



## SEDIMENTOLOGÍA DE LA CUENCA CARBONÍFERA NEÓGENA DE PUPUNAHUE-MULPÚN, X REGIÓN DE LOS LAGOS, CHILE.

VILLABLANCA, D<sup>1</sup>., ALFARO, G<sup>2</sup>., QUINZIO, L.A<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Católica del Norte, Depto. de Ciencias Geológicas, Av. Angamos 0610, Antofagasta. [dvillab@ucn.cl](mailto:dvillab@ucn.cl)

<sup>2</sup> Universidad de Concepción, Instituto GEA, casilla 160-C, Concepción.

<sup>3</sup> Universidad de Concepción, Depto. de Ciencias de la Tierra, casilla 160-C, Concepción.

### INTRODUCCIÓN

La Cuenca Carbonífera Neógena de Pupunahue-Mulpún se ubica 40 km al este de la ciudad de Valdivia y a 9 km al sur de la localidad de Máfil, en la provincia de Valdivia, X Región de Los Lagos, Chile (Fig. 1).

Con el fin de modelar y caracterizar la cuenca sedimentaria neógena se realizaron estudios litológicos de los mantos de carbón de la mina Mulpún, para lo cual se describieron sondajes de diamantina y se realizó un mapeo detallado del distrito del yacimiento Mulpún.

### ESTRATIGRAFÍA

En la Cuenca Carbonífera Neógena de Pupunahue-Mulpún se reconoce un Basamento Metamórfico Paleozoico-Triásico, rocas sedimentarias del Oligoceno-Mioceno y depósitos del Cuaternario (Fig. 2).

### PALEOZOICO-TRIÁSICO.

Este basamento está caracterizado por esquistos y escasas metabasitas, de colores grises a azulosos constituidas por minerales de cuarzo, muscovita y albita, y subordinadamente biotita, clorita y epidota.

Su base es desconocida y el techo lo constituyen, las unidades estratificadas del Neógeno y los depósitos del Cuaternario, que la sobreyacen en inconformidad.

Las rocas metamórficas de la zona de estudio, de acuerdo al grado de metamorfismo, litología y estructura, corresponden a la proyección septentrional de la sub-unidad Metamorfitas de Río Llico, del Complejo Metamórfico Bahía Mansa definida por Duhart *et al.* (1998).

### OLIGOCENO - MIOCENO

La secuencia sedimentaria neógena, en esta zona, se denomina Estratos de Mulpún. Se describe como una unidad marino-continental, con mantos de carbón en la parte inferior de la secuencia.

La base de los estratos se apoyan en inconformidad sobre rocas metamórficas del Paleozoico-Triásico y el techo se encuentra en discordancia angular con depósitos del Cuaternario.

## ASOCIACIÓN DE FACIES

Los Estratos de Mulpún están representados por cuatro asociaciones de facies:

1) *Asociación de Facies I*, constituida por fangolitas grises, sublitarenitas y subarcosas, con lentes milimétricos de carbón, matriz arcillosa y/o cemento calcáreo. Sobreyacen en inconformidad a las rocas metamórficas paleozoicas.

2) *Asociación de Facies II*, caracterizada por una secuencia de fangolitas portadoras de mantos de carbón, de espesor variable entre 0,4 m y 3,5 m, separados por niveles de arcillolitas de 0,85 cm y 0,06 cm. El análisis paleopalínológico del carbón señala que el principal aporte de materia orgánica a la Cuenca Carbonífera Neógena de Pupunahue-Mulpún derivó de fragmentos de plantas superiores, representados por *Nothofagidites*, *Podocarpidites* y *Araucariacites*; también Pteridophytas, hongos y escasas algas. El estudio petrográfico del carbón indica el predominio del grupo maceral vitrinita, el cual representa los fragmentos carbogenizados de plantas superiores, sobre liptinita, equivalente a sustancias cerosas, secreciones resinosas y algas, y escasas inertinitas o restos de hongos y trozos carbonizados. El espesor máximo es de 14 m en su principal depocentro, el cual se orienta en dirección NNW-SSE.

El límite inferior de esta facies está dado por una superficie neta en aparente concordancia, que pone en contacto las fangolitas grises de la Facies I con las fangolitas carbonosas de la Facies II.

3) *Asociación de Facies III*, consiste en facies areno-pelíticas cuya asociación, de base a techo es: fangolitas negras, con frecuente laminación anaranjada que disminuye progresivamente hacia el techo. En estas fangolitas se observan improntas de hojas asociadas al género *Nothofagidites* y escasos fragmentos de moluscos indeterminados, con caparazón calcáreo. El espesor de las fangolitas negras tiende a aumentar hacia el este, desde 40 m hasta 90 m.

