



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS
DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA TIERRA



**ANÁLISIS TAFONÓMICO DE LAS
ASOCIACIONES FAUNÍSTICAS PRESENTES EN
LOS AFLORAMIENTOS DE LA FORMACIÓN
RANQUIL (MIOCENO INFERIOR), PROVINCIA
DE ARAUCO, REGIÓN DEL BIOBÍO, CHILE**

Memoria para optar al Título de Geólogo

Diego Ignacio Volosky Medina

Profesor Patrocinante: Dr. Alfonso Encinas Martin
Profesional Guía: Sra. Katherine Estefanía Cisterna Concha
Profesores Comisión: Msc. Sylvia Cecilia Palma Heldt
Dra. María Verónica Pineda Mascayano

Concepción, 2021

ÍNDICE

Página

Resumen	
1. Introducción	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.1. Objetivos Específicos	2
1.3. Ubicación y Accesos	2
1.4. Trabajos Anteriores	2
1.5. Agradecimientos	4
2. Marco Geológico Regional	6
2.1. Geología Regional	6
2.1.1. Rocas Metamórficas	6
2.1.1.1. Basamento Metamórfico.....	6
2.1.2. Rocas Intrusivas	8
2.1.2.1. Batolito Costero del Sur.....	8
2.1.3. Rocas Estratificadas	9
2.1.3.1. Formación Quiriquina (Cretácico Superior).....	9
2.1.3.2. Grupo Lebu.....	10
2.1.3.2.1. Formación Curanilahue (Eoceno inferior).....	10
2.1.3.2.2. Formación Boca Lebu (Eoceno inferior).....	11
2.1.3.2.3. Formación Trihueco (Eoceno medio).....	11
2.1.3.2.4. Formación Millongue (Eoceno inferior).....	11
2.1.3.3. Formación Ranquil (Mioceno inferior).....	12
2.1.3.4. Formación Tubul (Plioceno superior – Pleistoceno inferior).....	13
2.1.4. Depósitos Semiconsolidados y No Consolidados	13
2.1.4.1. Formación Cañete (Plioceno – Pleistoceno).....	13
2.2. Marco Geotectónico	13
3. Marco Teórico	15
3.1. Tafonomía	15
3.2. Tafofacies	16
3.3. Concentraciones Fósiles	17
3.3.1. Caracterización y Clasificación de Concentraciones Fósiles	17
4. Metodología	24
4.1. Trabajo de campo	24
4.2. Trabajo de laboratorio	24
4.4. Tratamiento de datos y caracterización de tafofacies	25
5. Estratigrafía	28
5.1. Localidades	28

5.2. Unidades.....	29
5.2.1. LEB (Lebu).....	29
5.2.2. RAN (Caleta Ranquil).....	31
5.2.3. RQT (Caleta Ranquil).....	33
5.2.4. RQS (Punta Huenteguapi).....	35
5.2.5. RQK (Punta Huenteguapi).....	36
6. Paleontología Sistemática.....	37
6.1. Introducción.....	37
6.2. Descripción Sistemática.....	38
6.3. Paleoecología.....	83
7. Análisis Tafonómico.....	85
7.1. Tafofacies Tipo 1 (Tf1).....	87
7.1.1. Rasgos sedimentológicos.....	87
7.1.2. Rasgos paleontológicos.....	88
7.1.3. Rasgos tafonómicos.....	89
7.2. Tafofacies Tipo 2 (Tf2).....	91
7.2.1. Rasgos sedimentológicos.....	91
7.2.2. Rasgos paleontológicos.....	91
7.2.3. Rasgos tafonómicos.....	92
7.3. Tafofacies Tipo 3 (Tf3).....	94
7.3.1. Rasgos sedimentológicos.....	94
7.3.2. Rasgos paleontológicos.....	95
7.3.3. Rasgos tafonómicos.....	96
7.4. Tafofacies Tipo 4 (Tf4).....	97
7.4.1. Rasgos sedimentológicos.....	97
7.4.2. Rasgos paleontológicos.....	99
7.4.3. Rasgos tafonómicos.....	99
7.5. Tafofacies Tipo 5 (Tf5).....	101
7.5.1. Rasgos sedimentológicos.....	101
7.5.2. Rasgos paleontológicos.....	102
7.5.3. Rasgos tafonómicos.....	103
8. Discusión.....	106
8.1. Interpretación genética de tafofacies.....	106
8.1.1. Tafofacies Tipo 1 (Tf1).....	106
8.1.2. Tafofacies Tipo 2 (Tf2).....	107
8.1.3. Tafofacies Tipo 3 (Tf3).....	109
8.1.4. Tafofacies Tipo 4 (Tf4).....	111
8.1.5. Tafofacies Tipo 5 (Tf5).....	112
8.2. Clasificación genética de tafofacies.....	114
8.3. Modelo genético.....	117
9. Conclusiones.....	121

Referencias	123
Anexos	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. 1. Mapa de ubicación y accesos del área de estudio.....	3
2. 1. Mapa geológico regional, Cuenca de Arauco 1:50.000.....	7
3. 1. Terminología empleada en la descripción de la biofábrica de concentraciones fósiles.....	18
3. 2. Terminología empleada en la descripción de la geometría de concentraciones fósiles.....	19
3. 3. Triángulo genético empleado por Kidwell <i>et al.</i> (1986).....	21
3. 4. Abundancias relativas de concentraciones fósiles en ambientes marinos costeros.....	22
3. 5. Distribución genética de concentraciones fósiles en ambientes marinos costeros.....	23
4. 1. Clasificación de concentraciones fósiles según selección de los bioclastos.....	26
4. 2. Clasificación de concentraciones fósiles según empaquetamiento.....	27
5. 1. Mapa de ubicación de localidades visitadas en el estudio.....	29
5. 2. Rasgos sedimentológicos de unidad LEB.....	30
5. 3. Rasgos sedimentológicos de unidad RAN.....	31
5. 4. Ejemplos de contenido fosilífero de unidad RAN.....	32
5. 5. Rasgos sedimentológicos de unidad RQT.....	33
5. 6. Ejemplos de contenido fosilífero de unidad RQT.....	34
5. 7. Rasgos sedimentológicos de unidad RQS.....	35
5. 8. Rasgos sedimentológicos de unidad RQK.....	36
6. 1. Distribución batimétrica de los géneros identificados para las muestras recolectadas y sus respectivas localidades de muestreo.....	84
7. 1. Histograma de distribución de tamaño para los bioclastos de la tafofacies Tipo 1.....	87
7. 2. Concentraciones Fósiles de la tafofacies Tipo 1.....	88
7. 3. Gráficos de frecuencia acumulada para los rasgos tafonómicos medidos en los bioclastos de la tafofacies Tipo 1.....	90
7. 4. Corales y briozoos asociados a bioclastos de Tf1.....	91
7. 5. Restos fósiles de Tf2.....	93
7. 6. Elementos de bioerosión en restos fósiles de Tf2.....	94
7. 7. Histograma de distribución de tamaño para los bioclastos de la tafofacies Tipo 3.....	95
7. 8. Concentraciones monoespecíficas de <i>Incatella</i>	96
7. 9. Gráficos de frecuencia acumulada para los rasgos tafonómicos medidos en los bioclastos de la tafofacies Tipo 3.....	97

7.	10.	Histograma de distribución de tamaño para los bioclastos de la tafofacies Tipo 4.....	98
7.	11.	Concentraciones fósiles altamente fragmentadas de Tf4.....	98
7.	12.	Gráficos de frecuencia acumulada para los rasgos tafonómicos medidos en los bioclastos de la tafofacies Tipo 4.....	100
7.	13.	Histograma de distribución de tamaño para los bioclastos de la tafofacies Tipo 5.....	101
7.	14.	Concentraciones fósiles en bloques provenientes de acantilados costeros de la unidad RQK.....	102
7.	15.	Gráficos de frecuencia acumulada para los rasgos tafonómicos medidos en los bioclastos de la tafofacies Tipo 5.....	104
7.	16.	Rasgos tafonómicos de algunos restos fósiles presentes en Tf5.....	105
8.	1.	Clasificación genética de las concentraciones fósiles en las tafofacies identificadas.....	115
8.	2.	Distribución esquemática de tafofacies a lo largo del gradiente <i>onshore</i> – <i>offshore</i>	118

