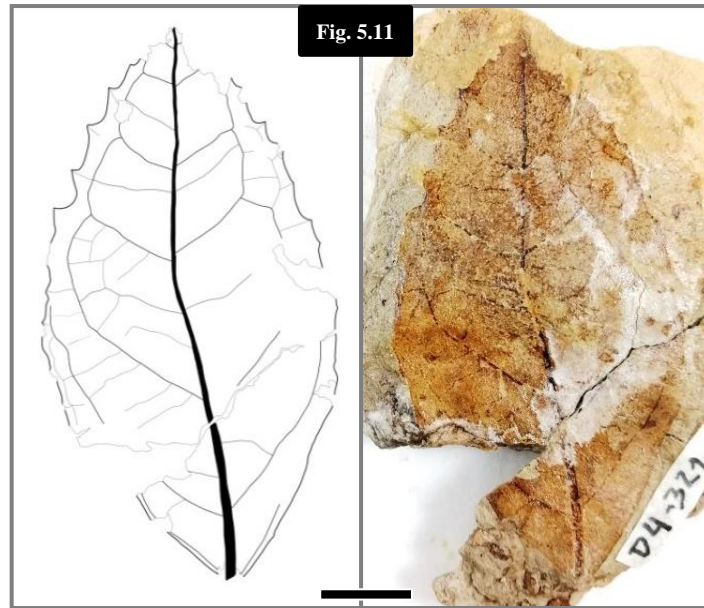


Fig. 5.11
Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Jussieu ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia MYRTACEAE Jussieu, 1789

MYRTACEAE indet.

Morfotipo 1

(Figura 5.12)

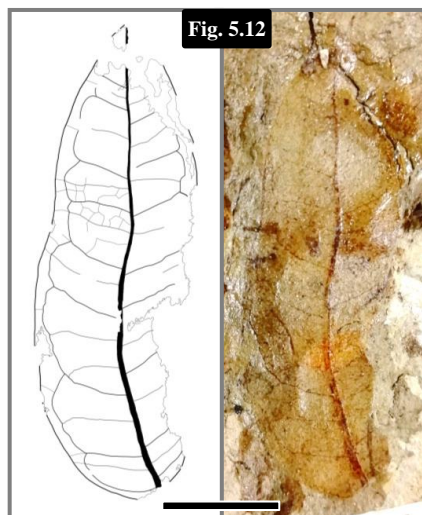
Grupo conformado por 8 muestras completas, 12 muestras semicompletas y 23 fragmentos, largo medido entre 2,8 y 6,7 cm y ancho de 1,1 a 2,6 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.* (1999) la muestra entra en las categorías de nanófila a micrófila.

Material descrito: B5-5; B5-13; B5-20; B5-21; B5-22; B5-26; B5-38a; B5-38b; B5-40; B5-47; B5-48; B5-49; B5-106; B5-114; B10-8; B10-33; B10-37; B10-43; B10-65; D4-76; D4-213; D4-

261; D4-265a; D4-265b; D4-288a; D4-288b; D4-320; D4-335; D4-337; D4-354; D4-370a; D4-370b; D4-381; D4-385a; D4-385b; D7-19; D7-24; D7-52; D7-53; E1-15; E1-39; E1-68; E1-86; E1-96; E1-110a; E1-110b; E1-132; E1-171; E1-176a; E1-176b.

Hoja simple de margen entero, posición petiolar marginal, forma oblonga a elíptica, simétrica, base convexa a redondeada y ápice posiblemente convexo o acuminado, ambos de ángulos agudos. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 8-9 venas por lado dispuestas de manera subalternada y espaciación irregular, la divergencia entre la vena media y las secundarias es de ángulo agudo moderado a ancho tendiendo a agudizar hacia el ápice (51° - 85°), recorrido suavemente curvado, uniéndose a la vena secundaria superadyacente en forma de bucle. Se observan una vena intersecundaria en cada segmento intercostal de tipo compuesto. Venas terciarias de patrón reticulado irregular.

Asociación taxonómica: No ha sido posible identificar en específico la especie o género del Morfotipo, aunque se ha acotado su correspondencia a los géneros *Myrcia* o *Eugenia* (en Berry, 1928; Caviglia & Zamalao, 2014; González, 2011a; González, 2011b; Panti, 2014; Sandoval, 2019 y Troncoso, 1991). La mayor similitud se ha identificado con la especie *Myrcia baguarensis* (en Berry, 1928; Caviglia & Zamalao, 2014 y Sandoval, 2019), pero esta muestra presenta una forma elíptica y venación intramarginal.



Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Juss. ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia MYRTACEAE Juss., 1789

Género *Eucalyptus* L'Héritier, 1788

Eucalyptus sp.1

Morfotipo 3

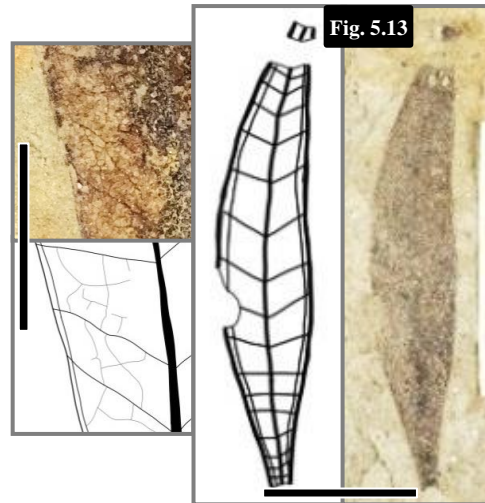
(Figura 5.13)

Grupo conformado por 1 muestra completa, 3 muestras semicompletas y 15 fragmentos, largo de 3,2 cm y ancho de 0,6 cm, habiendo muestras incompletas de mayor tamaño (6,3x1,1 cm). Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.* (1999) la muestra entra en la categoría de nanófila a micrófila.

Material descrito: B5-41; B5-69a; B5-69b; B5-71; B5-72; B5-112; B5-117a; B5-117b; B10-1; B10-21; B10-22; D4-169; D4-199; D4-257; D4-280; D4-283; D4-323; D4-336; D4-341a; D4-341b; D4-386a; D4-386b; E1-55.

Hoja simple, margen entero, forma elíptica, simétrica, base y ápice rectos o agudos, ambos de ángulos agudos, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 16 venas por lado dispuestas de manera opuesta, espaciación relativamente uniforme, divergencia entre la vena media y secundarias de ángulo recto (77° - 88°); disminuyendo hacia el ápice, recorrido recto. Venación intramarginal presente. Venación terciaria reticulada irregular.

Asociación taxonómica: Las características de este grupo es muy similar a las de la muestra de *Eucalyptus* sp. descrita en Vento & Prámparo (2018), con la diferencia de que los ángulos de divergencia de las venas secundarias del presente morfotipo tienden a ser en ángulo agudo tendiendo a recto.



Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Jussieu ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia MYRTACEAE Jussieu, 1789

Género *Eucalyptus* DC. Ex Guill., 1827

Eucalyptus sp.2

Morfotipo 10

(Figura 5.14)

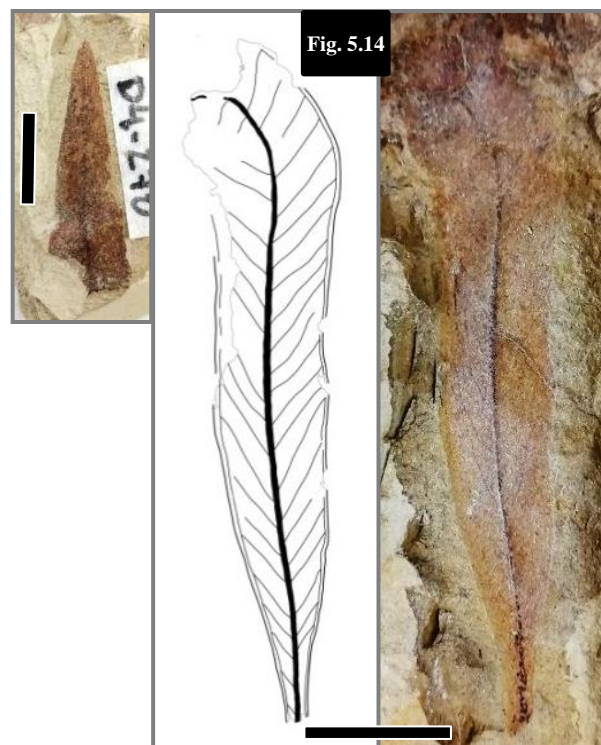
Grupo conformado por 3 muestras semicompletas y 39 muestras fragmentadas, largo máximo superior a 4,7 cm y ancho de 0,9 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran a lo menos en la categoría de micrófila.

Material descrito: B4-2; B4-3; B5-93a; B5-93b; B10-14; B10-24; B10-27; B10-29; B10-35; B10-36; B10-41; B10-54; D4-84; D4-177; D4-197; D4-256a; D4-256b; D4-262; D4-270; D4-272; D4-282; D4-286; D4-308; D4-319a; D4-319b; D4-328; D4-330; D4-332; D4-338a; D4-338b; D4-344; D4-345; D4-358; D4-369a; D4-369b; D4-372; D4-377a; D4-377b; D4-379; D4-380; E1-1; E1-5; E1-9; E1-12a; E1-12b; E1-22; E1-36; E1-107; E1-135.

Hoja simple de margen entero, forma oblonga, simétrica, ápice y base rectas o agudas, ambos de ángulos agudos, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de

grosor levemente decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan entre 20 y 22 venas por lado (siendo más en una hoja completa), la espaciación es mayormente uniforme, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto a moderado hacia las zonas más gruesas (35° - 61°), siendo más agudas hacia la base, recorrido recto a levemente curvo hasta unirse a la vena intramarginal. Venación de menor grado no visible.

Asociación taxonómica: A pesar de que no ha sido encontrada una muestra completa, los fragmentos pueden dar la idea de una hoja completa, según lo cual se puede hacer una correlación con las especies del género *Eucalyptus* encontradas para el Eoceno de varias localidades de la Patagonia Argentina (Gandolfo *et al.*, 2011; Hermsen *et al.*, 2012; Panti, 2015 y Prámpano *et al.*, 2007). En dicha bibliografía tiende a existir la comparación con *Myrcia chubutensis*, dándose la discusión de si son la misma especie. El presente morfotipo es diferente al descrito para *M. chubutensis* en Berry (1938), que fue el material del autor original encontrado, ya que se observa que este presenta una base cuneata más corta y venación secundaria mucho más espaciada y menos frecuente.



Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Jussieu ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia MYRTACEAE Jussieu, 1789

Género *Myrceugenia* O. Berg

Myrceugenia sp. 1

Morfotipo 11

(Figura 5.15)

Grupo conformado por 2 muestras completas, 7 muestras semicompletas y 5 muestras fragmentadas, largo de 1,3 a 2,4 cm y ancho de 0,5 a 0,9 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de nanófila.

Material descrito: B5-6; B5-39; B5-52; B5-103; B5-116a; B5-116b; B10-45; D4-132; D7-10; D7-21; E1-41; E1-75; E1-129; E1-153; E1-154.

Hoja simple de margen entero, forma elíptica a ovada, simétrica, ápice convexo a recto, base convexa, ambos de ángulos agudos, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias semicraspedódromas, se cuentan al menos 9 venas por lado dispuestas de manera opuesta, la espaciación es irregular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo moderado (43° - 54°), recorrido recto ramificado al final, para llegar al borde o unirse formando la vena intramarginal. Comúnmente presentan una vena intersecundaria fuerte. Venas terciarias presentan un patrón percurrente recto, con ángulo obtuso con respecto al nervio principal.