Las arenitas presentes en esta asociación de facies tienen en conjunto un espesor variable entre 25 m y algo más de 60 m, hacia el septentrional de la cuenca. Las arenitas se dividen en litoarenitas feldespáticas y volcarenitas verdes y pardas, con matriz arcillosa y/o con cemento calcáreo, en las cuales se reconocen bancos fosilíferos marinos, principalmente de gastrópodos (turritelidos) y de pelecípodos (*Mytilus* sp.), junto con escasos fragmentos de crustáceos. Las sublitarenitas son gris claras, con matriz arcillosa y cemento calcáreo. Las volcarenitas de granulometría fina a media presentan localmente estructuras de estratificación cruzada tabular, con foreset de al menos 1 m de largo, de bajo ángulo y en dos direcciones (hacia el sureste y noroeste), que forman cuñas de 5° a 10°.

4) *Asociación de Facies IV*, corresponde a una secuencia sedimentaria constituida por fangolitas, en parte arenosas, gris muy claro y con abundantes microfósiles, particularmente foraminíferos. También es característica la presencia de nódulos o concreciones calcáreas de forma esférica, con diámetros entre 1 cm y 3 cm, y otros de forma irregular, algo aplanadas, dispuestas paralelamente a la estratificación. El espesor de esta secuencia aumenta progresivamente en dirección oeste desde 80 m a 112 m.

## AMBIENTE DEPOSITACIONAL

1) *Asociación de Facies I: Fluvio-estuarial (?)*

Las características litológicas y la morfología de los estratos de esta asociación de facies sugieren el desarrollo de un flujo canalizado con influencia marina. Los flujos canalizados, en general, se caracterizan por contener cuerpos de roca (litosomas) lentiformes y madurez textural variable (Blanco, 1996).

De acuerdo con lo anterior, la facies señala un ambiente transicional asociado a la parte inferior de un estuario, el cual se caracteriza por una fuerte influencia marina, donde se acumulan arenas de playa, arenas de desembocadura y materia orgánica (turba), detrás de las barras de arena de desembocadura.

Sobreyacen a la facies fluvio–estuarial los estratos de la Facies II.

### *2) Asociación de Facies II: Palustre*

Los mantos de carbón presentes en esta asociación de facies se atribuyen a una cuenca preexistente, en la cual hubo acumulación y preservación de materia vegetal (turba), lo que se vió favorecido, en general, por un abundante desarrollo de la flora, por el clima y por el ambiente depositacional (terreno pantanoso o palustre).

Los niveles arcillosos entre los mantos de carbón están compuestos principalmente por montmorillonita, con bajos contenidos en plagioclasa y cuarzo (Méndez, 1993). La escasa presencia de materia orgánica en ellos indica una acumulación muy rápida de los sedimentos, en un ambiente en que el aporte de materia vegetal es abundante. A juzgar por la homogeneidad de las arcillolitas, su composición mineralógica y la extensión lateral, esta unidad se interpreta como un antiguo depósito de cenizas volcánicas, que comúnmente se denominan en el ámbito del carbón como “tonsteins” (de origen alemán, que significa roca arcillosa). La presencia de circones euhedrales en las sedimentitas evidencia que el mecanismo de depositación es por decantación de material en suspensión.

La asociación paleoflorística indica un medio de sedimentación lacustre o de pantano salino (Palma y Alfaro, 1982).

Un análisis más detallado de esta facies, a través del estudio petrográfico del carbón, señala el desarrollo de un pantano límnic, autóctono, rodeado por abundante vegetación arborescente asociado a un sistema aluvial de delta superior.

### *3) Asociación de Facies III: Llanura Mareal*

La asociación de Facies III representa procesos depositacionales particulares, desarrollados en un ambiente de llanura mareal.

Las fangolitas negras se interpretan como el resultado de un depósito en zonas relativamente llanas, sobre el nivel mareal (supratidal), con vegetación freatófica–marina. Las facies arenosas y sus estructuras se interpretan como el resultado de un medio de baja energía, en una zona relativamente llana y afectado por flujos y reflujos de marea (zona intramareal) (Reineck y Singh, 1980). Los “forsets” planares truncados y de bajo ángulo, que se observan en las volcarenitas son característicos de arenas de playa (Clifton, 1969).

Los materiales detríticos más finos -las fangolitas negras- tienden a aumentar de espesor hacia el continente (este), mientras que las sedimentitas arenosas se incrementan en dirección del mar (oeste). La transición entre las fangolitas negras y las sedimentitas arenosas es gradual y se caracteriza por la presencia de interlaminaciones con estratificación flaser. En una sección vertical, la morfología de estas estructuras es variable de acuerdo al contenido de fango versus arena. Este tipo de estructura ocurre en áreas en las que hay alternancia de períodos de corriente con otros de quietud (Corrales *et al.*, 1988).

La composición lítica de las fracciones arenosas indica que los terrenos alzados y, por tanto, erodados estaban constituidos fundamentalmente por rocas volcánicas de carácter básico pertenecientes a formaciones meso–cenozoicas ubicadas en la franja de la Proto–Cordillera Principal. Por consiguiente, existiría un margen montañoso de carácter volcánico situado hacia el este y desde el cual descendieron los sedimentos hacia una depresión ocupada por la llanura mareal.