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
7. 1. Síntesis de las tafofacies definidas en este estudio.....	86
7. 2. Composición taxonómica de la tafofacies Tipo 1.....	89
7. 3. Composición taxonómica de la tafofacies Tipo 2.....	92
7. 4. Composición taxonómica de la tafofacies Tipo 4.....	99
7. 5. Composición taxonómica de la tafofacies Tipo 5.....	102

Resumen

En el borde litoral de Chile centro-sur, entre los ~34 y 45°S, se exponen diversos afloramientos sedimentarios pertenecientes al Mioceno inferior. Entre ellos se encuentra la Formación Ranquil, depositada dentro de la cuenca de antearco de Arauco. Esta cuenta con numerosos estudios realizados en las últimas décadas, particularmente sobre su contenido fosilífero y estratigrafía. No obstante, su ambiente de sedimentación ha sido debatido extensamente, siendo parte de la evidencia indicativa de un ambiente marino de profundidades batiales (~ 1.500 m). Es por ello que el presente trabajo busca utilizar la tafonomía como herramienta de interpretación paleoambiental mediante el análisis de las asociaciones faunísticas presentes en las distintas unidades que conforman la formación, y de esta manera lograr un mejor entendimiento de las condiciones ambientales bajo las cuales se depositaron las litologías.

Para el estudio se consideraron diversas unidades (denominadas con los códigos LEB, RAN, RQT, RQK) localizadas entre Lebu y Caleta Ranquil, en el margen litoral de la Península de Arauco. A partir de cada unidad se analizaron los componentes sedimentológicos, faunísticos y tafonómicos. Adicionalmente se realizó un muestreo paleontológico, donde se recolectaron tanto concentraciones fósiles como ejemplares individuales, para ser estudiados con mayor detalle en laboratorio. A partir del muestreo y observaciones realizadas en terreno se lograron definir cinco tafofacies (Tf), donde cada una de ella representa atributos tafonómicos y condiciones de sedimentación propias. Se identificaron cuatro tafofacies representadas por concentraciones fósiles, las cuales reflejan historiales tafonómicos variados, así como diversos procesos y agentes responsables del transporte, desgaste y acumulación de las asociaciones. Solo una tafofacies no se encuentra conformada por concentraciones, y corresponde a restos fósiles aislados con buen estado de preservación general, sugiriendo la sedimentación *in situ* de sus componentes. Adicionalmente se realizó una descripción taxonómica detallada de los restos fósiles que conforman las distintas asociaciones, a modo de complementar el estado actual del conocimiento relativo a los grupos identificados. No se identificaron taxones nuevos, sin embargo, se realizaron nuevos registros detallados de múltiples taxones, entre los cuales destacan aquellos pertenecientes a grupos poco estudiados ni documentados hasta la fecha.

A partir del estudio tafonómico de las asociaciones faunísticas representadas en las diversas tafofacies, es posible concluir que la Formación Ranquil se encuentra representada por litologías marinas de diversos ambientes de sedimentación a lo largo de un gradiente de *onshore* – *offshore*. La unidad LEB (Tf1) se interpreta como depósitos someros de *onshore*, donde las acumulaciones de bioclastos evidencian la acción del oleaje en tiempo normal. La unidad RAN (Tf3 y Tf4) corresponde a depósitos someros, asociados a condiciones de alta energía donde el oleaje de tormenta sería el principal agente en la acumulación de restos esqueléticos, con una menor influencia del oleaje en tiempo normal. La unidad RQK (Tf5), se asocia a depósitos de plataforma externa, por debajo del oleaje en tiempos de tormenta, donde las acumulaciones están relacionadas a flujos de tormenta que movilizan el material desde zonas someras. La unidad RQT (Tf2), al no presentar evidencia de transporte o retrabajo de sus restos fósiles, se interpreta como depósitos de plataforma externa en ambientes tranquilos y de baja energía, donde su asociación fósil representaría el enterramiento mayoritariamente *in situ* de sus componentes.

1. Introducción

1.1. Planteamiento del Problema

El Mioceno de Chile centro-sur fue una época marcada por una extensa transgresión marina iniciada durante finales del Oligoceno, la cual llegó a cubrir la mayor parte del extremo sur de Sudamérica (Encinas *et al.*, 2018). Las unidades sedimentarias neógenas del antearco de Chile centro-sur son un reflejo de este evento, caracterizado por un diverso y abundante contenido fosilífero, el cual se encuentra representado principalmente por moluscos y ha sido extensamente estudiado durante las últimas décadas (Nielsen, 2003; Finger *et al.*, 2007; Griffin & Nielsen, 2008; Pérez & Nielsen, 2019). Entre estas unidades se incluye la Formación Ranquil, la única exponente del Mioceno marino en la región del Biobío. La Formación Ranquil, así como sus unidades equivalentes en las regiones de Valparaíso (Formación Navidad) y Chiloé (Formación Lacui), posee múltiples estudios detallados en ámbitos paleontológicos, sedimentarios y estratigráficos, sin embargo, existen discrepancias entre los resultados otorgados por estos estudios; mientras que el registro micropaleontológico sugiere una sedimentación en profundidades batiales (Finger, 2013; Encinas *et al.*, 2018), gran parte de las especies de moluscos descritas representan ambientes someros (Nielsen, 2003; Finger *et al.*, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2013). A la vez, el buen estado de preservación de parte de la malacofauna dificulta la interpretación genética de los depósitos como producto de una removilización de los restos hacia aguas más profundas (Pérez & Nielsen, 2019).

Entre las disciplinas que permiten integrar y reconciliar información de diversas áreas de las ciencias de la tierra, sean paleontológicas, petrográficas o estratigráficas, se encuentra la tafonomía, particularmente aplicada al estudio de invertebrados fósiles. Esta área del conocimiento tiene múltiples décadas de historia y desarrollo, alcanzado sus mayores avances a finales del último siglo y demostrando ser una herramienta de gran versatilidad y utilidad en la interpretación de condiciones paleoambientales y paleoecológicas (Brett & Baird, 1986; Kidwell *et al.*, 1986; Martin, 1999). Sin embargo, mientras que esta disciplina ha sido ampliamente adoptada en otras regiones, en Chile los estudios tafonómicos de invertebrados son relativamente escasos o poco detallados. Bajo este contexto, resulta primordial el desarrollo del área y su aplicación a la resolución de problemáticas geológicas que requieran de enfoques multidisciplinarios.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Analizar el contenido paleontológico y las tafofacies presentes en los afloramientos miocenos de Lebu y Caleta Ranquil pertenecientes a la Formación Ranquil, ubicada en la Provincia de Arauco, Región del Biobío.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar unidades sedimentarias y caracterizarlas según sus rasgos sedimentarios y paleontológicos.
- Determinar el contenido fosilífero presente en las áreas de estudio y complementar su estado actual del conocimiento.
- Analizar los aspectos sedimentológicos, paleontológicos y tafonómicos de las tafofacies presentes de las áreas de estudio.
- Interpretar el contexto paleoambiental bajo el cual se formaron las tafofacies.

1.3. Ubicación y Accesos

El área de estudio se encuentra ubicada en la Península de Arauco, en la Provincia de Arauco, Región del Biobío, en la zona comprendida entre los 37°11' - 37°36'S de latitud y 73°41' - 73°23'W de longitud (Fig. 1.1). Los afloramientos visitados se encuentran principalmente en la zona costera occidental, accesibles por medio de las rutas P-22 y P-40.