Asociación taxonómica: El grupo presenta las características morfológicas de la familia Myrtaceae descritas por González (2011a), tales como la presencia de una vena intramarginal, vena primaria prominente, venas secundarias paralelas entre sí y terciarias perpendiculares. Se ha encontrado similitudes a especies dentro del género *Myrcia* (Berry, 1928; Berry, 1938; Césari *et al.*, 2015; Fisch, 2009; Panti, 2014 y Soares-Silva, 2000), sin coincidir de forma contundente con ninguna de ellas. La mayor coincidencia se encuentra en la muestra ilustrada y descrita en la tesis de Sandoval (2019), identificada como *Myrceugenia* sp., con la única diferencia de que no se indica la presencia de una vena intramarginal que si está presente aquí.

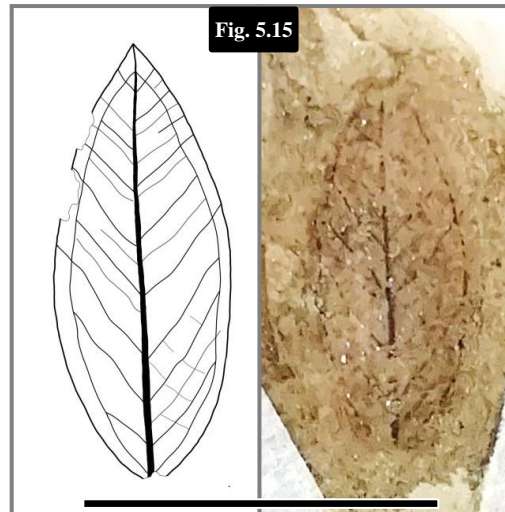


Fig. 5.15
Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Jussieu ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia MYRTACEAE Jussieu, 1789

Género *Myrceugenia* O. Berg

Myrceugenia sp. 2

Morfotipo 5

(Figura 5.16)

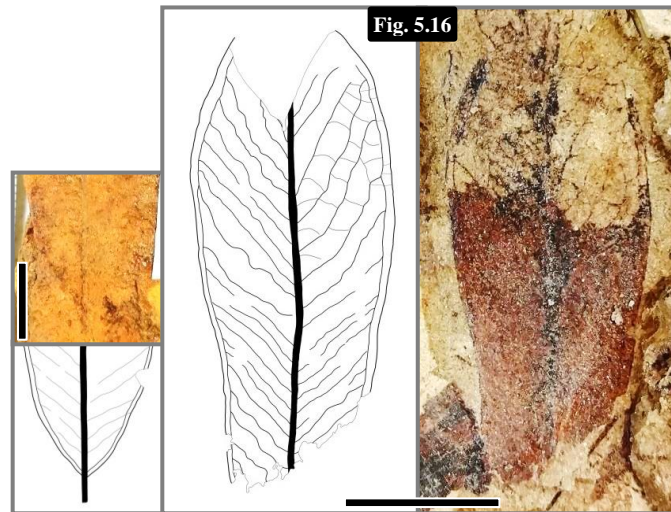
Grupo conformado por 10 muestras semicompletas y 6 fragmentos, largo superior a 2,4 cm y ancho de 0,9 a 1,3 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.* (1999) la muestra entra en la categoría de a lo menos nanófila.

Material descrito: B4-12; B5-11; B5-74; B5-111; D4-260a; D4-260b; D4-281; D4-293; D4-294; E1-37; E1-50; E1-74; E1-76; E1-88; E1-104; E1-112a; E1-112b; E1-140.

Hoja simple de margen entero, forma obovada, base convexa y ápice muy posiblemente convexo o redondeado, ambos de ángulos agudos, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de grosor levemente decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 16-21 venas secundarias e intersecundarias (difícil diferenciación) por lado dispuestas de manera alterna a subopuesta, espaciación mayormente

regular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto (39° - 45°), presenta un recorrido en zigzag hasta unirse a una vena intramarginal. Venación terciaria de patrón percurrente mixto, ángulo con respecto a la vena principal obtuso.

Asociación taxonómica: Las características identificadas en las muestras coinciden con la arquitectura foliar de la muestra de *Myrceugenia* sp. 1 en Troncoso (1991), donde indican su similitud con la *Myrceugenia alpigena*, autóctona de Brasil.



Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Jussieu ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia MYRTACEAE Jussieu, 1789

Género *Myrcia* DC. Ex Guill., 1827

Myrcia cf. bagualensis

Morfotipo 8

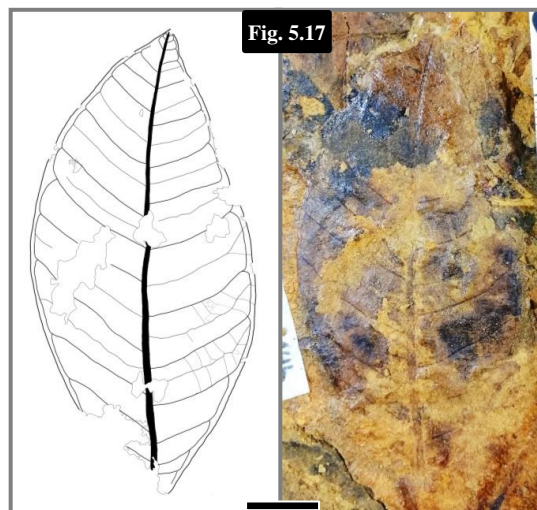
(Figura 5.17)

Grupo conformado por una muestra completa, 3 muestras semicompleta y 12 fragmentos, largo de 6,6 cm y ancho de 3,1 cm, aunque las muestras semicompletas indican presencia de hojas de menores dimensiones. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila.

Material descrito: B5-29; B5-98; D4-86; D4-234; D4-316a; D4-316b; D4-375; D4-391a; D4-391b; D7-7; D7-15; D7-27; D7-47; E1-13; E1-20; E1-71; E1-114a; E1-114b; E1-128.

Hoja simple de margen entero, forma elíptica, asimétrica, ápice recto levemente convexo, base recta, ambos de ángulos agudos, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta o levemente curvada hacia el ápice y de grosor decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 14-15 venas por lado dispuestas de manera alterna hacia el ápice, con espaciación irregular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo moderado a ancho (53° - 76°); variando casi uniformemente y siendo más agudo del lado izquierdo, recorrido recto a levemente curvado hasta unirse a una vena intramarginal. Venación intersecundaria compuesta. Venas terciarias de patrón percurrente mixto. Venación cuaternaria de patrón reticulado irregular.

Asociación taxonómica: La muestra coincide con la gran mayoría de las características indicadas para *Myrcia bagualensis* descrita en Panti (2011), sólo dejando en duda la forma real de la base, pero se puede estimar que en el presente morfotipo tiene base asimétrica al igual que se plantea en dicho trabajo. Difiere más con el ejemplar de la misma especie descrita por Vento *et al.* (2017), en la cual se describe una muestra de menor tamaño, con menor cantidad de venas secundarias y se indica una base redondeada, a pesar de no ser visible.



Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Jussieu ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia MYRTACEAE Jussieu, 1789

Género *Myrcia* DC. Ex Guill., 1827

Myrcia cf. deltoidea forma *ovata*

Morfotipo 24

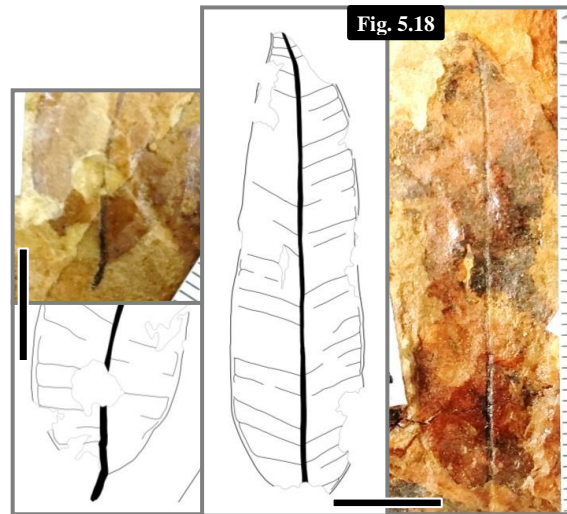
(Figura 5.18)

Grupo conformado por 5 muestras completas, 6 muestras semicompletas y 25 fragmentos, largo de 3,6 a 4,4 cm y ancho de 1,1 a 1,3 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila.

Material descrito: B4-17; B5-1; B5-2; B5-3; B5-9; B5-10; B5-12; B5-33; B5-36; B5-60; B5-65a; B5-65b; B5-68; B10-25; B10-60; D4-17; D4-19; D4-20a; D4-20b; D4-40; D4-41; D4-43; D4-54; D4-119; D4-130; D4-173; D4-243; D4-264; D4-353; D7-37; E1-17; E1-44; E1-81; E1-82; E1-95; E1-138; E1-139; E1-142.

Hoja simple de margen entero, forma ovada, simétrica o asimétrica, ápice agudo, base redondeada, ambos de ángulo agudo, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta a marcadamente curvada y de grosor levemente decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan 16 a 23 venas por lado dispuestas de manera opuesta hacia el ápice, la espaciación es uniforme, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo ancho (60° - 76°); variando irregularmente, recorrido recto. Venación menor no observada. Venación intramarginal clara y muy próxima al margen foliar.

Asociación taxonómica: Este grupo difiere de la *Myrcia Bagualensis* en que ésta presenta una base aguda, venación secundaria alterna y en menor cantidad y curvada abruptamente al final (Panti, 2011; Sandoval, 2019 y Vento *et al.*, 2017), es levemente distinto a la *Myrcia reticulato-venosa* en la forma aguda de la base de ésta y el petiolo con un largo aproximado de 1 cm, bastante mayor al aquí visto y proporciones foliares levemente diferentes. Por otro lado, el morfotipo presenta una coincidencia en las características descritas por Berry (1938) para *Myrcia deltoidea*, específicamente en su forma *ovata*, a diferencia de las especies antes indicadas.



Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Juss. ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia MYRTACEAE Juss., 1789

Género *Myrcia* DC. Ex Guill., 1827

Myrcia cf. reticulato-venosa

Morfotipo 4

(Figura 5.19)

Grupo conformado por 8 muestras enteras, 13 muestras semicompletas y 5 fragmentos, largo medido entre 3 y 5,5 cm y ancho de entre 0,6 y 1,6 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.* (1999) la muestra entra en las categorías de nanófila a micrófila.

Material descrito: B5-67; B5-118; B5-119; B10-5; B10-52; D4-30; D4-72a; D4-72b; D4-131; D4-133; D4-196; D4-210; D7-14; D7-18; E1-28; E1-34; E1-64; E1-65; E1-70; E1-85; E1-90; E1-101; E1-120a; E1-120b; E1-124a; E1-124b; E1-173; E1-174.

Hoja simple de margen entero, forma elíptica a ovada, simétrica, base aguda a levemente cóncava y ápice recto o agudo, ambos de ángulo agudo, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 17-21 venas dispuestas de manera opuesta, la espaciación

es irregular, con divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo moderado a ancho (43° - 72°); variando irregularmente, con recorrido recto. Vena intramarginal presente. Venación menor no observada.

Asociación taxonómica: Muestras similares a las descritas como *Myrcia reticulato-venosa* (en Berry, 1938; Hünicken, 1967; Panti, 2014; Troncoso *et al.*, 2002 y Vento & Prámparo, 2018), pero éstas difieren en que el espacio intercostal de la venación secundaria es uniforme; pero en este morfotipo se observa irregularidad, existiendo la posibilidad de que en este caso se deba a una mala preservación de las hojas.