#### 4) *Asociación de Facies IV: Plataforma continental marina*

El ambiente en que se depositó esta asociación se deduce a partir de las especies de foraminíferos: *Sphaeroidina bulloides*, especie heterobatal cuyo límite batimétrico mínimo es de 100 m y el máximo es de 4.000 m b.n.m., aproximadamente, y *Gyroidinoides soldanii*, especie cuyo límite mínimo se ubica a 500 m b.n.m. (Martínez-Pardo y Pino, 1979). Igualmente, la especie isobatial *Pullenia bulloides*, cuyo límite batimétrico mínimo es entre 80-100 m y el máximo puede llegar hasta los 3.500 m (Marchant, 1990). En consecuencia, la microfauna indica que la asociación de Facies IV se depositó en un ambiente de plataforma continental marina con profundidades mayores a 500 metros.

## PLEISTOCENO–HOLOCENO

### DEPÓSITO DE GRAVAS

Son depósitos semiconsolidados de gravas con clastos de rocas volcánicas y metamórficas, en estado caótico, mal seleccionados, con diferentes colores y tonalidades, en una matriz soportada rosada, de granulometría limosa–arenosa, que le da un aspecto multicolor y característico al afloramiento.

La base de la unidad no aflora en la zona de estudio y el techo está en concordancia con depósitos piroclásticos del Pleistoceno Superior.

Las gravas mapeadas en el sector de Mulpún son semejantes a otros depósitos encontrados en la región, cuyo origen ha sido asociado a eventos glaciales ocurridos durante el Pleistoceno Superior (Illies, 1970 y Duhart *et al.*, 1998), sin embargo, no se puede comprobar su relación con otros depósitos fluvioglaciales o morrenas de estadios más antiguos o más nuevos.

### DEPÓSITO DE ARENAS Y ARCILLAS

Consisten en depósitos de arenas gris–verdes, grano grueso, regular selección y bien compactas con intercalaciones arcillosas, estas últimas en menor proporción. En la provincia de Valdivia el depósito de arenas ha sido comúnmente conocido como Cancagua (Philippi, 1887; Brüggén,

1950; Illies, 1970). La morfología de la Cancagua configura una terraza horizontal a 40 m s.n.m., la cual es disectada por esteros y ríos.

Otros depósitos de arenas tienen color de meteorización pardo a rojizo, granulometría media a fina y estratificación cruzada festoneada.

Se observan limos-arenosos grises, con niveles de pelecípodos de agua dulce, pertenecientes a la familia unionidae, probablemente *Diplodon* sp. (ex *Unio* sp.); y arcillas blanco-amarillentas, masivas, homogéneas, de 1,70 m de espesor, las cuales se transforman gradualmente en arcilla arenosa, rosado pálido, masiva, con incipiente estructura entrecruzada (Fig.3).

Sobreyacen a estos depósitos, en discontinuidad, horizontes arcillosos pardo-rojizos, de origen piroclástico generados en el interglacial Santa María-Llanquihue.

Los depósitos de arena, en la región, engranan lateralmente y, en sectores, sobreyacen a los sedimentos glaciofluviales de la Cordillera de la Costa, por consiguiente, se han interpretado como facies distales de los depósitos glaciofluviales transportados desde el sector del Lago Riñique (Illies, 1970; Duhart *et al.*, 1998). De acuerdo a las similitudes en la meteorización de los sedimentos y a las relaciones de contacto, se asigna esta unidad al mismo lapso de los depósitos morrénicos de la glaciación Santa María, generados durante el Pleistoceno Superior.

### **DEPÓSITOS PIROCLÁSTICOS**

Corresponden a sedimentos arcillosos algo arenosos, pardo-rojizos, con estratificación paralela y regularmente compactados. Se distribuyen ampliamente en el área de estudio, configurando una topografía ondulada. Yacen en discontinuidad sobre los depósitos fluvio-glaciales relacionados a la glaciación Santa María y al posterior período interglacial.

Pueden ser correlacionables con afloramientos de similares características dentro de la región, los cuales han sido interpretados como antiguas cenizas (tobas) volcánicas que evidencian etapas de meteorización avanzada, formados bajo condiciones climáticas diferentes a las actuales, más cálidas y más húmedas, cuya edad se sitúa, de acuerdo al grado de meteorización y a las relaciones estratigráficas, en el interglacial Santa María-Llanquihue (Lauer y Besoain, 1983; Laugenie *et al.*, 1975; en Tosso, 1985).

### **SEDIMENTOS DE TERRAZAS FLUVIALES**

Están compuestos por gravas y arenas, fundamentalmente producto de la erosión de volcanitas e intrusivos, que se distribuyen a lo largo del Río Calle-Calle, principal río del área, formando amplios niveles aterrizados, que sirven de base a asentamientos de comunidades urbanas y que presentan, además, un buen desarrollo agrícola y ganadero.