1.4. Trabajos Anteriores

Los primeros estudios paleontológicos efectuados en la Formación Ranquil son aquellos realizados por Philippi (1887), quien colecta y describe numerosos especímenes fósiles del Mesozoico y Cenozoico de Chile, fundando las bases para todos los futuros estudios paleontológicos de la zona. La geología de la zona, y en particular los afloramientos miocenos de la Formación Ranquil, son detallados en primera instancia por Tavera (1942), quien bautiza las capas bajo los nombres de

‘Piso de Navidad’ y ‘Piso de Ranquil’. Medio siglo después, Tavera (1990) volvería a profundizar sobre la estratigrafía de esta secuencia, con mayor énfasis en los aspectos paleontológicos.

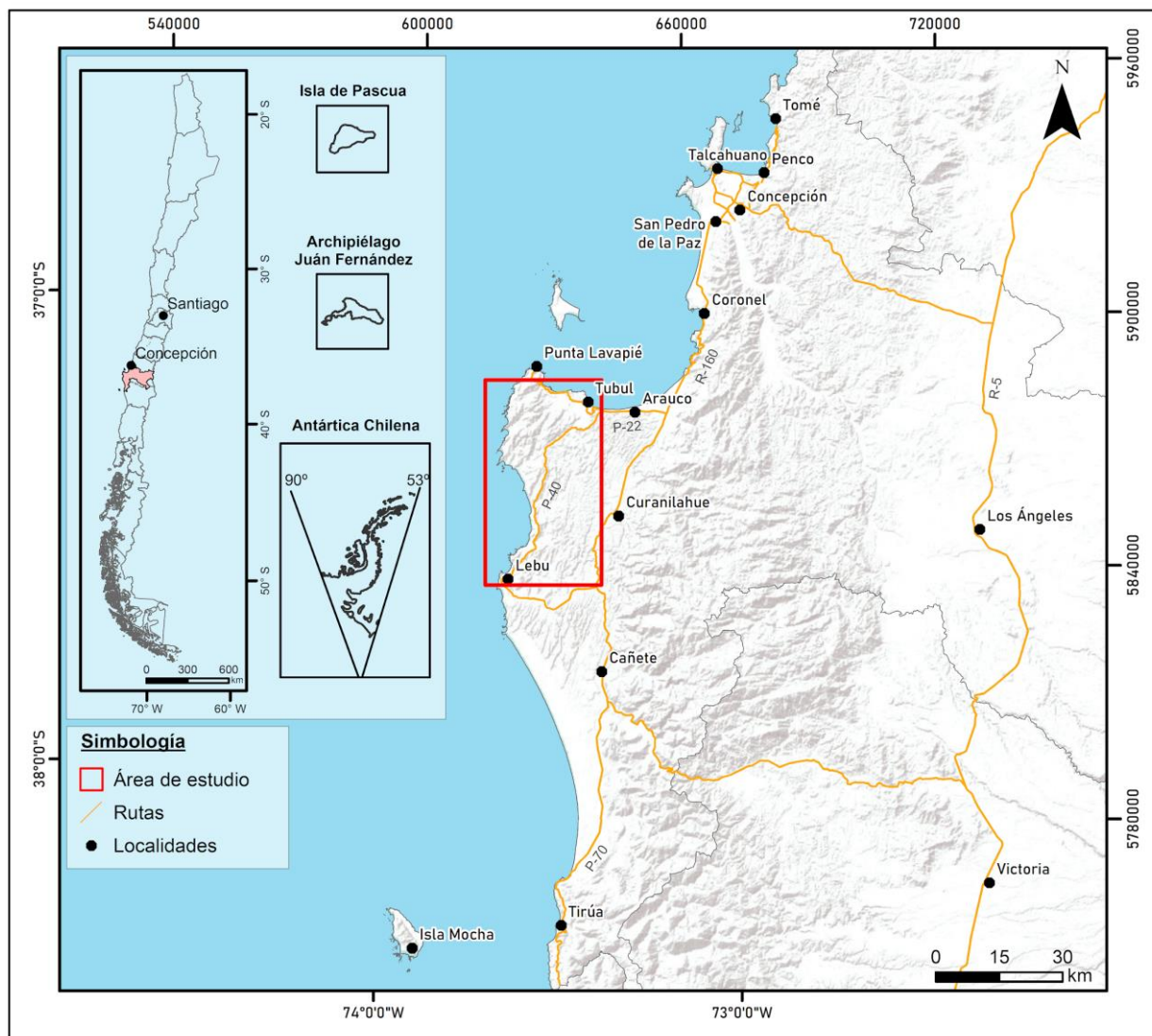


Figura 1.1: Mapa de ubicación y accesos del área de estudio.

Los mayores aportes paleontológicos para la formación son los efectuados por Nielsen (2003), quien a partir de material recolectado en Formación Ranquil y sus unidades equivalentes, realiza una revisión sistemática de los gastrópodos, renombrando y definiendo múltiples especies nuevas. Posteriormente este autor, junto a diversos colaboradores, realizaría numerosos aportes para este grupo taxonómico (Nielsen *et al.*, 2004; Nielsen, 2005; Nielsen & Frassinetti, 2007a; 2007b; Griffin & Nielsen, 2008).

La Formación Ranquil es portadora de un contenido fósil muy diverso. No obstante, los aportes investigativos se han concentrado mayoritariamente en la fauna de gastrópodos, existiendo escasos trabajos referentes a los demás grupos taxonómicos de macrofósiles. Estos incluyen bivalvos (Philippi, 1887; Tavera, 1942; Griffin & Nielsen, 2008; Pérez & Nielsen, 2019), crustáceos (Feldmann *et al.*, 2010), troncos vegetales (Schöning & Bandel, 2004), y condrictios (Suárez *et al.*, 2006; Villafaña *et al.*, 2019). Por otra parte, los braquiópodos, corales y briozoos no han sido reevaluados desde las descripciones originales de Philippi (1887).

En cambio, desde el punto de vista de la micropaleontología, la diversidad de foraminíferos ha sido exhaustivamente analizada por Finger *et al.* (2007) y Finger (2013), representando avances de gran impacto en la interpretación paleoambiental de la Formación Ranquil y sus equivalentes, al constituir algunas de las principales evidencias paleobatimétricas y bioestratigráficas para estas unidades.

En los ámbitos geológicos de carácter regional, Muñoz-Cristi (1956; 1968) y García (1968) estudian la estratigrafía de la Cuenca de Arauco y las unidades que la conforman, detallando los aspectos litológicos y paleoambientales. Pineda (1983) complementa estos estudios, describiendo nuevas secciones y sintetizando la historia geológica de la cuenca. Más recientemente, la geología y modelo estructural de la cuenca serían profundizadas por Kuhn *et al.* (2010) y Becerra (2013), a través de estudios sismológicos y su caracterización geotectónica.

1.5. Agradecimientos

En primer lugar, se agradece a Katherine Cisterna por darme la oportunidad de desarrollar este tema de memoria y guiarme durante el proceso, así como permitirme colaborar con sus labores en el área de Paleontología del Museo de Historia Natural de Concepción. Igualmente, se le agradece a todo el equipo del museo por brindar apoyo durante estos años, facilitando las instalaciones y el equipo para trabajar.

Agradezco al Dr. Alfonso Encinas por acceder a ser el profesor patrocinante de este trabajo, así como a la comisión evaluadora por su disposición durante el proceso de revisión. A los docentes y funcionarios del Departamento de Ciencias de la Tierra por su apoyo a lo largo de toda la carrera.

Agradecimientos especiales a las profesoras Sylvia Palma y Fernanda Álvarez, por su continua presencia y preocupación durante estos años. Finalmente agradezco a todas mis amistades cercanas formadas en la carrera, en particular a Maite y Camila, quienes fueron un gran apoyo en la realización de esta memoria, mediante su continuo apoyo y comentarios.