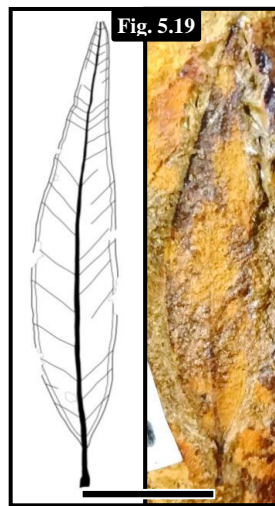


Fig. 5.19
Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Jussieu ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia MYRTACEAE Jussieu, 1789

Género *Myrcia* DC. Ex Guill., 1827

Myrcia sp.

Morfotipo 12

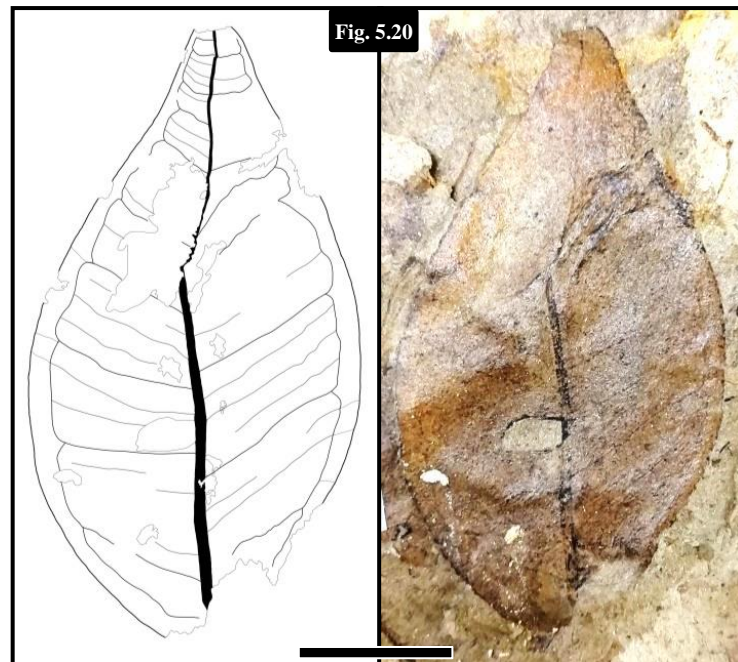
(Figura 5.20)

Grupo conformado por 2 muestras completas, 4 muestras semicompletas y 11 muestras fragmentadas, largo de entre 4,1 y 5,4 cm y ancho de 2,2 a 3,1 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila.

Material descrito: B5-23; B5-31; B5-43; B5-46; B5-57; B10-26; B10-49; D4-155; D4-238; D4-239; D4-249; D4-278; D4-298a; D4-298b; D4-309a; D4-309b; D4-312; D4-324a; D4-324b; D7-42.

Hoja simple de margen entero, forma ovada a elíptica, asimétrica, ápice acuminado, base convexa, ambos de ángulos agudos, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias semicraspedódromas, se cuentan al menos 9-11 venas por lado dispuestas de manera alterna a opuesta hacia el ápice, la espaciación tiende a aumentar irregularmente hacia la base, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo moderado a recto (56° - 96°); tendiendo a ser más agudo al lado derecho, recorrido recto hasta unirse a las venas secundarias superadyacentes en bucle, pero continuando también hacia el borde por como una vena terciaria o secundaria muy debilitada. Presenta de dos a cuatro venas intersecundarias simples. Posibles venas terciarias marginales continuando a las venas secundarias e intersecundarias desde el segmento de bucle hacia el borde de la hoja.

Asociación taxonómica: El grupo presenta las características morfológicas de la familia Myrtaceae descritas por González (2011a), tales como la presencia de una vena intramarginal, vena primaria prominente, venas secundarias paralelas entre sí y terciarias perpendiculares. Se han comparado las muestras con las especies actuales encontradas en Brasil *Myrcia selloi* (en González, 2011a y Sandoval, 2019) y *Myrcia laruotteana* var. *paraguayensis* (en Silva, 2000). La diferencia con ambas especies se encuentra en que estas presentan una mayor cantidad de venas secundarias y menor de intersecundarias, pudiendo explicarse esto por la confusión entre estas en el presente morfotipo debido a la mala conservación de estas venas.



Escala = 1 cm.

Orden MYRTALES Jussieu ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia VOCHYSIACEAE Saint-Hilaire, 1820

Género *Qualea* Aublet, 1775

Qualea cf. patagonica

Morfotipo 14

(Figura 5.21)

Grupo conformado por 2 muestras completas, una muestra semicompleta y 10 muestras fragmentadas, largo de 2,7 a 8,4 cm y ancho de 1,1 a 2,5 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de nanófila a micrófila.

Material descrito: B5-88; D4-60; D4-195; D4-231; D4-233; D4-235; D4-236; D4-279; D4-299; D4-313; D4-349; D4-360; D4-374.

Hoja simple, margen entero, forma elíptica, simétrica, ápice recto o agudo, base cóncava, ambos de ángulos agudos, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de

grosor levemente decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 25 venas por lado, la espaciación es regular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo recto (78° - 89°), recorrido recto hasta unirse a las venas secundarias superadyacentes por medio de una vena intramarginal. Presenta una vena intersecundaria en el segmento intercostal, simple y fuerte. Venas terciarias de patrón percurrente opuesto y recorrido recto, sin contacto visible con la vena principal.

Asociación taxonómica: Se ha asociado este morfotipo a lo mostrado y descrito en la figura 7F y 7G de Vento & Prámpano (2018), donde se compara con la especie actual *Qualea parviflora*. Se encuentra similitud a otros miembros de la familia MYRTALES descritas en una amplia variedad de publicaciones, por ejemplo la *Myrcia* sp. en la figura 3.10 de Caviglia & Zamalao (2014) y la figura 5.J del poster de Cleveland (2016).

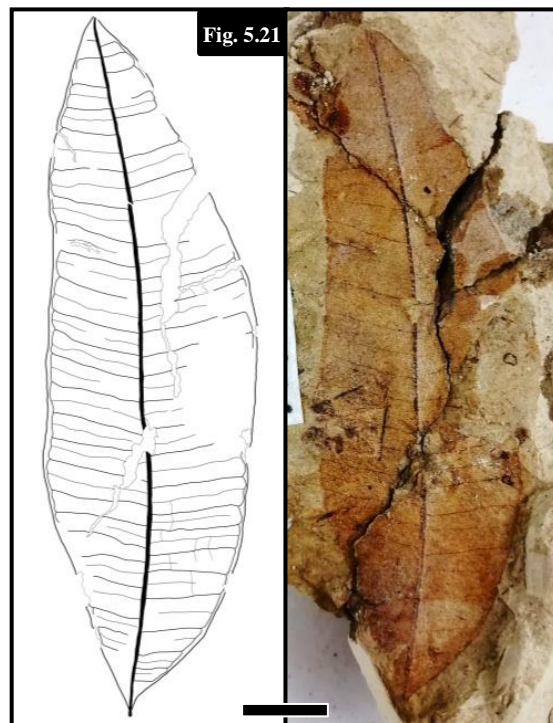


Fig. 5.21
Escala = 1 cm.

Clase PINOPSIDA Burnett, 1833

Familia PHYLLOCLADACEAE Mabblerley, 2000

Género *Phyllocladus* Mirb.

Phyllocladus sp.

Morfotipo 20

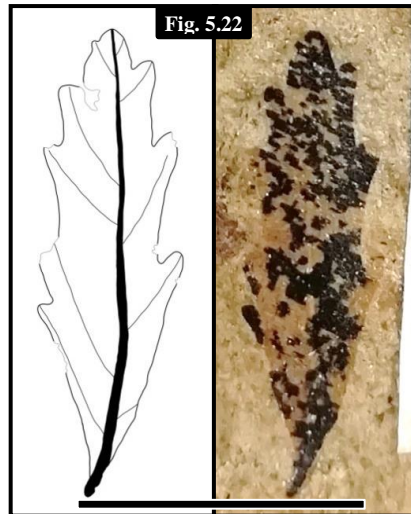
(Figura 5.22)

Grupo conformado por 1 muestra completa de largo de 1 cm y ancho de 0,5 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de nanófila.

Material descrito: D4-284.

Hoja simple de margen serrado, forma oblonga, simétrica, ápice redondeado, base recta a cóncava, ambos de ángulo agudo, posición petiolar marginal. El margen presenta 5 dientes de 1^{er} orden, entre 2 y 4 dientes por cm, espaciación de los dientes es irregular, de forma apical y basalmente convexa, seno angular, ápice simple y redondeado. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias craspedodromas simples, se cuentan 5 venas por lado dispuestas de manera alterna hacia el ápice, la espaciación es irregular, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo angosto (32°-49°); variando irregularmente, recorrido recto a débilmente curvado. Venación menor no visible.

Asociación taxonómica: La hoja presenta su forma completa y se puede ver débilmente sus venas secundarias. Se ha encontrado una similitud con la especie actual de Borneo, Nueva Zelanda y Australia (entre otros países) *Phyllocladus alpinus* (Fig. 1G en Molloy & Markham, 1999) y *Phyllocladus trichomanoides* variedad *alpinus* mostrada en Andruchow-Colombo *et al.* (2018), en donde se compara su género con una nueva especie encontrada en Laguna del Hunco (Eoceno de la Patagonia Argentina), *Huncocladus laubenfelsii*, la cual es muy distinta del actual morfotipo. Birkenmajen & Zastawniak (1989) indican la presencia del género *Phyllocladus* en la isla Rey Jorge, con un espécimen que coincidiría visualmente (no hay descripción), para el Oligoceno-Mioceno de dicha isla.



Escala = 1 cm.

Orden ROSALES von Berchtold & Presl, 1820

Familia CUNONIACEAE Brown, 1814

Género *Eucryphia* Cav., 1798

Eucryphia sp.

Morfotipo 15

(Figura 5.23)

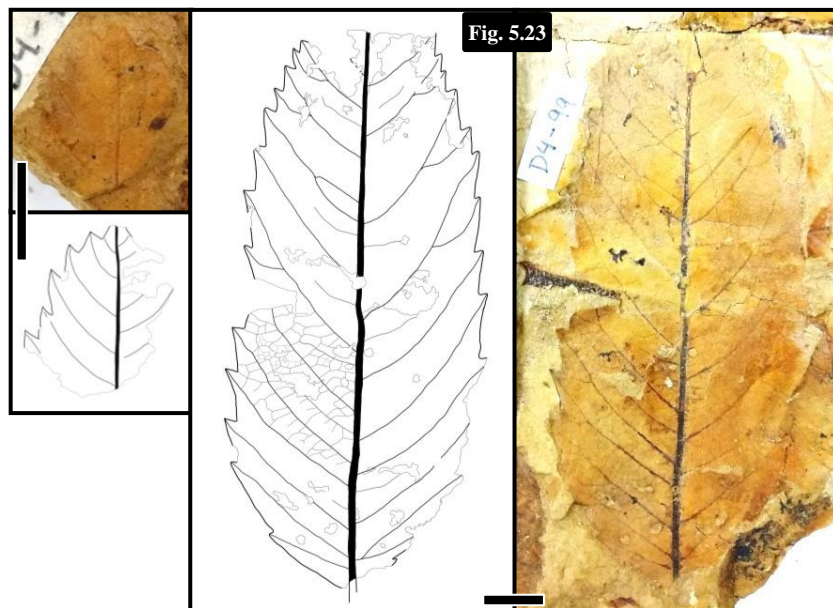
Grupo conformado por 2 muestras completas, 8 muestra semicompleta y 29 muestras fragmentadas, largo de 5,1 a más de 9,6 cm y ancho de 2,1 a 4,2 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila a notófila.