### **SEDIMENTOS DE VALLES ACTUALES**

Formados por materiales inconsolidados, de gravas, ripios y arenas, que constituyen el relleno actual del cauce de los ríos y esteros. Se encuentran en prácticamente todas las vías fluviales, pero son más abundantes en los principales, como el Río Calle-Calle y Río Máfil.

## **CONCLUSIONES**

La evolución de los sedimentos de la Cuenca Carbonífera Neógena de Pupunahue-Mulpún está relacionada con el desarrollo de la Depresión Central en la X Región de Los Lagos, vinculada al comienzo de un régimen extensional, que de acuerdo a Cisternas y Frutos (1994) ocurrió durante el Oligoceno Superior.

Durante el estadio inicial de la cuenca tiene lugar la formación de un sistema estuarial (Facies I), labrado sobre rocas metamórficas de edad Paleozoico–Triásico, de dirección preferencial NW–SE. Esta sedimentación clástica habría recibido aportes desde de los flancos del valle, como también desde el este, donde se situaban los terrenos alzados, constituidos por rocas metamórficas, rocas sedimentarias y rocas ígneas pre–oligocenas.

Posteriormente, el régimen extensional continua, sin embargo, el movimiento relativo de bloques en el sector durante el Oligoceno–Mioceno (Frutos y Tobar, 1975) controla la paleogeografía. Cuando se alzan los bloques, se produce el embancamiento del drenaje o el anegamiento de las aguas y una importante acumulación y preservación de materia vegetal, con la consiguiente formación de una turbera (Facies II). Durante esta etapa predominaron condiciones tectónicas relativamente estables y una progresiva y lenta subsidencia.

El estudio de macerales y el análisis paleopalinológico de la Facies II señalan que el principal aporte de materia orgánica a la Cuenca Carbonífera Neógena de Pupunahue-Mulpún derivó de fragmentos de cortezas, raíces, resinas, hojas, etc., de plantas superiores, tales como *Nothofagidites*, *Podocarpidites* y *Araucariacites*, junto a helechos y musgos, representados por esporas de Pteridophytas, y por formas de hongos y escasas algas. Las partes carbogenizadas de estos vegetales están reflejadas por altos contenidos en vitrinitas, en menor proporción liptinitas y escasas inertinitas. Estos restos se depositaron bajo un clima húmedo, asociados a la formación de un sistema fluvial de delta superior.

Durante el Mioceno Inferior, un evento de subsidencia mayor, desarrolló una llanura mareal (Facies III), la cual habría recibido aportes desde el Este, donde se situaban los terrenos alzados constituidos fundamentalmente por rocas volcánicas de composición andesítica–basáltica.

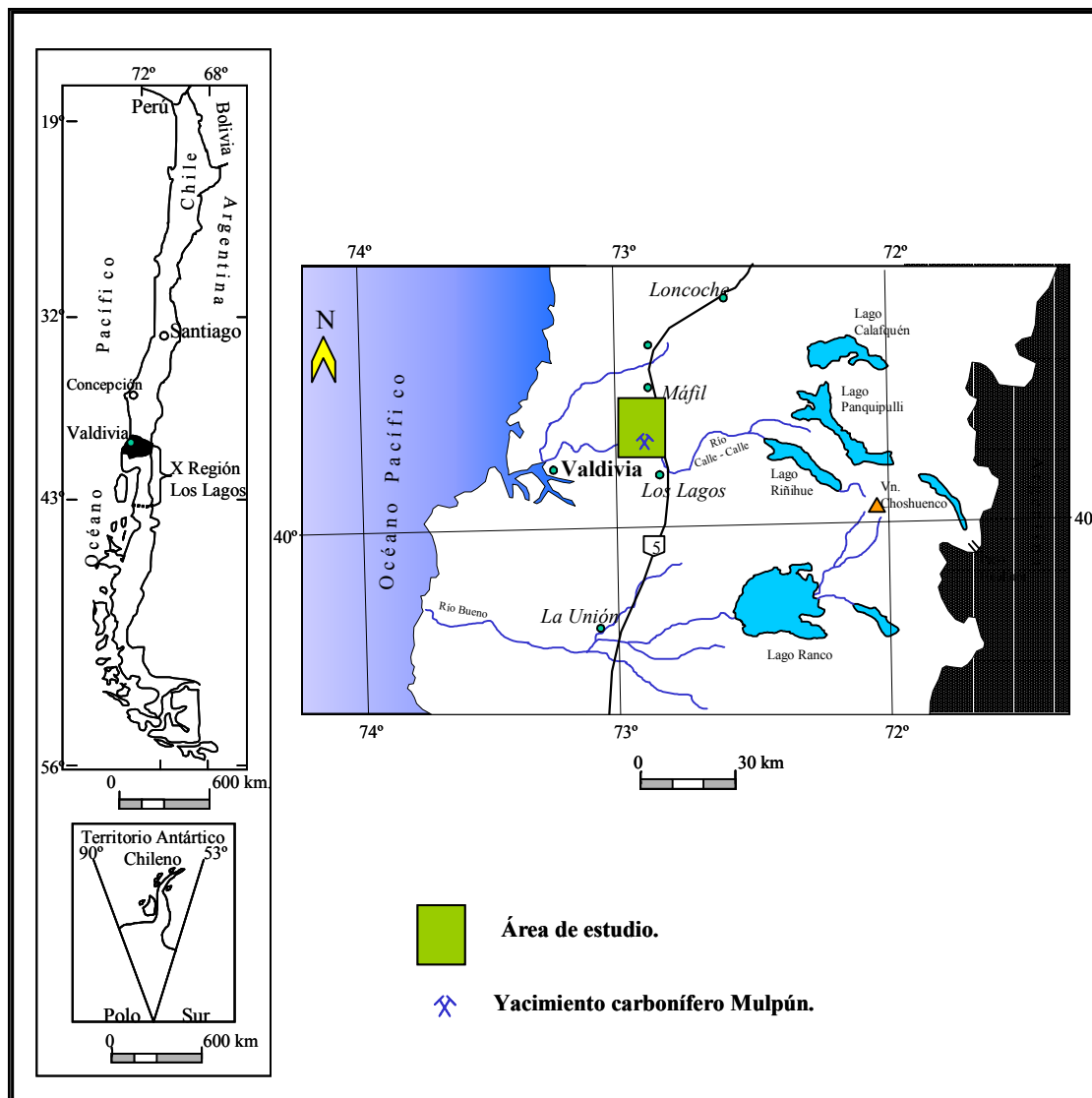
Mientras en el Mioceno Superior, tiene lugar una transgresión marina de carácter regional asociada al desarrolló de una plataforma continental (Facies IV), con una profundidad mayor a 500 m, aguas con alrededor de 10° C y salinidad normal, que tenía las características de una cuenca oceánica abierta.