2. Marco Geológico Regional

2.1. Geología Regional

La Península de Arauco se extiende en un área de ~8.000 km², entre los ~ 36°46'S y 38°30'S. Dentro de esta se enmarca la Cuenca de Arauco, la cual corresponde a una cuenca de antearco limitada hacia el oeste por el actual complejo de subducción, y hacia el este por la Cordillera de la Costa. Geológicamente, la península se encuentra conformada por litologías sedimentarias, intrusivas y metamórficas, así como depósitos no consolidados de origen fluvial y costero (Fig. 2.1) (Kuhn *et al.*, 2010; Becerra *et al.*, 2013). La cuenca se compone de litologías que abarcan tanto el Paleozoico como el Cenozoico, además de afloramientos mesozoicos escasos y dispersos.

2.1.1. Rocas Metamórficas

2.1.1.1. Basamento Metamórfico

El Basamento Metamórfico forma gran parte de la Cordillera de Costa de Chile centro-sur, representando a un antiguo complejo de subducción. Este se encuentra expuesto de forma continua en el margen chileno hacia el sur de los 34°S, formando una extensa franja subparalela al borde litoral (Hervé *et al.*, 1988; Hervé *et al.*, 2013). Esta franja corresponde a un cinturón metamórfico pareado, conformado por (1) la Serie Occidental, correspondiente al componente de alto P/T, y (2) la Serie Oriental, de bajo P/T, cuyos orígenes se asocian a los procesos de acreción basal y frontal en el complejo de subducción (Aguirre *et al.*, 1972; Willner, 2005; Hervé *et al.*, 2013). Ambas series se disponen en inconformidad bajo las unidades sedimentarias y volcánicas posteriores, mientras que la Serie Oriental se encuentra a su vez intruída por el Batolito Costero del Sur, de edad paleozoica tardía (Willner, 2005). El contacto entre ambas series es de extensión continental, prolongándose a lo largo de más de 1.000 km, y cuyo origen varía regionalmente, interpretándose como un contacto transicional o tectónico (Richter *et al.*, 2007; Glodny *et al.*, 2008). En la Península de Arauco se manifiesta principalmente la Serie Oriental, ausentándose su contraparte hasta los ~38°S, donde la Serie Occidental reaparece prominentemente por efecto de la Falla Lanalhue, la cual yuxtapone ambas unidades (Glodny *et al.*, 2008).

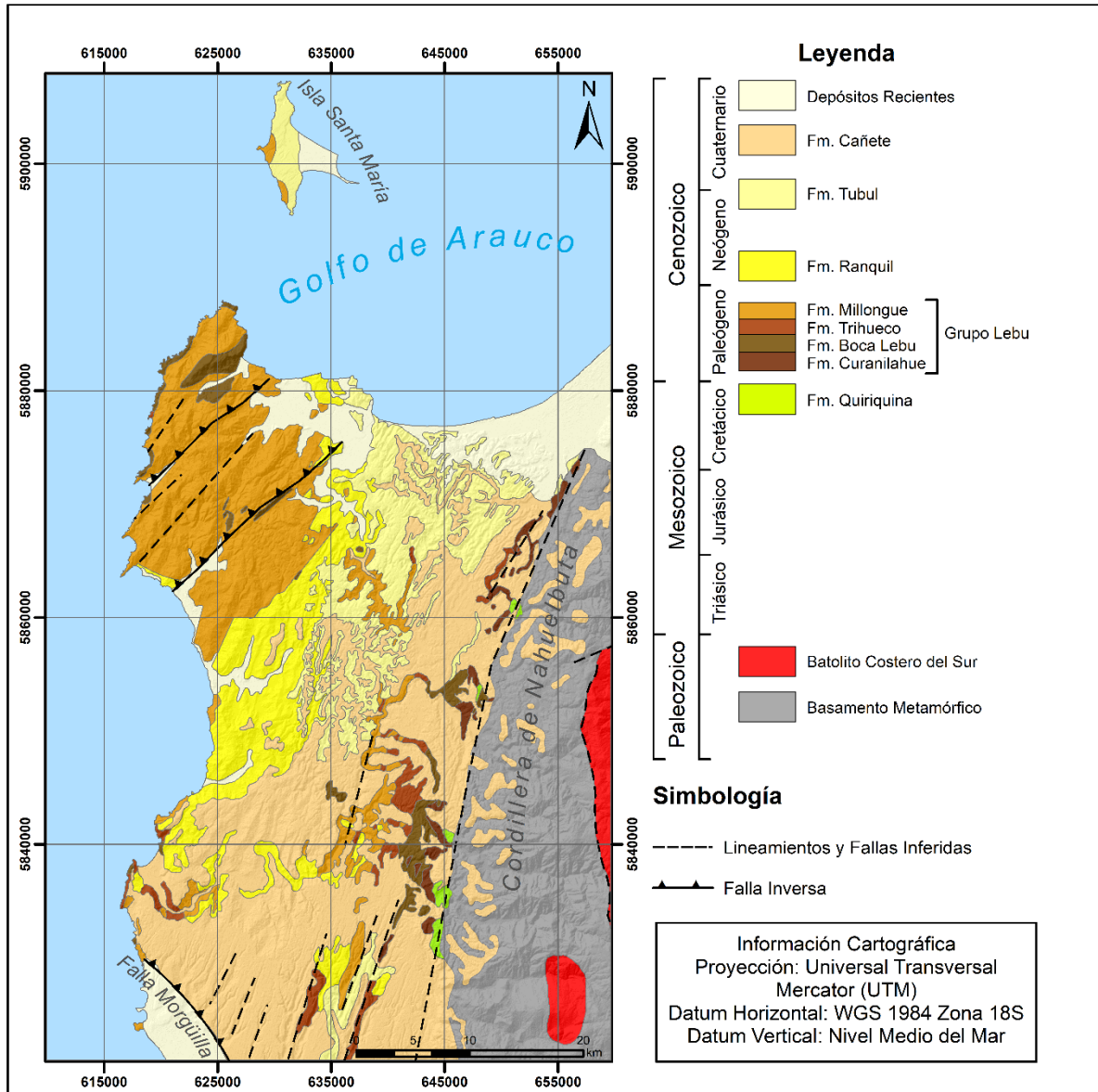


Figura 2.1: Mapa geológico regional, Cuenca de Arauco 1 : 500.000. Información litológica y estructural recopilada de Becerra *et al.* (2013), Finger (2013), Glodny *et al.* (2008), Kaizuka *et al.* (1973), Le Roux *et al.* (2008), Melnick *et al.* (2009).

La Serie Occidental se compone de mica-esquistos, esquistos verdes, metapelitas y metagrauwackas, y en menor medida, chert, serpentinita y metabasitas de afinidad oceánica, representando en su conjunto un origen mixto de sedimentos provenientes tanto de la placa oceánica subductada como de la placa continental suprayacente (Hervé *et al.*, 1988; Willner, 2005; Richter *et al.*, 2007; Hervé *et al.*, 2013), mientras que la Serie Oriental está constituida por alternancias de metarenitas y metapelitas genéticamente asociadas a depósitos turbidíticos de tipo *flyschoid* (Hervé *et al.*, 1988; Glodny *et al.*, 2008; Hervé *et al.*, 2013). Esta última se encuentra a

su vez intruída por el Batolito Costero del Sur, lo cual propició un evento de metamorfismo de contacto y la formación de zonas biotita, andalucita y sillimanita, las cuales se manifiestan progresivamente hacia las proximidades del cuerpo intrusivo (Hervé *et al.*, 1988; Deckart *et al.*, 2014).