Material descrito: B4-8; B4-9; B4-19; B4-21; B5-70a; B5-70b; B5-110; B10-7; B10-12; D4-15a; D4-15b; D4-27; D4-28; D4-38; D4-53; D4-64a; D4-64b; D4-71a; D4-71b; D4-78; D4-79; D4-99; D4-100; D4-103; D4-113; D4-115; D4-135; D4-166; D4-170; D4-181; D4-184; D4-201a; D4-201b; D4-228; D4-246; D4-251; D4-254; D4-259; D4-267a; D4-267b; D4-268a; D4-268b; D4-357; D4-384a; D4-384b; D7-4.

Hojas simples de margen serrado, forma oblonga, basalmente asimétrica, ápice y base convexas, de ángulo agudo, posición petiolar marginal. El margen presenta al menos 13 dientes

de 1^{er} y 2^o orden, entre 2 y 4 dientes por cm, espaciación de los dientes es irregular, de forma apicalmente recta y basalmente convexa, seno angular, ápice simple. La vena principal es pinnada, recta y de grosor levemente decreciente. Venas secundarias craspedódromas simples, se cuentan al menos 11 venas por lado dispuestas de manera alterna hacia el ápice, la espaciación es irregular; con tendencia a aumentar hacia el centro, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo moderado a ancho (53° - 75°); con tendencia a aumentar hacia el ápice, recorrido recto hasta el ápice del diente; ramificándose cerca del borde. Una o más venas intersecundarias compuestas y fuertes que tienden a unirse a la vena secundaria subadyacente antes de llegar a medio camino entre el centro y el borde. Venación intersecundaria compuesta y débil, que recorre alrededor de un tercio del segmento intercostal. Venas terciarias de patrón reticulado irregular, ángulo con respecto a la vena principal mayormente agudo. Venación cuaternaria dispuesta de forma reticulada irregular.

Asociación taxonómica: Se ha considerado que las muestras coinciden apropiadamente con lo mostrado para la especie actual de *E. glutinosa* (Dickison, 1978). Dicha especie es encontrada en la mayoría de los bosques húmedos y templados entre los 38° - 45° S (latitudes aproximadamente entre Temuco y Coyhaique) en alturas sobre los 700 m s.n.m. (Taylor & Hill, 1996). Sandoval (2019) también indica la presencia del género *Eucryphia* en los Estratos de San Pedro (Valdivia), cuyo morfotipo es también similar al aquí visto.



Escala = 1 cm.

Orden SAPINDALES Jussieu ex Bercht. & J. Presl, 1820

Familia SAPINDACEAE Juss, 1789

Género *Cupania* L., 1753

Cupania cf. *latifoloides*

Morfotipo 17

(Figura 5.24)

Grupo conformado por 12 muestras semicompletas y 39 muestras fragmentadas, largo de 3,9 a más de 12 cm y ancho de 1,2 a 4,6 cm. Según la determinación de clases de tamaño de Ash *et al.*, (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila a notófila (podría llegar a mesófila si se pudiera medir el largo máximo total).

Material descrito: B4-1; B4-5; B4-7; B4-10; B4-11; B5-4; B5-51; B5-104a; B5-104b; B5-107; B10-13; B10-32; B10-44; D4-7; D4-21; D4-22; D4-31a; D4-31b; D4-45a; D4-45b; D4-46a; D4-46b; D4-48a; D4-48b; D4-51; D4-62a; D4-62b; D4-82; D4-97a; D4-97b; D4-98; D4-105; D4-111; D4-116; D4-122; D4-138; D4-151a; D4-151b; D4-152; D4-157; D4-163; D4-171; D4-193; D4-211; D4-225; D4-241; D4-242; D4-250; D4-255; D4-291; D4-326; D4-351; D4-363; D7-1; D7-2; D7-3; D7-5; E1-47.

Hoja simple, margen serrado, forma elíptica, simétrica, ápice y base rectas, de ángulo agudo, posición petiolar marginal. El margen presenta al menos 9 dientes principalmente de 1^{er} orden, entre 2 y 3 dientes por cm, espaciación de los dientes es irregular, de forma apicalmente recta a cóncava y basalmente cóncava a convexa, seno angular, ápice simple. La vena principal es pinnada, recta y de grosor levemente decreciente. Venas secundarias craspedódromas simples, se cuentan al menos 21 venas por lado dispuestas de manera subopuesta hacia el ápice, la espaciación mayormente uniforme, divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo moderado a ancho (51°-74°); con tendencia a disminuir hacia el ápice, recorrido curvado uniforme hasta llegar al ápice del diente. Una vena intersecundaria simple y débil, que tiende a desaparecer pronto. Venas terciarias de patrón percurrente opuesto y recorrido recto, ángulo con respecto a la vena principal obtuso.

Asociación taxonómica: Este grupo morfológico coincide con lo indicado y mostrado para la especie en Berry (1938); Briones (2016); Sandoval (2019) y Vento & Prámpano (2018).

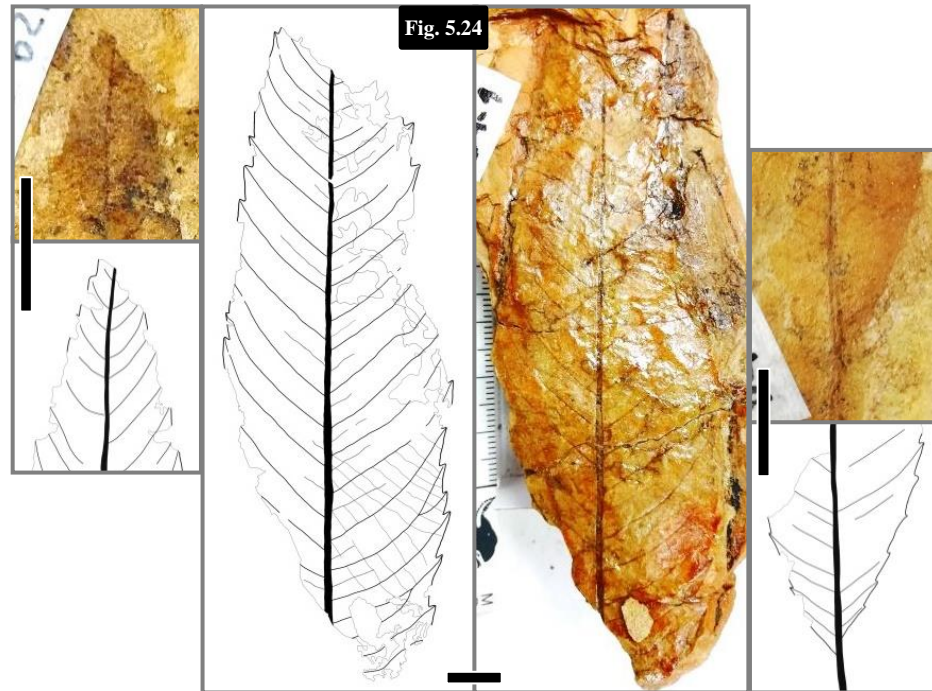


Fig. 5.24
Escala = 1 cm.

Orden SCROPHULARIALES

Familia OLEACEAE von Hoffmannsegg & Link, 1809

Género *Phyllites* A.T.Brongniart, 1822

cf. Phyllites sp.

Morfotipo 13

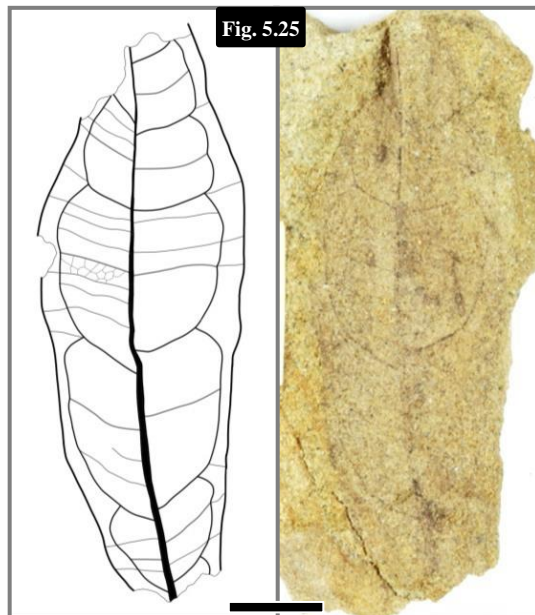
(Figura 5.25)

Grupo conformado por 9 muestras semicompletas y 7 muestras fragmentadas, largo mínimo superior a 4 cm y máximo poco mayor a 11,1 cm y ancho de 1,1 a 3,6. Según la determinación de clases de tamaño de Ash et al., (1999) las muestras entran en la categoría de micrófila a notófila.

Material descrito: B4-14; B5-44; B5-55; D4-11; D4-147a; D4-147b; D4-153; D4-232; D4-290a; D4-290b; D4-138; D4-342; D4-361; D7-50; E1-54; E1-66; E1-87; E1-164.

Hoja simple de margen entero, forma elíptica, simétrica, ápice y base rectos o agudos, ambos de ángulos agudos, posición petiolar marginal. La vena principal es pinnada, recta y de grosor decreciente. Venas secundarias camptódromas broquidódromas, se cuentan al menos 5-7 venas por lado dispuestas de manera opuesta a subopuesta, la espaciación es irregular, con divergencia entre la vena media y las secundarias de ángulo agudo moderado a recto (45° - 87°); con tendencia a agudizarse hacia la base, recorrido curvo hasta unirse a las venas secundarias superadyacentes en bucle. Venas terciarias de patrón percurrente opuesto y recto, formando un ángulo recto con la vena principal, sin variación en su ángulo. Venación cuaternaria de patrón reticulado al azar.

Asociación taxonómica: El morfotipo ha sido comparado con la muestra de la lámina 5, figura E de la tesis de Gayó (2004), definida como *Phyllites* sp. La imagen no posee una buena resolución que permita ver el detalle y se carece de esquema, pero lo que se puede ver y la descripción dada es coincidente con lo visto en este morfotipo.



Escala = 1 cm.

5.2. Otra flora

Orden PINALES Dumortier, 1829

Familia CUPRESSACEAE Martynov, 1820

CUPRESSACEAE indeterminada

Morfotipo 26

(Figura 5.26)

Grupo conformado por 1 muestra, largo de 1,5 cm y ancho de 0,8 cm.

Material descrito: B10-6.

Notas generales: Muestra única de fragmento de rama de conífera. Se ha comparado a la muestra expuesta en la Fig. 11 y 12 de Wilf *et al.* (2009), correspondiente a *Papuacedrus prechilensis*, encontrada en la Laguna del Hunco (Eoceno temprano), mas no es afirmado con certeza debido a que sólo se cuenta con una única muestra bastante incompleta. También existe cierto parecido al *Austracedrus* sp. visto en Wilf *et al.* (2003) aunque la diferencia es más notoria.



Escala = 1 cm.

Orden POALES Small, 1903

Familia POACEAE Barnhart, 1895

Género *Chusquea* Kunth, 1822

cf. Chusquea sp.

Morfotipo 29

(Figura 5.27)

Grupo conformado por 7 muestra fragmentadas, largo muy variable y ancho de 0,4 a 1,4 cm.

Material disponible: B5-120; D4-87; D4-90a; D4-90b; D4-205; D4-218a; D4-218b; D4-220; D4-221.