A continuación, en el Pleistoceno, las características sedimentológicas de los depósitos de arcillas y arenas semiconsolidadas, reflejan períodos interglaciales, asociados a las glaciaciones Santa María y Llanquihue, y a eventos volcánicos.

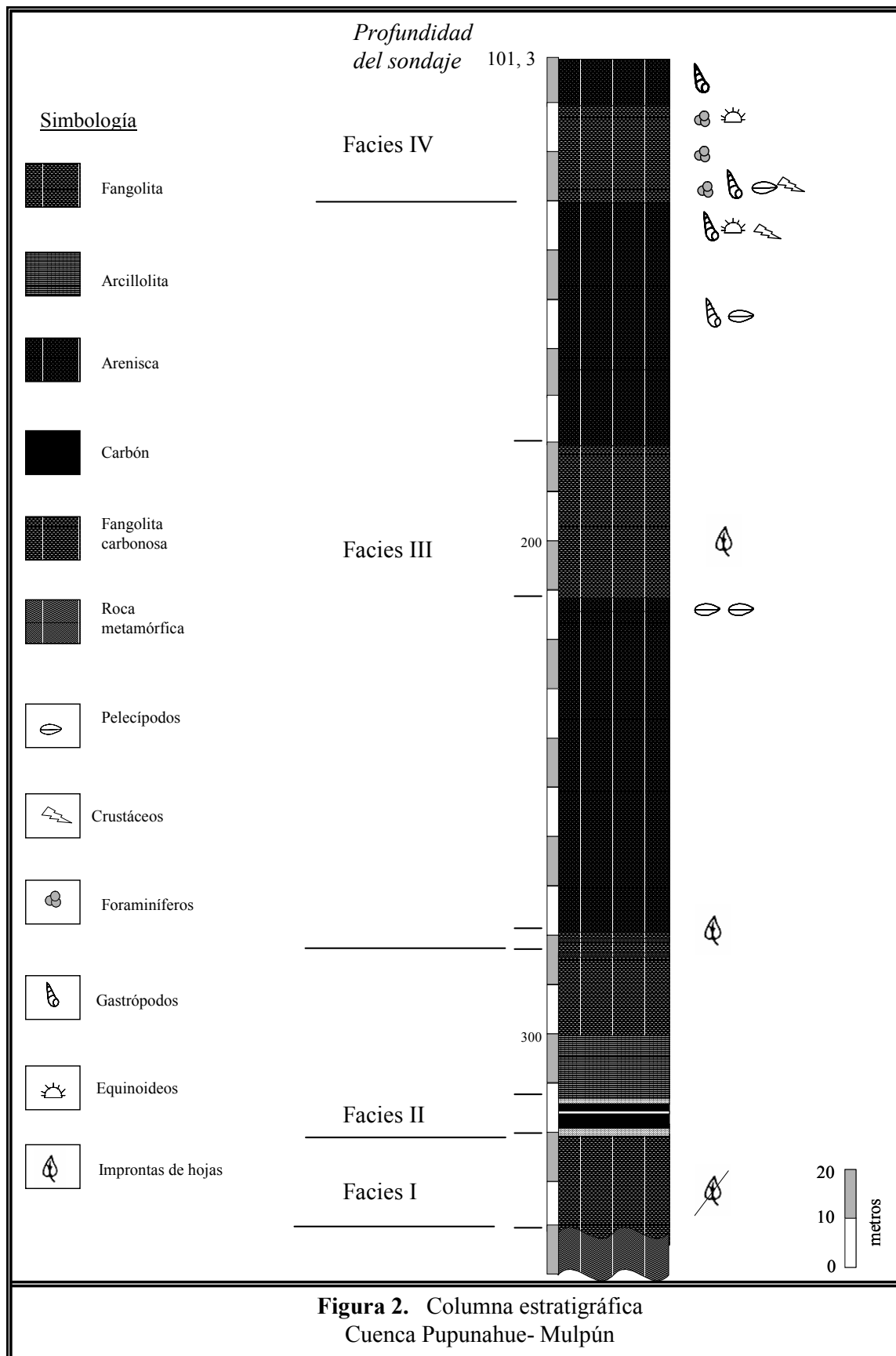
Finalmente el Holoceno-Reciente está representado por depósitos de terrazas y valles fluviales.