Dataciones realizadas a partir de análisis de zircón evidenciarían una edad de sedimentación enmarcada durante el Carbonífero inferior para los protolitos de ambas componentes, con una edad máxima de ~345 Ma en la Serie Oriental, y ~330 Ma en la Serie Occidental (Hervé *et al.*, 2013). Las condiciones de máximo metamorfismo en la Serie Occidental se alcanzaron entre ~ 305 - 290 Ma (Richter *et al.*, 2007), mientras que los eventos de metamorfismo de contacto asociados a la intrusión del Batolito Costero del Sur en la Serie Oriental están datados en ~300 Ma (Willner *et al.*, 2005; Richter *et al.*, 2007).

2.1.2. Rocas Intrusivas

2.1.2.1. Batolito Costero del Sur

El Batolito Costero del Sur es un cuerpo intrusivo elongado en dirección ~NE-SW, que aflora de manera continua en la zona centro-sur de Chile, extendiéndose a lo largo de 600 km entre los ~33°S y 40°S, formando gran parte de la Cordillera de la Costa e intruyendo las rocas metasedimentarias de la Serie Oriental. Representa los remanentes de un arco magmático presente durante finales del Paleozoico (Glodny *et al.*, 2008; Deckart *et al.*, 2014). A su vez, se encuentra en inconformidad bajo la cubierta sedimentaria posterior, incluyendo las unidades de edades mesozoicas y cenozoicas.

Se conforma de granitoides sub-alcálinos cuya composición incluye principalmente tonalitas, granodioritas y dioritas, con menor proporción de gabros y granitos, y ocasionales diques andesíticos y dacíticos (Hervé *et al.*, 1988; Glodny *et al.*, 2008; Deckart *et al.*, 2014).

De acuerdo con dataciones radiométricas de Rb-Sr y K-Ar, se estima que la mayor parte de las litologías que conforman el batolito comprenden un rango de edad Carbonífero – Pérmico (Hervé

et al., 1988). A partir de análisis geocronológicos de U-Pb e isótopos de Hf-O en zircones, se estima un corto período de emplazamiento de ~20 Ma, con tiempos de cristalización relativamente homogéneos en todas sus litologías (Deckart *et al.*, 2014).

2.1.3. Rocas Estratificadas

2.1.3.1. Formación Quiriquina (Cretácico Superior)

Definida formalmente por Biró-Bagóczy (1982), con localidad tipo en la Bahía Las Tablas, ubicada en el sector noroeste de la Isla Quiriquina, y con parlocalidad tipo en Cocholgüe, al norte de la localidad de Tomé. Aflora principalmente en el área de la Bahía de Concepción y sus alrededores, extendiéndose desde la Península de Arauco en el sur, donde aflora escasamente en las cercanías de la Cordillera de Nahuelbuta también, hasta Algarrobo y Loanco hacia el norte (Biró-Bagóczy, 1982; Salazar *et al.*, 2010; Castro, 2018). Se dispone en inconformidad sobre las rocas cristalinas del Basamento Metamórfico y el Batolito Costero del Sur, e infrayace en paraconformidad a la Formación Curanilahue (Buatois & Encinas, 2011; Salazar *et al.*, 2015).

Litológicamente se encuentra conformada por un conglomerado basal en su contacto con el basamento, y potentes secuencias de areniscas de composición variable, con intercalaciones conglomerádicas y de niveles de coquinas, representando una secuencia marina transgresiva que evidencia facies de shoreface, de régimen de energía progresivamente decreciente, hasta facies de transición a offshore (Salazar *et al.*, 2015). La Formación Quiriquina es portadora de un abundante y diverso contenido fosilífero, en el cual figuran especímenes de bivalvos, gastrópodos, cefalópodos, crustáceos, reptiles marinos, aves, tortugas, peces, y restos vegetales (Salazar *et al.*, 2010; Otero *et al.*, 2014).

Sobre la base del contenido de ammonites, Biró-Bagóczy (1982) originalmente le asigna a la formación una edad estimada en el rango Campaniano – Maastrichtiano. Posteriormente, esta edad sería acotada al Maastrichtiano, por la presencia particular de la especie de ammonite *Menuites fresvillensis* (Salazar *et al.*, 2010).

2.1.3.2. Grupo Lebu

El Grupo Lebu (García, 1968) engloba las secuencias continentales-marinas depositadas en la Cuenca de Arauco durante el Paleógeno, las cuales en su conjunto representan diversos ciclos de transgresión y regresión. Este grupo incluye las formaciones Curanilahue, Boca Lebu, Trihueco y Millongue.

2.1.3.2.1 Formación Curanilahue (Eoceno inferior)

Descrita formalmente por Muñoz-Cristi (1956), y subdivida en los miembros Lota, Intercalación y Colico, tiene su localidad tipo en las cercanías de la comuna homónima en la provincia de Arauco. Aflora ampliamente desde esta zona, extendiéndose hacia el norte hasta la comuna de Concepción. Sobreyace en inconformidad al Basamento Metamórfico y en discordancia erosiva a la Formación Quiriquina, y a su vez es sobreyacida por la Formación Boca Lebu (Pineda, 1983).

Se constituye principalmente de secuencias líticas de areniscas, con niveles de conglomerados, lutitas y mantos carboníferos. Corresponde a una secuencia esencialmente regresiva, donde los miembros Lota y Colico son de carácter continental, interpretados como ambientes fluviales y pantanosos en un contexto marino marginal, mientras que el miembro Intercalación representa un episodio de transgresión marina (Pineda, 1983).

De acuerdo al contenido de foraminíferos registrados en esta unidad, Martínez-Pardo *et al.* (1997) le otorgan un rango de Paleoceno superior – Eoceno inferior a los miembros Lota e Intercalación, mientras que el miembro Colico es asignado al Eoceno inferior – Eoceno medio. Por otra parte, Gayó *et al.* (2005), a partir de la paleoflora presente en el Lota – Coronel, determinan una edad correspondiente al Eoceno inferior.

2.1.3.2.2 Formación Boca Lebu (Eoceno inferior)

Unidad definida por Muñoz-Cristi (1956), tiene su localidad tipo en Punta Boca Lebu y se extiende en gran parte de la zona de Arauco. Se dispone en discordancia angular sobre la Formación

Quriquina y concordantemente sobre la Formación Curanilahue. Subyace concordantemente a las formaciones Trihueco y Millongue (Pineda, 1983).

Litológicamente se conforma, en mayor parte, de areniscas verdes glauconíticas portadoras de fósiles marinos. Su origen se interpreta como una secuencia marina transgresiva. Le Roux & Elgueta (1997) identifican el foraminífero *Morozovella aragonensis*, indicadora del rango de edad 53 – 51.5 Ma, reafirmando las asignaciones de Eoceno inferior inferidas previamente por otros autores.

2.1.3.2.3. Formación Trihueco (Eoceno medio)

Definida por Muñoz-Cristi (1956), con localidad tipo en las minas del pueblo homónimo y distribuida ampliamente en la región occidental de la zona de Arauco. Se dispone concordantemente sobre la Formación Boca Lebu y bajo la Formación Millongue, y en algunos sectores se encuentra en discordancia angular bajo la Formación Ranquil (Pineda, 1983; Le Roux & Elgueta, 1997).

Consiste principalmente en areniscas y limolitas, con presencia menor de tobas, horizontes calcáreos, y mantos de carbón. Representa un ambiente costero marginal depositado durante un episodio regresivo. Sobre la base de las relaciones estratigráficas con las formaciones Boca Lebu y Millongue, y la presencia del foraminífero *Globigerina senni*, que indicaría una edad máxima de 50 Ma, se le asigna la edad Eoceno medio (Pineda, 1983; Le Roux & Elgueta, 1997).

2.1.3.2.4. Formación Millongue (Eoceno medio)

Formación definida por Muñoz-Cristi (1956), tiene su localidad tipo al norte de Punta Millongue y muestra una distribución similar a las demás formaciones eocenas de la zona. Sobreyace en concordancia a la Formación Trihueco y subyace en discordancia angular a la Formación Ranquil, con la cual se encuentra también en contacto por falla en determinados sectores (Tavera, 1942; Pineda, 1983; Le Roux & Elgueta, 1997).