Notas generales: Las muestras corresponden a fragmentos que presentan unas dimensiones muy variables, siempre correspondiendo a una pequeña parte de lo que debió ser un tallo mayor. Se observa un estriado paralelo a lo largo y los espacios que conformaban los nudos. Las muestras se preservan generalmente mal, estando claramente meteorizadas. Se hace la comparación con lo expuesto en Sandoval (2019).



Escala = 1 cm.

Orden POALES Small, 1903

POALES indeterminada

Morfotipo 30

(Figura 5.28)

Grupo conformado por 6 muestra fragmentadas, largo muy variable y ancho de 0,7 a 2,9 cm.

Material disponible: B5-16; B5-24; B5-102; D4-108; D4-219; E1-100.

Hoja simple de margen entero, forma y características de la hoja no observables. Venación aparentemente paralelógrama. El recorrido las venas es levemente irregular, pero sin llegar a cruzarse entre ellas.

Asociación taxonómica: Las muestras corresponden a restos carbonosos o moldes externos de fragmentos conservan parte de sus bordes. Las muestras podrían corresponder a miembros del género *Poacites* por comparación a lo expuesto por Sandoval (2019) o de la familia Thyphaceae (Pujana *et al.*, 2015 y Robledo *et al.*, 2020), perteneciendo ambos a la orden Poales.



Escala = 1 cm.

Orden POALES Small, 1903

POALES indeterminada (Aquenio)

Morfotipo 28

(Figura 5.29)

Grupo compuesto por 11 muestras completas o semicompletas, con 7-5 mm de largo, 5 a 4 mm de ancho y 2 mm de grosor.

Material disponible: D4-65a; D4-65b; D4-66; D4-68; D4-69; D4-114a; D4-114b; D4-123; D4-139a; D4-139b; D4-140a; D4-140b; D4-141a; D4-141b; D4-142a; D4-142b; E1-23.

Notas generales: Realizando una comparación visual superficial, se ha asociado a los aquenios (fruto seco que contiene una única semilla) expuestos por Robledo *et al.* (2020) para el género *Thypa*, de la familia Thypaceae. Sin embargo se ha decidido no especificar más a fondo en su clasificación por no poder comparar con otros aquenios pertenecientes a la Orden Poales.



Escala = 1 cm.

PTERIDOPHYTA indeterminada

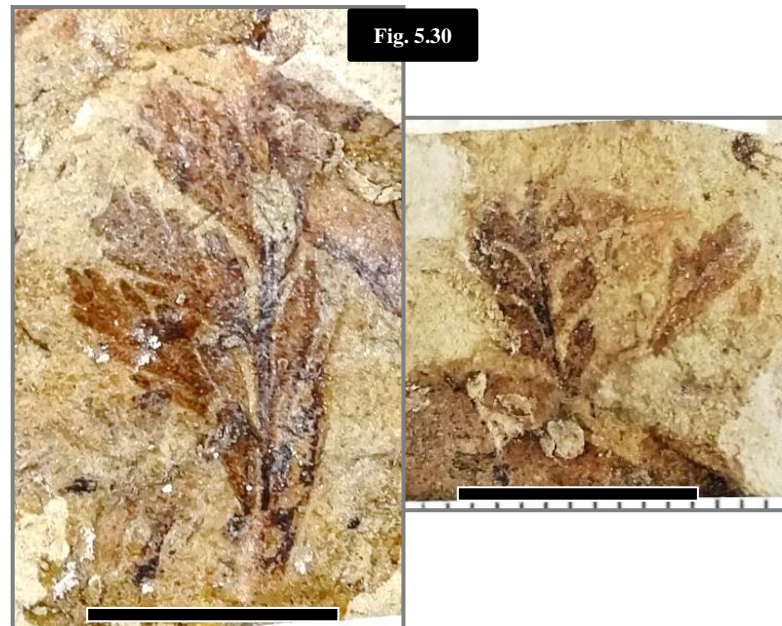
Morfotipo 27

(Figura 5.30)

Grupo conformado por 4 muestras de entre 0,8 y 2,3 cm.

Material disponible: D4-364; D4-368; D4-392a; D4-392b; D4-393a; D4-393b.

Notas generales: No se ha clasificado el presente grupo, para el cual se encontró material de menor tamaño, fragmentado y en general en mal estado de conservación. Se infiere que se trata de frondas vegetativas y fértiles. Se ha encontrado cierto parecido a la *Dicksonia patagonica* descrita por Berry (1938), pero no es concluyente.



Escala = 1 cm.

6. DISCUSIÓN

6.1. Comparación con otras paleofloras cenozoicas cercanas

Existe una abundancia de material vegetal fósil para el Cenozoico del Centro y Sur de Chile y Argentina, sin embargo, el grueso de la información se acumula en el Paleógeno. Durante el Mioceno inferior se produce un periodo de transgresiones marinas en el lado este de Sudamérica, es decir en el sector argentino, lo que ha ocasionado una drástica disminución del material fósil foliar presente (Hinojosa & Villagrán, 1997). En Chile el registro fósil continental continúa presente tras ese período de tiempo.

Los niveles estratigráficos estudiados están determinados como parte de los Estratos de Cheuquemó en Duhart *et al.* (1998), donde se les asigna una edad Oligoceno superior - Mioceno inferior, mientras que Troncoso & Barrera (1979, 1980) indican que corresponden al Eoceno.

Por ello se considera relevante tomar como referencia y establecer comparativas con los Estratos de Cheuquemó (en Osorno) y en los Estratos de San Pedro (Valdivia), ya que además presentan una flora fósil abundante y bien preservada a nivel macro y micro.

En los Estratos de Cheuquemó se ha indicado la presencia de palinomorfos de afinidad botánica con las familias Liliaceae, Cruciferae, Myricaceae, Myrtaceae, Proteaceae, Loganiaceae, Casuarinaceae y los géneros *Phyllocladus* (Podocarpaceae), *Dacrydium* (Podocarpaceae), *Podocarpus* (Podocarpaceae), *Ephedra* (Ephedraceae), *Gunnera* (Gunneraceae), *Cupaniopsis* (Sapindaceae) y *Nothofagus* (Nothofagaceae) (Troncoso & Barrera, 1979 y Troncoso & Barrera, 1980).

En los Estratos de San Pedro (Eoceno?-Mioceno) existe un registro palinológico que incluye Pteridophytas, Araucariaceae, Podocarpaceae, Proteaceae, Myrtaceae, Nothofagaceae, además de hongos epífitos y saprófitos (Palma-Heldt & Duhart, 2010 y Palma-Heldt & Duhart, 2015), además en las mismas referencias se indica la presencia de hojas pertenecientes a los géneros *Persea* (Lauraceae), *Berberis* (Berberidaceae), *Amomyrtus* (Myrtaceae), *Myrceugenia* (Myrtaceae), *Aulomyrcia* (Myrtaceae), *Podocarpus* (Podocarpaceae) y *Nothofagus* (Nothofagaceae). Sandoval (2019) indica en su tesis de magister la presencia de hojas de las Familias Aextoxicaceae, Ericaceae, Syteraceae, Escalloniaceae, Nothofagaceae, Lauraceae,

Monimiaceae, Malvaceae, Myrtaceae, Cunoniaceae, Sapindaceae, Poaceae y Podocarpaceae (Tabla 6.1).

Tabla 6.1. Comparación de familias (y División Prteridóphyta) encontradas en los Estratos de Cheuquemó y San Pedro (micro y macroflorístico) versus el material aquí presentado.

	E. de Cheuquemó	E. de San Pedro	Este estudio
AEXTOXICACEAE	-	0	-
ARAUCARIACEAE	-	0	-
BERBERIDACEAE	-	0	-
CASUARINACEAE	0	-	-
CRUCIFERAE	0	-	-
CUNONIACEAE	-	0	0
CUPRESSACEAE	-	-	0
EPHEDRACEAE	0	-	-
ERICACEAE	-	0	-
ESCALLONIACEAE	-	0	-
GUNNERACEAE	0	-	-
LILIACEAE	0	-	-
LOGANIACEAE	0	-	-
LAURACEAE	-	0	0
MALVACEAE	-	0	0
MONIMIACEAE	-	0	-
MYRICACEAE	0	-	0
MYRTACEAE	0	0	0
NOTHOFAGACEAE	0	0	0
OLEACEAE	-	-	0
PHYLLOCLADACEAE	-	-	0
POACEAE	-	0	0
PODOCARPACEAE	0	0	-
PROTEACEAE	0	0	-
PTERIDOPHYTAS	-	0	0
SAPINDACEAE	0	0	0
SYTERACEAE	-	0	-
VOCHYSIACEAE	-	-	0

Como se puede observar en la tabla 6.1, 4 de las 13 familias (30%) aquí identificadas no han sido previamente reportadas (al menos en el material previamente citado) mientras que el resto coincide con lo previamente descrito, siendo por tanto relativamente coherente con respecto a las características climáticas-ambientales descritas en dichos materiales.

Con respecto al género *Eucalyptus*, el cual no se encuentra en la actualidad de forma nativa en el continente, no se ha descrito tampoco la presencia de fósiles del mismo en las sucesiones cenozoicas en Chile, pero si se ha encontrado en Laguna de Hunco (Gandolfo *et al.*, 2011; Hermsen *et al.*, 2012 y Prámpano *et al.*, 2007) y Formación Río Turbio (Panti, 2014 y Vento & Prámpano, 2018). Por otro lado no corresponde a un caso aislado, pues otros géneros descritos previamente, como el *Dacrydium*, *Cupaniosis* y *Phyllocladus* (Troncoso & Barrera, 1980) para los Estratos de Cheuquemó en Osorno, están en la misma situación que el género *Eucalyptus*, al estar presentes en la actualidad sólo en países de Australasia, pero se debe recordar que este extremo de Sudamérica, Antártica y Australia estaban aún unidos durante el Eoceno, habiendo desaparecido junto con las otras especies en nuestro subcontinente muy probablemente por el cambio en las condiciones climáticas de enfriamiento que se produjo al separarse estos tres bloques continentales en el proceso que comenzó en el Eoceno inferior con la separación de Australia y concluyó en el Oligoceno-Mioceno con la separación definitiva de Sudamérica y Antártica (Hinojosa & Villagrán, 1997).

6.2. Edad de la flora fósil

De acuerdo a la taxonomía sugerida en esta investigación para cada morfotipo definido, se ha buscado una edad entre fuentes bibliográficas (Barreda *et al.*, 2021; Troncoso *et al.*, 2002 y las que fueron indicadas en cada morfotipo) y complementadas con bases de datos web (<http://fossilworks.org/> y <https://paleobiodb.org/>), considerando hallazgos hechos en Antártica, Argentina y Chile, específicamente enfocado en fósiles de la respectiva clasificación, ya sea especie, grupo, familia, etc., según se ha definido (Tablas 6.2 y 6.3).

De acuerdo a esto, el rango de edad probable para estos niveles estratigráficos estaría comprendida entre el Eoceno medio y Oligoceno superior, siendo su edad máxima la definida estando limitada en su máximo por los ejemplares de *Ocotea* sp. y *Myrcia bagualensis*, cuyo dato de primera aparición corresponde al Eoceno medio y su edad mínima está definida por los

Tabla 6.3. Edad de todas las muestras identificadas al menos hasta orden (segunda parte).