## **AGRADECIMIENTOS.**

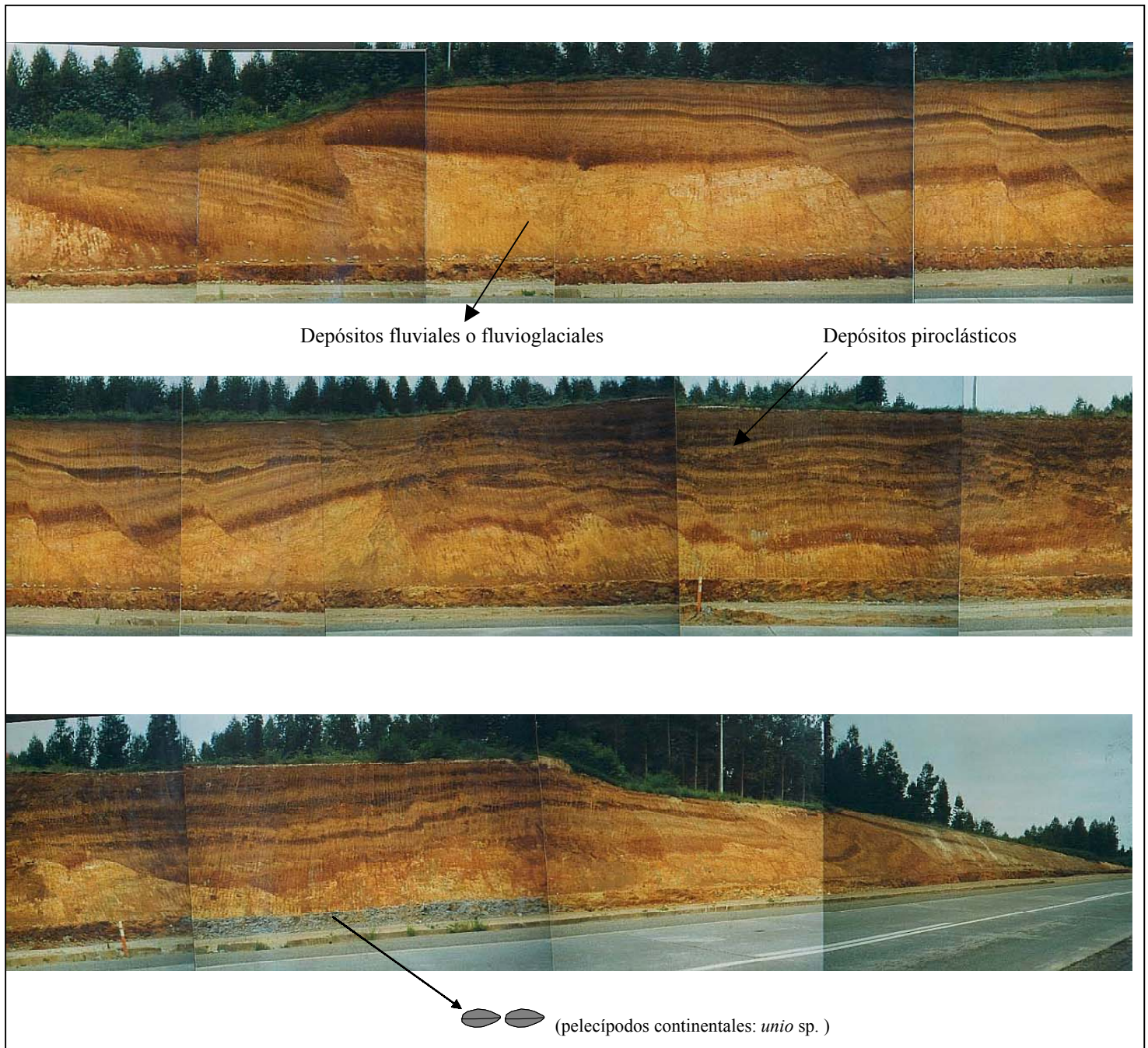
Este trabajo se enmarca dentro de la Memoria de Título “Geología y Petrología del Carbón: Yacimiento Carbonífero Mulpún. Provincia de Valdivia, X Región de Los Lagos, Chile”, Universidad de Concepción, Dpto. Ciencias de la Tierra. Los autores agradecen a la Compañía Carbonífera San Pedro de Catamutún por el financiamiento y apoyo logístico durante esta labor.