Consiste principalmente en secuencias de areniscas y lutitas, con intercalaciones menores de tobas, calizas y niveles de carbón. Su origen se interpreta como marino costero, en ambientes de shoreface y *lagoon*, representando ciclos de regresión y transgresión. Sobre la base de su contenido microfósilífero, donde destaca la presencia del foraminífero *Orbulinoides beckmanni*, (~ 42 Ma), así como numerosas especies del género *Globigerina*, se asigna al Eoceno medio (Le Roux & Elgueta, 1997).

2.1.3.3. Formación Ranquil (Mioceno inferior)

Descrita originalmente por Tavera (1942) como los ‘pisos’ Navidad y Ranquil, fue posteriormente definida como formación por García (1968). Su localidad tipo se sitúa en los alrededores de Caleta Ranquil, y se extiende ampliamente en el sector occidental de la zona de Arauco. Se dispone en discordancia angular sobre las formaciones eocenas y bajo la Formación Tubul (Pineda, 1983; Le Roux *et al.*, 2008a).

Su litología se compone principalmente de potentes secuencias de areniscas y lutitas, con algunos niveles de conglomerados y tobas, así como abundantes intrusiones de diques de arena en ciertas localidades (Le Roux *et al.*, 2008a; Pérez & Nielsen, 2019). El abundante y diverso contenido fósilífero ha sido ampliamente estudiado, y se encuentra conformado principalmente por gastrópodos y bivalvos, con menor presencia de escafópodos, corales, briozoos, crustáceos, condrictios y troncos fósiles (Tavera, 1942; Nielsen, 2003; Pérez & Nielsen, 2019; Villafaña *et al.*, 2019).

La edad de la formación ha sido objeto de constante debate, con resultados discrepantes con respecto a su posición dentro del Mioceno (Tavera, 1942; Nielsen & Glodny, 2009; Finger *et al.*, 2007; Finger *et al.*, 2013; Gutiérrez *et al.*, 2013). Finger (2013), a través de un exhaustivo análisis de foraminíferos bentónicos, determina finalmente que esta unidad, así como todos los demás equivalentes neógenos en Chile centro-sur, pertenecerían al Mioceno inferior. Finger (2013) concluye, además, que esta formación habría sido depositada en un ambiente marino profundo, a profundidades batiales.

2.1.3.4. Formación Tubul (Plioceno superior – Pleistoceno inferior)

Definida por García (1968) con localidad tipo en la desembocadura del río Tubul. Aflora principalmente en el sector norte de la península de Arauco, y en sectores puntuales hacia el extremo sur. Se dispone en discordancia angular sobre la Formación Ranquil y las unidades eocenas subyacentes (García, 1968; Pineda, 1983).

Su litología se compone de múltiples niveles de areniscas finas a limosas, generalmente fosilíferas. La fauna registrada se compone mayoritariamente de moluscos, aunque también abundan braquiópodos y otros organismos. La secuencia representa un ambiente costero somero, con una sedimentación rápida y cercana a la costa, enmarcada durante un evento transgresivo (García, 1968; Nielsen & Valdovinos, 2008). De acuerdo a estudios micropaleontológicos, Martínez (1976) infiere una edad correspondiente al Plioceno superior, al menos para la sección basal de la secuencia. Basándose en la malacofauna presente y dataciones isotópicas, Nielsen & Valdovinos (2008) concluyen un rango de edad Plioceno superior – Pleistoceno inferior.

2.1.4. Depósitos Semiconsolidados y No Consolidados

2.1.4.1. Formación Cañete (Plioceno – Pleistoceno)

Conformada por los depósitos sedimentarios de origen marino y fluvial-deltaico que se distribuyen extensamente en la península de Arauco, alcanzando espesores de hasta 100 m (Melnick *et al.*, 2009). Se dispone sobre unidades sedimentarias previas y es sobreyacida por la terraza de abrasión marina denominada Superficie Cañete (Kaizuka *et al.*, 1973; Melnick *et al.*, 2009; Encinas *et al.*, 2021). Su edad de estima en el rango Plioceno – Pleistoceno al disponerse entre la Formación Tubul y la Superficie Cañete, esta última datada en ~ 120 ka (Encinas *et al.*, 2021).

2.2. Marco Geotectónico

El territorio chileno se ubica en el margen de convergencia tectónica en el extremo occidental de Sudamérica. El proceso de subducción ha afectado a Chile desde el Paleozoico, dando lugar a los

ciclos orogénicos que controlan la evolución geotectónica del margen andino (Charrier *et al.*, 2007; Oliveros *et al.*, 2020). En Chile centro-sur, este se caracteriza por una rápida subsidencia oblicua entre las placas de Nazca y Sudamericana, con una tasa de convergencia de 66 mm/a (Rehak *et al.*, 2008; Encinas *et al.*, 2021). El proceso de convergencia controla la génesis de diversos sistemas de estructuras, cuya actividad y deformación es registrada y representada por la configuración morfoestructural actual. En el área de estudio, el territorio se encuentra segmentado, de este a oeste, por tres provincias morfoestructurales; la Cordillera Principal, la Depresión Longitudinal, y la Cordillera de la Costa (Rehak *et al.*, 2008).

La cuenca de antearco de Arauco se sitúa en el margen occidental de la Cordillera de la Costa, la cual conforma el basamento cristalino de la zona. Este se compone primariamente de rocas metamórficas paleozoicas, e intrusivos carbonífero-pérmicos, asociados al complejo de subducción paleozoico (Kuhn *et al.*, 2010; Encinas *et al.*, 2021). La evolución geotectónica de las unidades sedimentarias que cubren el basamento puede ser desglosada en cuatro secuencias tectono-estratigráficas, separadas entre sí por discontinuidades; (1) Cretácico Superior, (2) Paleoceno - Eoceno, (3) Mioceno, y (4) Plioceno – Pleistoceno (Becerra *et al.*, 2013).

La sedimentación de los primeros depocentros registrados en la cuenca tiene lugar durante finales del Cretácico con la sedimentación de la Formación Quiriquina, asociada a la erosión tectónica predominante en el margen de subducción. Posteriormente, la sedimentación de las secuencias eocenas estaría controlada por la reactivación de los depocentros cretácicos. Debido a procesos de alzamiento y erosión, existe una falta de registro durante el Oligoceno (Becerra *et al.*, 2013; Kuhn *et al.*, 2013). A finales del Oligoceno ocurre un reordenamiento de las placas tectónicas en el sureste del Pacífico, resultando en un período de régimen extensional asociado a la sedimentación de las secuencias marinas miocenas, que posteriormente serían solevantadas y deformadas por un episodio compresivo a mediados del Mioceno (Encinas *et al.*, 2018). La historia geológica preholocena de la cuenca culmina con un período de post-inversión, durante el cual ocurre la acumulación de los sedimentos

3. Marco Teórico

3.1. Tafonomía

La tafonomía es la disciplina científica que estudia las leyes del enterramiento, cuyo objeto de estudio es la transición de los restos orgánicos desde la biósfera a la litósfera, conocido también como el proceso de fosilización, y abarca desde la muerte del organismo hasta la diagénesis (Behrensmeyer, 1984; Martin, 1999). Tras la muerte de los organismos, sus restos son susceptibles a procesos naturales que pueden distorsionar y ocultar la información biológica y ecológica, generando un sesgo, o bien, un conjunto de datos e información que no resultan preservados en el registro fósil, y, por lo tanto, deben ser inferidos al utilizar los fósiles como herramientas paleobiológicas y paleoecológicas (Behrensmeyer, 1984; Martin, 1999; Lazo, 2004).