	Paleoceno		Eoceno			Oligoceno		Mioceno		
	inf.	sup.	inf.	med.	sup.	inf.	sup.	inf.	sup.	
<i>Myrcia deltoidea</i> (Morfotipo 24)			—————							
<i>M. reticulato-venosa</i> (Morfotipo 4)		—————								
<i>Myrcia</i> sp. (Morfotipo 12)	—————									
<i>Qualea patagonica</i> (Morfotipo 14)			—————							
<i>Phyllocladus</i> sp. (Morfotipo 20)			—————							
<i>Eucryphia</i> sp. (Morfotipo 15)			—————							
<i>Cupania latifoloides</i> (Morfotipo 17)			—————							
<i>Phyllites</i> sp. (Morfotipo 13)			—————							
CUPRESSACEAE indet. (Morfotipo 26)	—————									
<i>Chusquea</i> sp. (Morfotipo 29)		—————								
POALES indet. (Morfotipo 30)		—————								

6.3. Análisis y estimación paleoclimática

6.3.1. Contexto climático regional

Para finales del período Cretácico, en Sudamérica había climas tropicales a subtropicales hasta el sur de los 50°S. En este lapso temporal se produce la separación de Sudamérica y África, cambiando el régimen tectónico de extensivo a compresivo, transgresiones marinas en la costa del Pacífico y aumento en la formación de cadenas montañosas.

A partir del paleógeno se produjo un cambio vegetacional debido a la variación de las condiciones geológicas y climáticas. Hasta el Eoceno medio Sudamérica, Australia y Antártica

estaban unidas, la temperatura marina superficial general era templada y rondaba los 28°C en las regiones tropicales y 12°C en las regiones polares, con un nivel del mar más alto al actual. Durante el Eoceno-Oligoceno se produce la separación de Australia y Antártica, seguido del comienzo de la glaciación al Este de la Antártida. Durante el Mioceno medio a tardío se produce la separación de Sudamérica y Antártica, comienza la glaciación del Oeste de la Antártica, originándose la corriente fría que hasta la actualidad corre por la costa chileno-peruana, originando la desertificación de los subtrópicos sudamericanos y el origen del desierto de Atacama, la cual se hizo más intensa hacia el Plio-Pleistoceno debido al pulso de alzamiento de la Cordillera de los Andes (Hinojosa & Villagrán, 1997).

En el área de la actual Patagonia durante el Paleoceno-Eoceno temprano se presenta un registro fósil de taofloras mixtas sin *Nothofagus*, presentando una predominancia de *Annona*, *Phoebe*, *Nectandra* y Lauraceae (de afinidad subtropical), Lomatia y Laurentia (de afinidad subantártica). Ya durante el Eoceno aumenta enormemente la expansión del género *Nothofagus* desde el sur al norte, debido al enfriamiento paulatino que se dio en esta época geológica, sumándose a las familias Myrtaceae, Sapindaceae, Laureaceae, Rubiaceae y Casuarinaceae. Hacia el Oligoceno, mientras la paleoflora Antártica se desplaza hacia el norte (Pteridophyta, Podocarpaceae, Araucariaceae, *Nothofagus*, *Lophosoria*, *Pteris* y *Polypodium*), ingresando progresivamente en Chile central, donde continuaban las paleofloras mixtas con *Nothofagus* (*Persea*, *Phoebe*, *Myrcia*, *Cassia* y *Cupania*), lo cual se intensificó durante el Mioceno, debido probablemente a las grandes transgresiones marinas y la separación definitiva de Sudamérica y la Antártica, que se tradujo entre otras cosas en el proceso de desertificación que migraba hacia el sur de Chile y Argentina. Hacia el sector Andino, durante este época existían taxas tropicales-subtropicales (Podocarpaceae, Nothofagaceae, Araucariaceae, *Peumus*, *Cryptocarya*, *Beilschmiedia*, *Myrceugenia* y *Persea*). Para fines del Mioceno y Plioceno el registro paleobotánico se va perdiendo, registrando muy poco material (Barreda & Palazzesi, 2007; Hinojosa & Villagrán, 1997 y Romero, 1986).

6.3.2. Estimación paleoclimática

De acuerdo a lo indicado en el capítulo de metodología, en el sub-capítulo de análisis fisionómico-climático, en las muestras aquí estudiadas se puede identificar y aislar estas características, como se muestra en los gráficos de las Figuras 6.1 a 6.8.

El margen de las hojas guarda una relación enteras/serradas que coincide tanto para la cantidad de grupos como para el número total de las muestras, presentando un tercio de las hojas un borde serrado y dos tercios un margen entero (Figuras 6.1 y 6.2). Esto indicaría un ambiente de temperaturas templadas, correspondiendo a un bosque lluvioso paratropical (Wolfe, 1971).

Los ápices cortos y alargados se presentan de manera relativamente equitativa (Figuras 6.3 y 6.4), aunque en los ápices alargados se observa que, a pesar de ser menor su diversidad taxonómica, su abundancia es mayor. Se debe tener en consideración el rango que corresponde a aquellos ápices de largo indeterminado, ya que puede alterar el relativo equilibrio observado. Con esta tendencia, se puede especular que las temperaturas son relativamente templadas y húmedas, posiblemente con un contraste estacional poco marcado.

La elongación de la hoja, vale decir su proporción largo/ancho, es aquí delimitada en el valor de 3:1, observando que su cantidad es similar tanto en el número de taxas como en el total de muestras en esos taxas, y a su vez son muy similares entre sí (Figuras 6.5 y 6.6). Si se quiere acotar más la proporción, hasta el ratio 5:1, se tiene que solo 3 taxas (12,5%), que contienen 112 muestras (18,45%), sobrepasan este límite. En este último grupo se encuentran un miembro del género *Nectandra* sp. y dos *Eucalyptus* sp., ambos característicos de climas cálidos y en el caso de los eucaliptus, en la actualidad se encuentran en ambientes áridos o al borde de bosques lluviosos tropicales (Gandolfo *et al.*, 2011).

Finalmente, el tamaño de las hojas está contenido en el rango entre las categorías Mesófila y Nanófila (áreas entre 182,25 a 0,25 cm²). La evidente predominancia se presenta en las hojas de tamaño micrófila (2,25 a 20,25 cm²), abarcando casi el 60% de la población total, seguida por el tamaño Notófila (20,25 a 45 cm²) con alrededor de un cuarto del total de las muestras, seguido por las hojas nanófilas, que en su contenido por taxas alcanza el 12%, con la mitad de ese valor para la cantidad total de muestras (Figuras 6.7 y 6.8). Con estos resultados se determina que más del 75% de los taxones y 90% de las muestras son de tamaño pequeño a mediano, lo que indicaría un clima templado (Temperaturas medias veraniegas entre ~10°C y

25°C) y húmedo, con un amplio rango de precipitaciones anuales entre 600 a 4000 mm (valores aproximados según los gráficos de las Fig. 1B y 1D en Wright *et al.*, 2017).

Fig. 6.1 Margen por N° de muestras

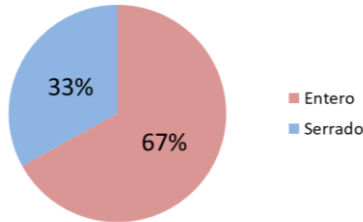
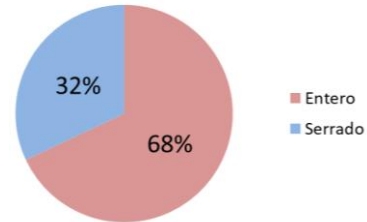
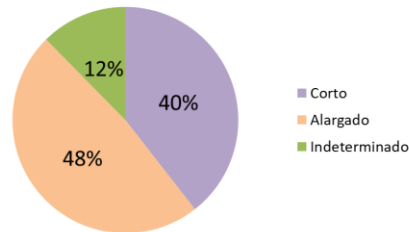


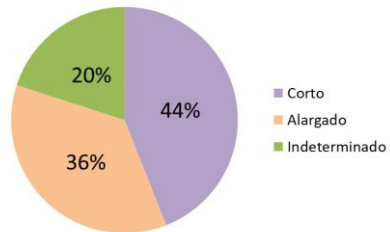
Fig. 6.2 Margen por Taxa



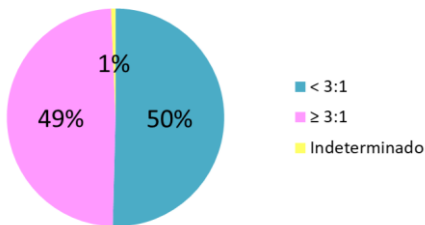
6.3 Largo del ápice por N° de muestras



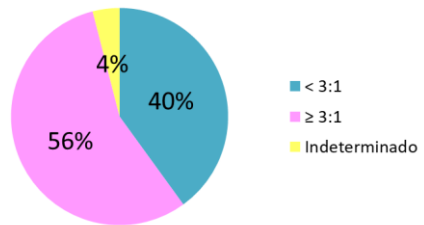
6.4 Largo del ápice por Taxa



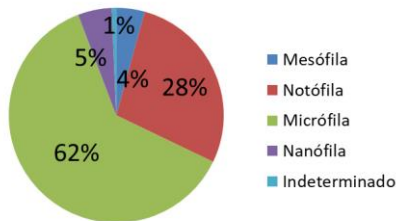
6.5 Proporción L:A por N° de muestras



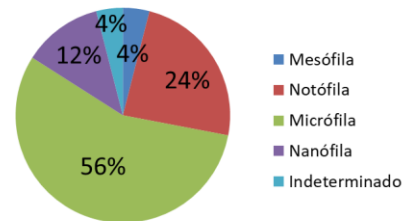
6.6 Proporción L:A por Taxa



6.7 Tamaño por N° de muestras



6.8 Tamaño por Taxa



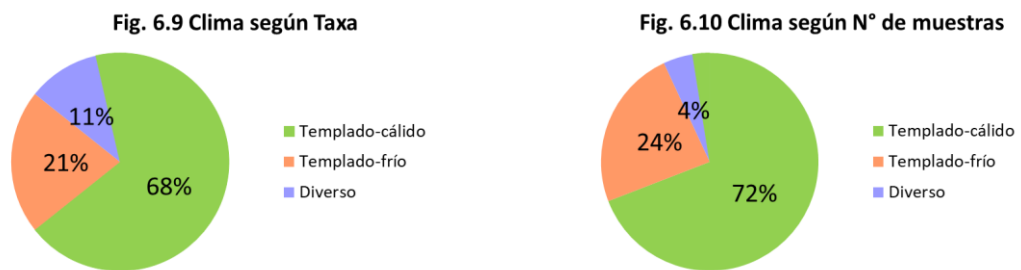
Figuras 6.1. y 6.2. Porcentaje de hojas y géneros según forma de borde; **Figuras 6.3. y 6.4.** porcentaje de hojas y géneros según elongación apical; **Figuras 6.5. y 6.6.** porcentaje de hojas y géneros según su proporción Largo:Ancho y **Figuras 6.7. y 6.8.** porcentaje de hojas y géneros de acuerdo a la clasificación de clases de tamaño de Ash *et al.* (1999).

En cuanto a la tafonomía de las hojas examinadas, se identificaron ejemplares pertenecientes a las Familias Nothofagaceae, Myricaceae, Malvaceae, Lauraceae, Myrtaceae,

Vochysiaceae, Phyllocladaceae, Cupressaceae, Cunoniaceae, Sapindaceae, Oleaceae y Poaceae, además del Filo Pteridophyta.

Según lo indicado por Barreda & Palazzesi (2007), Hinojosa & Villagrán (1997), Raulin (1849), Romero (1986) y Sandoval (2019), se ordenan estas familias y los géneros aquí representados en los siguientes ambientes:

Flora de ambiente cálido y húmedo de tipo paratropical, neotropical y/o subtropical, abarcando cerca de dos tercios de la población total (Figuras 6.9 y 6.10), donde se encuentran las Familias Malvaceae (*Triumfetta*), Lauraceae (*Cinnamomum*, *Nectandra* y *Ocotea*), Myrtaceae (*Eucalyptus*, *Myrceugenia* y *Myrcia*), Vochysiaceae (*Qualea*), Phyllocladaceae (*Phyllocladus*), Sapindaceae (*Cupania*) y Oleaceae (*Phyllites*), aunque en esta última indicada sólo como de ambiente cálido.