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la zona de estudio. Yacimiento carbonífero Mulpún ( $39^{\circ} 45' S$ ;  $72^{\circ} 58' W$ )







**Figura 3.** Afloramiento de depósitos cuaternarios: sedimentos arcillosos, arenas finas y depósitos piroclásticos estratificados. El sistema de fallas que afecta a esta secuencia tiene una dirección preferencial E-W, normal, oblicua y un “pitch” de 60°-65° este (Ruta 5 Sur; km 817, 120 - km 817, 170).

### REFERENCIAS

- Brüggen, J., 1950. Fundamentos de la Geología de Chile.- Ed. Instituto Geográfico Militar, 374 p. Santiago.
- Cisternas, M. y Frutos, J., 1994. Evolución tectónica de la cuenca terciaria de los Andes del Sur de Chile (37° 30' - 40° 30' Lat. S).- VII Congreso Geológico Chileno, Vol.1, p. 6-12. Concepción.
- Clayton, J., Clapperton C. y ANTINAO, J., 1997. Las glaciaciones pleistocenas en la cuenca del Lago Villarrica, Andes del Sur.- VIII Congreso Geológico Chileno, Vol. 1, p. 307 – 311. Antofagasta.
- Clifton, H., 1969. Beach lamination: naturaleza y origen.- Mar. Geol., Nº 7, p. 533 – 559. New York.