En sus inicios, la tafonomía poseía un enfoque en el estudio de la pérdida de información *post-mortem*, resaltando los sesgos de información perdida como medida precautoria al momento de realizar inferencias paleoecológicas (Behrensmeyer & Kidwell, 1985; Martin, 1999). Posteriormente, se reconoció su potencial y se enfatizaron los aspectos positivos de esta disciplina, la cual entregaría información sobre la vida, muerte e historial de enterramiento de los organismos, mediante el estudio comparativo de sus patrones de preservación (Brett & Baird, 1986). La tafonomía, por lo tanto, permite obtener indicios y aproximaciones en diversos campos de la geología y la paleobiología, como la dinámica ambiental, tasas de sedimentación, patrones de especiación, paleobiogeografía o paleoautoecología (Brett & Baird, 1986; Mangano & Buatois, 1992).

El marco conceptual de la tafonomía se concentra en las etapas sucesivas de la transformación de los restos: muerte, descomposición, enterramiento y fosilización de los remanentes de los organismos, separadas entre sí por los procesos que acontecen entre cada etapa (Behrensmeyer, 1984). Según la temporalidad en la cual actúan, los procesos que dan origen a los restos fósiles pueden agruparse en necrológicos, bioestratinómicos y diagenéticos, aunque no todos los restos sufren necesariamente procesos bioestratinómicos, como es el caso de organismos que llegaron a ser enterrados vivos (Lazo, 2004). Los sucesos necrológicos son responsables de la muerte y

descomposición de los organismos, en particular sus partes blandas; los procesos bioestratinómicos tienen lugar entre la muerte y el enterramiento de los restos de los organismos, e incluyen procesos de diagénesis temprana o sinsedimentaria; y los diagenéticos ocurren tras el enterramiento de los restos, e incluyen cambios mineralógicos, químicos o texturales (Brett & Baird, 1986; Lazo, 2004). La calidad de preservación de los elementos depende, en gran parte, de los procesos bioestratinómicos y de diagénesis temprana que ocurrieron en el ambiente original. En consecuencia, el estado de preservación puede ser utilizado para la reconstruir ambientes de sedimentación, de igual manera que las estructuras sedimentarias primarias, ya que la sola presencia de ciertos aspectos de preservación puede constituir evidencia inequívoca de un conjunto de condiciones determinadas (Brett & Baird, 1986).

Los estudios tafonómicos han contemplado distintos enfoques desde su concepción como disciplina, formulándose diversas técnicas y metodologías estandarizadas para su aplicación. Entre estos, los conceptos más prevalecientes, desarrollados desde finales del siglo XX, corresponden a los conceptos de tafofacies (Speyer & Brett, 1986) y concentraciones fósiles (Kidwell *et al.*, 1986).

3.2. Tafofacies

El concepto de tafofacies fue introducido por Speyer & Brett (1986), como herramienta para la tafonomía comparativa y la discriminación de paleoambientes. Los autores desarrollaron este concepto para caracterizar la fauna de trilobites presente en el Grupo Hamilton (Devónico Medio, Nueva York), sin embargo, ha sido ampliamente utilizado en estudios de diversos grupos fósiles, tanto en micro- como macroorganismos, y en ambientes actuales y pasados.

Los rasgos tafonómicos evidenciados por los restos fósiles son un reflejo de los ambientes bajo los cuales se depositaron, y en conjunto a los demás atributos paleontológicos, sedimentarios y estratigráficos, es posible establecer determinadas tafofacies. De esta manera, cada tafofacies sintetiza el modelo paleoambiental y condiciones sedimentarias propias de una determinada asociación fosilífera y su litología, reflejando condiciones que no serían evidentes por medio de estudios enfocados únicamente en lito- o biofacies (Speyer & Brett, 1986).

3.3. Concentraciones Fósiles

Se define como *concentración fósil*, cualquier acumulación relativamente densa de partes duras producidas por organismos biológicos, independiente de la composición taxonómica, estado de preservación, o grado de modificación *post-mortem* (Kidwell *et al.*, 1986; Kidwell & Holland, 1991). Las concentraciones fósiles no necesariamente se encuentran restringidas a escala macroscópica, pudiendo estar constituidas por elementos de pequeña escala, como espículas de esponja, radiolarios o coccolitofóridos, y pueden reflejar una acumulación ya sea en intervalos de tiempo prolongados, o muy acotados (Kidwell *et al.*, 1986).

Kidwell *et al.* (1986) elaboran una nomenclatura estandarizada para la descripción de concentraciones fósiles, basándose en criterios paleontológicos y sedimentológicos. Proponen además un modelo de clasificación genética para las concentraciones, de acuerdo a los procesos dominantes en la génesis de estas, y clasifican las acumulaciones en autóctonas, parautóctonas y alóctonas, a partir de la proveniencia inferida de los bioclastos que las componen. Kidwell & Holland (1991) refinan el estudio de las concentraciones fósiles, estandarizando los rasgos descriptivos relativos a su biofábrica, por medio de un análisis semi-cuantitativo.

3.3.1. Caracterización y Clasificación de Concentraciones Fósiles

La caracterización y clasificación genética de concentraciones fósiles se fundamenta en la observación de rasgos agrupables en diversas áreas, tanto geológicas como paleontológicas, que en su conjunto permiten inferir la génesis de una concentración esqueletal (Behrensmeyer & Kidwell, 1985; Kidwell *et al.*, 1986; Kidwell & Bosence, 1991).

La metodología propuesta por Kidwell *et al.* (1986) considera cuatro rasgos descriptivos principales; composición taxonómica, biofábrica, geometría, y estructura interna del depósito. La composición taxonómica corresponde a un reflejo de la estructura de la comunidad de vida, la hidrodinámica del medio, y la preservación diferencial de los restos. Las concentraciones son clasificadas como monotípicas o politípicas, para aquellas compuestas de un único o múltiples tipos de restos esqueletales, respectivamente. La utilización del término ‘monotípico’ es empleada de

manera amplia, pudiendo aplicarse a cualquier nivel taxonómico, acorde al estudio. La biofábrica considera el arreglo tridimensional de los restos esqueléticos en la matriz, incluyendo orientación, empaquetamiento y selección. Depende principalmente de la hidrodinámica y su control ejercido sobre los restos esqueléticos, por procesos diagenéticos y biológicos, y considera descripciones y clasificaciones generales desde distintos marcos de observación (Fig. 3.1).