Figuras 6.9. y 6.10. Porcentaje de hojas y géneros para las características climáticas de habitación, según bibliografía.

Flora de ambiente templado-frío y lluvioso, de tipo antártico a subantártico, entre los que se encuentran las familias Nothofagaceae (*Nothofagus*), Myricaceae, Cupressaceae y Cunoniaceae (*Eucryphia*), y cubren poco menos de un cuarto de la población total (Figuras 6.9 y 6.10).

Flora de amplia distribución, como el *Phyllum* Pteridophyta y la orden Poales (Familia Poaceae).

En conclusión, se observa una clara predominancia de grupos vegetales de clima templado-cálido y húmedo, aunque con una importante presencia de especies de climas templado-fríos húmedos, vale decir corresponde a una flora mixta, en este caso con *Nothofagus*. Bosques con las características que se infieren a partir de las muestras estudiadas, se originan en este sector del país a partir del Eoceno superior, al extenderse la flora de ambientes más fríos sobre los cálidos preexistentes de manera progresiva hasta el Oligoceno superior - Mioceno

inferior, cuando el clima ya es predominantemente templado-frío y lluvioso (Hinojosa & Villagrán, 1997 y Romero, 1986).

7. CONCLUSIONES

En esta memoria se estudió la macroflora fósil de la Formación Cheuquemó asignada al Eoceno-Mioceno en estudios anteriores. La sucesión está compuesta por conglomerados, areniscas y limolitas. Se interpreta que estos estratos corresponden a depósitos fluviales meandriformes donde se identificaron asociaciones de facies correspondientes a canales, los que se presentan como cuerpos métricos a decamétricos de conglomerados matriz soportados y areniscas gruesas a medias con base erosiva, y asociaciones de facies de llanura de inundación, compuestos por areniscas finas y fangolitas, en los cuales se encontraron los fósiles vegetales. Las facies de llanura de inundación se hacen más abundantes hacia el techo de la sucesión.

El material fósil está comprendido principalmente por hojas, con menor presencia de otros elementos como ramas, aquenios, tallos de *Chusquea* y muy escasos y delgados niveles de carbón. Este material fue descrito, analizado y distribuido en un total de 30 grupos, logrando una identificación taxonómica tentativa de todos ellos. Se identificaron especímenes correspondientes a la División Pteridophyta (1), de la orden Poales (3), de la familia Cupressaceae (1) y dicotiledóneas de las familias Myricaceae (1), Nothofagaceae (4), Lauraceae (5), Malvalaceae (1), Myrtaceae (9), Vochysiaceae (1), Cunoniaceae (1), Sapindaceae (1) y Oleaceae (1) y una monocotiledónea de la familia Phyllocladaceae (1).

Existe una coherencia entre la flora encontrada con la descrita para los Estratos de Cheuquemó en el sector de Osorno (donde se identificaron principalmente palinomorfos) y para los Estratos de San Pedro, aunque la coincidencia de grupos familiares es mayor con lo descrito para esta última formación.

Las características morfológicas del material foliar disponible, indican un paleoclima templado y húmedo, muy probablemente de cotas bajas. De igual manera, el 64% de los grupos identificados son comunes en un ambiente templado cálido (tropical a subtropical), 21% de clima templado frío (subantártico) y 11% están adaptados a un rango más amplio de condiciones climáticas. Esto indica, por tanto, una paleoflora mixta, con presencia importante de *Nothofagus*, mayormente adaptada a condiciones cálidas, lo cual se condice para las condiciones climáticas presentes entre el Eoceno medio y Oligoceno tardío-Mioceno temprano, cuando la flora de tendencia subantártica de clima templado-frío comenzó su avance hacia el centro de Chile y substituyó progresivamente a la flora subtropical preexistente, debido muy probablemente al

cambio climático ocasionado por la separación de Australia y Antártica y posteriormente Antártica y Sudamérica y el enfriamiento de las temperaturas marinas asociadas.

De acuerdo a la edad vital determinada para los grupos taxonómicos identificados en el presente trabajo, el rango estratigráfico probable es Eoceno medio a Oligoceno superior, cosa que es coherente con lo que indican las condiciones climáticas antes indicadas. Por otro lado, se puede tomar como un factor indicativo relevante el hecho de que la flora estudiada presenta una semejanza importante con material fósil obtenido del Eoceno de múltiples Unidades Estratigráficas de la Patagonia Argentina, lo que podría servir como indicativo auxiliar de la edad de las formaciones.

REFERENCIAS

- ANDRUCHOW-COLOMBO, A.; WILF, P. & ESCAPA, I. 2018. A South American fossil relative of *Phyllocladus*: *Huncocladus laubenfelsii* gen. et sp. nov. (Podocarpaceae), from the early Eocene of Laguna del Hunco, Patagonia, Argentina. *Australian Systematic Botany*. Vol. 32: 290-309.
- ANZÓTEGUI, L. 1998. Hojas de angiospermas de la Formación Palo Pintado, Mioceno superior, Salta, Argentina. Parte I: Anacardiceae, Lauraceae y Moraceae. *Ameghiniana*. Vol. 35, (1): 25-32.
- ASH, A.; ELLIS, B.; HICKEY, L.; JOHNSON, K.; WILF, P. & WING, S. 1999. Manual of Leaf Architecture: Morphological description and categorization of dicotyledonous and net-veined monocotyledonous angiosperms. Smithsonian Institution: 65 pp. Washington, DC.
- BARREDA, V. & PALAZZESI, L. 2007. Patagonian vegetation turnovers during the Paleogene-early Neogene: Origin of arid-adapted floras. *The botanical review*. Vol. 73, (1): 31-50.
- BARREDA, V.; PALAZZESI, L.; PUJANA, R.; PANTI, C.; TAPIA, M.; FERNÁNDEZ, D & NOETINGER, S. 2021. The Gondwana heritage of the Eocene-Miocene Patagonian floras. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 107: 103022.
- BERRY, E. 1928. Tertiary fossil plants from the Argentine Republic. *Proceedings of the United States National Museum*. Vol. 73, Art. 22.
- BERRY, E. 1938. Tertiary flora from the rio Pichileufu, Argentina. *Geological Society of America, Special Papers*. Número 12: 196 pp.
- BIRKENSENMAJER, K. & ZASTAWNIAK, E. 1989. Late Cretaceous-early Tertiary floras of King George Island, West Antarctica: their stratigraphic distribution and palaeoclimatic significance. *Geological Society, London, Special Publications*. Vol 47, (1): 227-240.
- BÖRGEL, R. 1983. Geomorfología de Chile. Instituto Geográfico Militar: 182 pp. Santiago.
- BORRERO, P.; BOHREN, A.; KELLER, H.; GRACE, L. & DUMMEL, C. 2016. La arquitectura foliar de las especies de Lauraceae nativas de Misiones, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol. 51, (1): 37-54.
- BRIONES, P. 2016. Análisis de la morfología foliar de improntas de las Formaciones Dorotea (Cretácico de Magallanes) y Curanilahue (Paleógeno de la Cuenca de Arauco). Seminario de título para optar al título de Biólogo. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias

- Naturales y Oceanográficas y Departamento de Ciencias de la Tierra (inédito): 98 pp. Concepción.
- CARPENTER, R.; WILF, P.; CONRAN, J. & CÚNEO, R. 2014. A Paleogene trans-Antartic distribution for *Ripogonum* (Ripogonaceae: Liliales)?. *Paleontología Electrónica*. Vol. 17, 3;39A: 9 pp.
- CARRASCO, A. & ROMERO, E. 1982. Arquitectura Foliar de las especies australianas y neocelandesas de *Nothofagus* (Fagaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol. 20, (3-4): 227-240
- CAVIGLIA, N. & ZAMALOA M. 2014. Flora angiospérmica de Pico Quemado, Formación Ñirihuau (Oligoceno tardío), Provincia de Río Negro, Argentina. *Ameghiniana*. Tomo 51, (3): 209-225.
- CÉSARI, S.; PANTI, C.; PUJANA, R.; FRANCIS, J. & MARENSSI, S. 2015. The late Oligocene flora from the Río Leona Formation, Argentinian Patagonia. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Vol. 216: 143-158.
- CHARRIER, A. 2019. Guía de Campo Anfibios de los Bosques de la Zona Centro Sur y Patagonia de Chile. *Ed. Corporación Chilena de la Madera*: 300 pp. Chile.
- CLEVELAND, C. 2016. Does the middle Eocene Río Pichileufú flora from Patagonia, Argentina record initial floristic response to global cooling and South American Isolation?. Penn State University, Poster, 2016.
- DICKISON, W. 1978. Comparative anatomy of Eucryphiaceae. *American Journal of Botany*. Vol. 65, (7): 722-735.
- DUHART, P.; MCDONOUGH, M.; CRIGNOLA, P.; ANTINAO, J.; CLAYTON, J.; ELGUETA, S. & URQUETA, E. 1998. Geología preliminar del área de cordillera de Zarao - río Llico, Región de Los Lagos. Servicio Nacional de Geología y Minería (Chile). Estudio Geológico-Económico de la X° Región Norte, Mapa 3. 1 mapa escala 1:100.000, 1 anexo. Santiago.
- ELGUETA, S.; MCDONOUGH, M.; LE ROUX, J.; URQUETA, E. & DUHART, P. 2000. Estratigrafía y sedimentología de las cuencas Terciarias de la Región de Los Lagos (39-41°30'S). *Servicio Nacional de Geología y Minería - Chile*. Boletín N° 57.
- ELLIS, B.; DALY, D.; HICKEY, L.; JOHNSON, K.; MITCHELL, J.; WILF, P. & WING, L. 2009. *Manual of Leaf Architecture*. Cornell University Press: 190 pp. New York.

- FINGER, K. & ENCINAS, A. 2009. Recognition and implications of globigerinathekids (Eocene planktic foraminifera) in coal-bearing successions of the forearc of south-central Chile. *Ameghiniana*. Tomo 46, (2): 437-442.
- FISCH, F. 2009. Taxonomia e contexto geológico da tafoflora da ilha Dufayel, ilha King George, península Antártica. Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção título de Mestre, pero Programa de Pós-Graduação em Geología, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Inédito): 140 pp. São Leopoldo.
- GANDOLFO, M & ROMERO, E. 1992. Leaf morphology and a key to species of *Nothofagus* Bl. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. Vol. 119, (2): 152-166.
- GANDOLFO, M.; HERMSEN, E.; ZAMALOA, M.; NIXON, K.; GONZÁLEZ, C.; WILF, P.; CÚNEO, N.R. & JOHNSON, K. 2011. Oldest known *Eucalyptus* macrofossils are from South America. *PLoS One*. Vol. 6, (6): e21084.
- GAYÓ, E. 2004. Estudio taxonómico y fisionómico-climático de la tafoflora Caleta Cocholgüe (36° 35' S y 72° 58' W), Eoceno inferior, Chile central. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias Biológicas, Mención Ecología y Biología Evolutiva. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias (Inédito): 164 pp. Santiago.
- GIROUX, P. 2019. Estratigrafía de los depósitos Neógenos-Cuaternarios y su relación con la evolución de la Cordillera de la Costa, en la zona comprendida entre Valdivia y La Unión, entre los 39°51'S y los 40°21'S, Región de Los Ríos, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo, Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra (Inédito): 49 pp. Concepción.
- GONZÁLEZ, C. 2011a. Arquitectura foliar de las especies de Myrtaceae nativas de la Argentina I: Grupos “*Myrcia*”, “*Myrceugenia*” y “*Plinia*”. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol. 46, (1-2): 41-63.
- GONZÁLEZ, C. 2011b. Arquitectura foliar de las especies de Myrtaceae nativas de la Argentina III: Grupo “*Eugenia*”. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol. 46, (1-2): 85-104.
- GREGORY-WODZICKI, K. 2000. Relationship between leaf morphology and climate, Bolivia: implications for estimating paleoclimate from fossil floras. *Paleobiology*. Vol. 26, (4): 668-688.