- Corrales, I., Rossell, J., Sanchez, L., Vera, J. y Vilas, L., 1988. Estratigrafía.- Ed. Rueda. 718 p. Madrid.
- Di Biase, F. y Lillo, F., 1973. Geología regional, geoquímica del drenaje, minería, de la provincia de Valdivia.- Inst. Invest. Rec. Nat, 97 p. Santiago.
- Duhart, P., 1999. Geología del basamento metamórfico de la Cordillera de la Costa, entre los 41° 00' y los 42° 00' L. S, X Región, Chile: Consideraciones geocronológicas.- Memoria de Título, geólogo (inédito), Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra, 157 p. Concepción.
- Duhart, P., Antinao, J., Clayton, J., Crignola, P., McDonough, M. y Elgueta S., 1998. Geología preliminar área Los Lagos. Mapa 11, escala 1: 100.000. En Sernageomin (Eds.), Estudio Geológico y Económico de la X Región Norte.- Servicio Nacional de Geología y Minería, Vol.2, p. 141- 156. Santiago.
- Duhart, P., Martin, M., Muñoz, J., Crignola, P. y McDonough, M., 1997. Acerca de la edad del protolito del Basamento Metamórfico de la Cordillera de la Costa de la X Región: Edades preliminares  $^{207}\text{Pb} / ^{206}\text{Pb}$  en circones detríticos.- VIII Congreso Geológico Chileno, Vol. 2, p. 1267 – 1270. Antofagasta.
- Elgueta, S. y Urqueta, E., 1998. Sedimentología y estratigrafía de las cuencas terciarias del antearco de la X Región norte de Chile (entre las latitudes 39° y 42° Sur).- Depto. de Geología, Universidad de Chile. Fundación para la Transferencia Tecnológica y Servicio Nacional de Geología y Minería, 60 p. Santiago.
- Frutos, J. y Tobar, A., 1975. Evolution of southwestern continental margin of South América Gondwana.- Gondwana Basins and Continental Margins (Symp.), N° 39, p. 565 – 578. Canberra.
- Illies, H. 1970. Geología de los alrededores de Valdivia y Volcanismo y Tectónica en márgenes del pacífico en Chile Meridional.- Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. 64 p. Valdivia.
- Lauer, W. y Besoain, E., 1983. Los suelos y las glaciaciones del Cuaternario en la región de Los Lagos, sur de Chile.- En Tosso, J. (Ed.) Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 723 p. Santiago.
- Laugenie, C., 1982. La region des lacs, Chili meridional, recherches sur l'évolution géomorphologique d' un piémont glaciaire quaternaire andin.- These de Doctorat D'Etat, Université de Bordeaux. 322 p. Bordeaux.
- Le Roux, J. y Elgueta, S., 2000. Sedimentologic development of a Late Oligocene –Miocene forearc embayment, Valdivia Basin Complex, southern Chile.- Sedimentary Geology. Elsevier Science Publishers, Vol. 130, p. 27 – 44. Amsterdam
- Leppe, M. y Palma-Heldt, S., 1997. Chilean record of *Araucaria* – *Nothofagus* – *Podocarpus* association since Terciary to Recent. II South. Connect. Cong. Valdivia, p. 28. Valdivia.
- Marchant, M. y Pineda, V., 1988. Determinación de la edad del miembro superior marino de los Estratos de Pupunahue, mediante foraminíferos.- V Congreso Geológico Chileno, Vol. 2, p. C311 – C325. Santiago.
- Marchant, M., 1990. Foraminíferos Miocénicos de los Estratos de Pupunahue (Provincia de Valdivia: X Región): Determinación de la edad probable y paleoambiente.- II Simposio sobre el Terciario de Chile, p. 177-188. Concepción.
- Martinez, R. y Zuñiga, P., 1976. Edad y paleoecología de la Formación Cholchol, Prov. de Cautín, Chile.- I Congreso Geológico Chileno, Vol. 1, p. C107- C123. Santiago.
- Martinez-Pardo, R. y Pino, M., 1979. Edad, paleoecología Y EDIMENTOLOGÍA DEL Mioceno marino de la Cuesta Santo Domingo, provincia de Valdivia, X Región.- II Congreso Geológico Chileno, p. 6-11. Arica.
- Méndez, D., 1993. Alteraciones diagenéticas en sedimentos arcillosos terciarios de los Estratos de Pupunahue, provincia de Valdivia, X Región.- Proyecto de título, geólogo (inédito), Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra, 57 p. Concepción.
- Mercer, J., 1976. Glacial history of southern South America.- Quaternary Research, Vol. 6, p. 125 – 166. New York – Toronto.
- Miall, A., 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits: A sumary. En Miall, A. (ed.), Fluvial Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir N° 5, p. 597 – 604. Calgary.
- Miall, A., 1984. Principles of sedimentary basin analysis.- Springer, 490 p. New York.
- Munizaga, F., Hervé, F., Drake, R., Brook, M., Pankhurst, R. y Snelling, N., 1988. Geochronology of the Lake Region of South – Central Chile (39° - 42° S). Comunicaciones, Departamento de Geología, Universidad de Chile, N° 35, p. 167 – 170. Santiago.
- Muñoz, J., 1997. Sistemas estructurales cenozoicos en la región de Los Lagos, Chile: Interpretación de lineamientos en imagen radarsat. VIII Congreso Geológico Chileno, Vol.1, p. 190 – 194. Antofagasta.
- Palma- Heldt, S. Y Alfaro, G., 1982. Antecedentes palinológicos preliminares para la correlación de los mantos de carbón del Terciario de la Provincia de Valdivia.- III Congreso Geológico Chileno, Vol. 1, p. A207 – A235. Concepción.
- Palma- Heldt, S., 1987. Registro de Nothofagidites en localidades terciarias chilenas.- VII Simposio Argentino de Paleobotánica y Paleopalínología, p. 125 – 128. Buenos Aires
- PhilippI, R. A., 1887. Fósiles Terciarios y Cuaternarios de Chile, 266 p. Leipzig.

- Pincheira, W., 1996. Aspectos estructurales y petrológicos del Basamento Metamórfico al sur de Malalhue.- Memoria de título, geólogo (inédito), Universidad de Chile, Departamento de Geología, 127 p. Santiago.
- Pino, M. 1990. Interpretación a través de análisis litoestratigráficos y granulométricos de los ambientes de depositación en una cuenca miocénica, Valdivia, Chile.- II Simposio sobre el Terciario de Chile, p. 245-258. Concepción.
- Porter, S., 1981. Pleistocene glaciation in the southern Lake District of Chile.- Quaternary Research, Vol. 16, p. 263 - 293. Illinois.
- Reineck, H. y Sic, I., 1980. Depositional sedimentary environments. Springer – Verlag, 549 p. New York.
- Romero, J., 1978. Polen de Gimnospermae y Fagáceas de la Formación Río Turbio (Eoceno) Santa Cruz, Argentina.- Fund. Educ. Ciencia y Cultura, 223 p. Buenos Aires.
- Tosso, J. 1985. Suelos volcánicos de Chile.- Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 723 p. Santiago.
- Van Krevelen, D., 1961. Coal.- Elsevier Science Publishers, 514 p. Amsterdam
- Vega, C., 1991. Geología regional de la Cuenca Terciaria de La Unión, X Región, Chile: análisis de facies y secuencial sobre sedimentitas del Terciario Inferior – Medio.- Proyecto de título, geólogo (inédito), Universidad de Concepción, Departamento de Geociencias, 41 p. Concepción.
- Weitschet, W., 1964. Geomorfología glacial de la Región de Los Lagos.- Comunicación de la Escuela de Geología, Universidad de Chile, N° 4, 36 p. Santiago.