- HERMSEN, E.; GANDOLFO, M. & ZAMALOA, M. 2012. The fossil record of *Eucalyptus* in Patagonia. *American Journal of Botany*. Vol. 99, (8): 1356-1374.
- HERVÉ, F. 1988. Late Paleozoic Subduction and Accretion in Southern Chile. *Episodes*. Vol. 11, (3): 183-188.
- HILL, R.; READ, J. 1991. A revised infrageneric classification of *Nothofagus* (Fagaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. Vol. 105: 37-72.
- HINOJOSA, L. & VILLAGRÁN, C. 1997. Historia de los bosques del sur de Sudamérica, I: Antecedentes paleobotánicos, geológicos y climáticos del Terciario del cono sur de América. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol. 70: 225-239.
- HOLDEN, A. 1982. Fossil Lauraceae and Proteaceae from the Longford Formation, Murchison, New Zealand. *Journal of the Royal Society of New Zealand*. Vol. 12, (1): 79-90.
- HÜNICKEN, M. 1967. Flora Terciaria de los estratos de Río Turbio, Santa Cruz (Niveles plantíferos del arroyo Santa Flavia). *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad de Córdoba*. Vol. 27: 139-227.
- ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE FRESIA. 2009. Actualización del plan de desarrollo comunal de Fresia 2009-2014: 147 pp. Fresia.
- ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE FRESIA. 2019. Plan regulador comunal de Fresia, Región de Los Lagos. Memoria Explicativa: 174 pp. Fresia.
- ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE LOS MUERMOS. 2013. Plan regulador comunal de Los Muermos, Región de Los Lagos. Informe Ambiental: 159 pp. Los Muermos.
- KATO, T. & GODOY, E. 1995. Petrogenesis and Tectonic Significance of Late Paleozoic Coarse-Crystalline Blueschist and Amphibolite Boulders in the Coastal Range of Chile. *International Geology Review*. Vol. 37: 992-1006.
- LILLO, E.; BUOT, I.; MALAKI, A.; ALCÁZAR, S.; ROSALES, R.; DÍAZ, J.; REDOBLADO, B. & GEALON, G. 2020. Short Communication: Leaf architectural characteristics of *Cinnamomum cebuense* Kosterm, (Lauraceae) distributed in different geographical locations, taxonomic identification and conservation concerns. *Biodiversitas*. Vol. 21, (1): 246-251.
- MOLLOY, B. & MARKHAM, K. 1999. A contribution to the taxonomy of *Phyllocladus* (Phyllocladaceae) from the distribution of key flavonoids. *New Zealand Journal of Botany*. Vol. 37, (3): 375-382.

- MUNIZAGA, F.; HERVÉ, F.; DRAKE, R.; PANKHURST, R. J.; BROOK, M. & SNELLING, N. 1988. Geochronology of the Lake Region of south-central Chile (39°-42°S): Preliminary results. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 1, (3): 309-316. Great Britain.
- MUÑOZ, J. 1997. Sistemas estructurales Cenozoicos en la Región de Los Lagos, Chile: Interpretación de Lineamientos en Imagen Radarsat. Congreso Geológico Chileno N° 8. Actas Vol. 1: 190-194. Antofagasta.
- OKUDA, M.; NISHIDA, H.; UEMURA, K. & YABE, A. 2006. Paleocene/Eocene pollen assemblages from the Ligorio Márquez Formation, Central Patagonia, XI Region, Chile. Post-Cretaceous floristic changes in southern patagonia, chile (Nishida, H. editor). Chuo University: 37-43. Tokyo.
- PALMA-HELDT, S. & ALFARO, G. 1982. Antecedentes palinológicos preliminares para la correlación de los mantos de carbón del Terciario de la Provincia de Valdivia. Congreso Geológico Chileno N° 3. 207-235. Concepción.
- PALMA-HELDT, S. & DUHART, P. 2015. Consideraciones sobre el registro de macro y microflora en los Estratos de San Pedro, Cenozoico de Valdivia, Región de los Ríos, Chile. Congreso Geológico Chileno N° 14. 656-659. La Serena.
- PANTI, C. 2011. Análisis Paleoflorístico de la Formación Río Guillermo (Eoceno tardío-Oligoceno temprano?), Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*. Vol. 48, (3): 320-335.
- PANTI, C. 2014. Myrtaceae fossil leaves from the Río Turbio Formation (Middle Eocene), Santa Cruz Province, Argentina. *Historical Biology: An International Journal of Paleobiology*. Vol. 28, (4): 459-469.
- PANTI, C. 2018. Fossil leaves of subtropical lineages in the Eocene-?Oligocene of southern Patagonia. *Historical Biology: An International Journal of Paleobiology*. Vol. 32, (2): 252-266.
- PRÁMPANO, M.; QUATTROCCHIO, M.; GANDOLFO, M.; ZAMALOA, M. & ROMERO, E. 2007. Historia evolutiva de las angiospermas (Cretácico-Paleógeno) en Argentina a través de los registros paleoflorísticos. *Ameghiniana*. Vol. 11, (1): 157-172.
- PUJANA, R.; PANTI, C.; CUITIÑO, J.; GARCÍA MASSINI, J. & MIRABELLI, S. 2015. A new megaflore (fossil woods and leaves) from the Miocene of Southwestern Patagonia. *Ameghiniana*. Vol. 52: 350-366.

- QUEZADA, P. 2015. Geología del basamento de la Región de Los Lagos, Chile; evidencias de magmatismo calco-alcalino y aportes sedimentarios Devónicos. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 66 pp. Santiago.
- RAULIN, M. 1849. On the transformations of the flora of Central Europe during the Tertiary period. *The Botanical Gazette*. Vol. 6: 141-165.
- ROBLEDO, J.; ANZÓTEGUI, L.; MARTÍNEZ, O. & ALONSO, R. 2020. Flora and insect trace fossils from Mio-Pliocene Quebrada del Toro locality (Gobernador Solá, Salta Argentina). *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. 100: 102544.
- ROMERO, E. & CARRASCO, A. 1982. Arquitectura foliar de las especies de *Nothofagus* (Fagaceae) de Nueva Guinea y Nueva Caledonia. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol. 21, (1-4): 213-245.
- ROMERO, E. 1986. Paleogene phytogeography and climatology of South America. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 73, (2): 449-461.
- SANDOVAL, C. 2018. Análisis florístico y reconstrucción climática en base a ensambles foliares fósiles de los Estratos de San Pedro, Región de Los Ríos, Chile. Memoria para optar al título de Ingeniero en Conservación de Recursos Naturales, Programa de Vinculación con el Magister en Paleontología. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias (Inédito): 15 pp. Valdivia.
- SANDOVAL, C. 2019. Análisis florístico y reconstrucción climática del ensamble foliar fósil de los Estratos de San Pedro, Región de Los Ríos, Chile. Tesis de Magister en Paleontología. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias (Inédito): 166 pp. Valdivia.
- SOARES-SILVA, L. 2000. A Família MYRTACEAE - Subtribos: *Myrciianae* e *Eugeniiae* na bacia hidrográfica do Rio Tibagi, Estado do Paraná, Brasil. Tese apresentada ao Instituto de Biologia para obtenção do Título de Doutor em Biologia Vegetal, Universidade Estadual de Campinas (inédito): 462 pp. Campinas.
- TANAI, T. 1986. Phytogeographic and Phylogenetic history of the Genus *Nothofagus* Bl. (Fagaceae) in the Southern Hemisphere*. *Journal Faculty of Science, Hokkaido University, Ser. IV*. Vol. 21, (4): 505-582.
- TAYLOR, F. & HILL, R. 1996. A Phylogenetic Análisis of the Eucryphiaceae. *Australian Systematic Botany*. Vol. 9: 735-748.

- TOSOLINI, A.; CANTRILL, D. & FRANCIS, J. 2021. Paleocene high-latitude leaf flora of Antarctica Part 1: entire-margined angiosperms. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Vol. 285: 104317.
- TRONCOSO, A. & BARRERA, E. 1979. Estudio palinológico de tres testigos del pozo Río Blanco N° 1 (Osorno, Chile). Congreso Geológico Chileno N° 2, Actas. Vol. 3: H1-H14. Arica.
- TRONCOSO, A. & BARRERA, E. 1980. Polen del Eoceno de Osorno. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile*. Vol. 37: 179-203.
- TRONCOSO, A. 1991. Paleomegaflores de la Formación Navidad, Miembro Navidad (Mioceno), en el área de Matanzas, Chile central occidental. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile*. Vol. 42: 131-168.
- TRONCOSO, A.; SUÁREZ, M.; DE LA CRUZ, R. & PALMA-HELDT, S. 2002. Paleoflora de la Formación Ligorio Márquez (XI Región, Chile) en su localidad tipo: sistemática, edad e implicancias paleoclimáticas. *Revista Geológica de Chile*. Vol. 29, (1): 113-135.
- VENTO, B.; GANDOLFO, M.; NIXON, K. & PRÁMPANO, M. 2017. Paleofloristic assemblage from the Paleogene Río Guillermo Formation, Argentina: preliminary results of phylogenetic relationships of *nothofagus* in South America. *Historical Biology*. Vol. 29: 93-107.
- VENTO, B. & PRÁMPANO, M. 2018. Angiosperm association from the Río Turbio Formation (Eocene-Oligocene) Santa Cruz, Argentina: revision of Hünicken's (1955) fossil leaves collection. *Alchetinga: An Australasian Journal of Paleontology*. Vol. 42: 125-153.
- WILF, P.; CÚNEO, N.; JOHNSON, K.; HICKS, J.; WING, S. & OBRADOVICH, J. 2003. High plant diversity in Eocene South America: Evidence from Patagonia. *Science*. Vol. 300: 122-125.
- WILF, P.; LITTLE, S.; IGLESIAS, A.; ZAMALOA, M.; GANDOLFO, M.; CÚNEO, N. & JOHNSON, K. 2009. *Papuacedrus* (Cupressaceae) in Eocene Patagonia: A new fossil link to Australasian rainforest. *American Journal of Botany*. Vol. 96, (11): 2031-2047.
- WOLFE, J. 1971. Tertiary climatic fluctuations and methods of análisis of tertiary floras. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. 9: 27-57.
- WRIGHT, I.; DONG, N.; MAIRE, V.; COLIN, I.; WESTOBY, M.; DÍAZ, S.; GALLAGHER, M.; JACOBS, B.; KOOYMAN, R.; LAW, E.; LEISHMAN, M.; NIINEMETS, Ü.;

- REICH, P.; SACK, L.; VILLAR, R.; WANG, H. & WILF, P. 2017. Global climatic drivers of leaf size. *Science*. Vol. 357: 917-921.
- WUU-KUANG, S. 2011. Taxonomic revision of *Cinnamomum* (Lauraceae) in Borneo. *Blumea*. Vol. 56: 241-264.