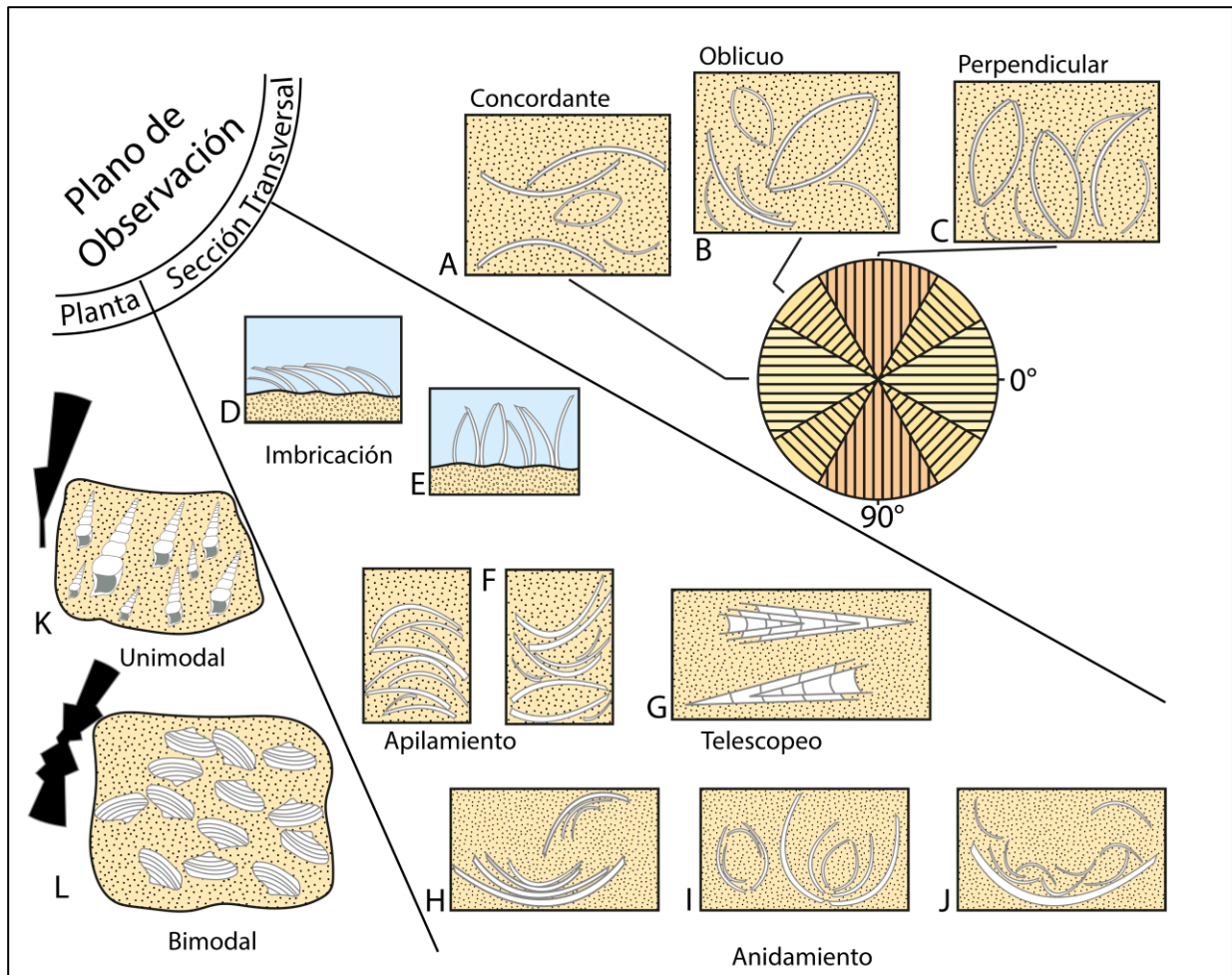


Figura 3.1: Terminología empleada en la descripción de la biofábrica de concentraciones fósiles. A-C: Orientación predominante con respecto al plano de estratificación (0°) D-J: Nomenclatura para ordenamientos particulares. D: Imbricación oblicua. E: Imbricación de cantos. F: Apilamiento, puede darse con concavidades hacia arriba o abajo. G: Telescopio de elementos cónicos interpenetrados. H-J: Anidamiento de restos esqueléticos dentro de otros, tanto para elementos uni- como bivalvos, y con distintas proporciones de tamaños. K-L: Ordenamiento preferencial de elementos con un eje alargado. Modificado de Kidwell *et al.* (1986).

La geometría depende de factores físicos y biológicos, entre los que se incluyen la topografía heredada por la superficie de sedimentación, los hábitos de vida de los organismos productores, y los procesos físicos que dan origen a la concentración de los restos esqueléticos. La terminología

empleada puede referirse tanto a la geometría bidimensional observada en planta, como a la disposición tridimensional de la concentración dentro de los estratos (Fig. 3.2).

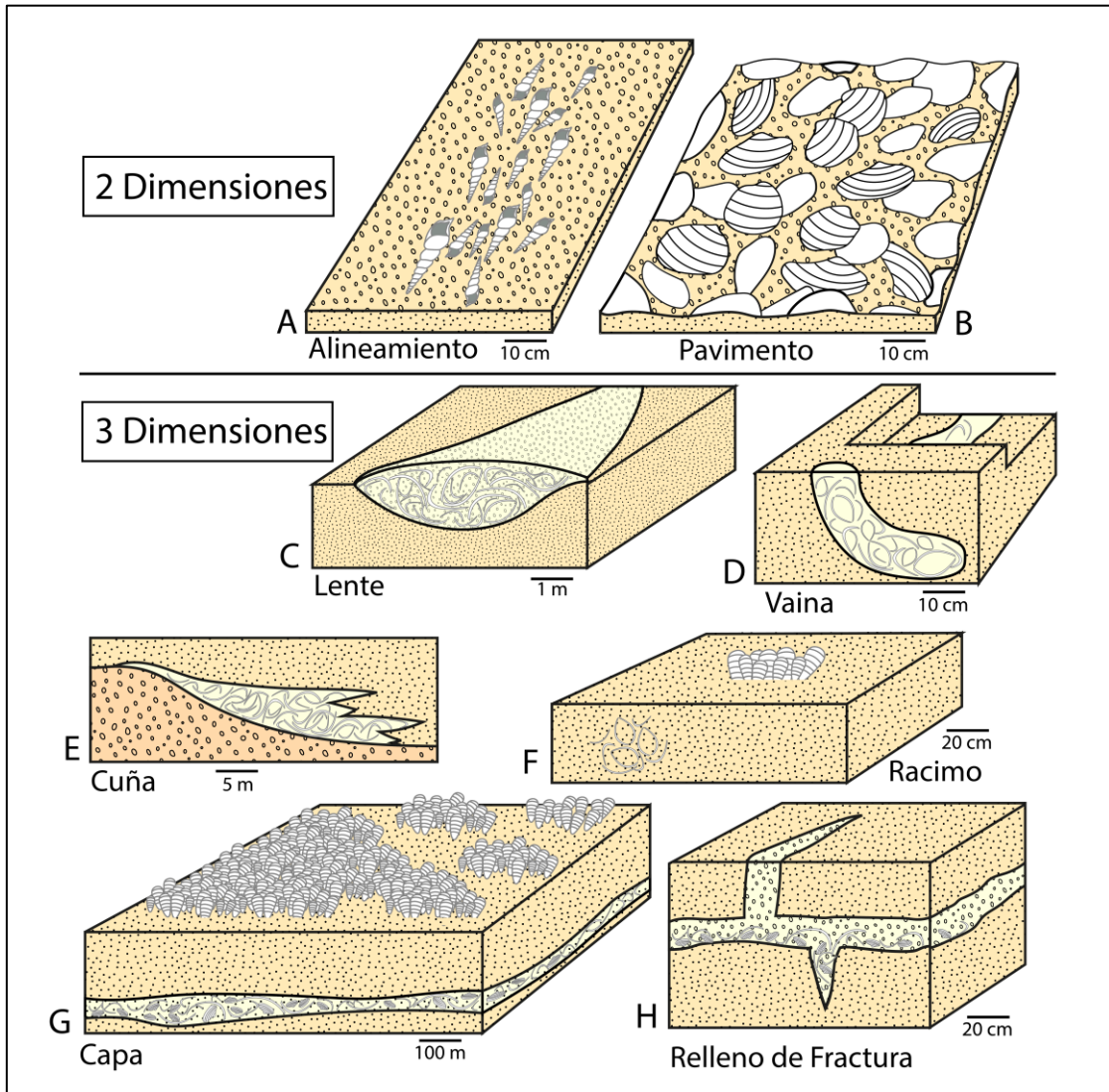


Figura 3.2: Terminología empleada en la descripción de la geometría de concentraciones fósiles. **A:** Concentraciones alineadas. **B:** Pavimentos de concentraciones lateralmente continuas. **C:** Lentes de concentraciones con extensión lateral limitada. **D:** Vainas irregulares con márgenes bien delimitados. **E:** Acuñaamientos con terminaciones laterales complejas en una sola dirección. **F:** Racimos con márgenes pobremente definidos. **G:** Capas lateralmente continuas. **H:** Relleno de fracturas que afectan litologías previas. Modificado de Kidwell *et al.* (1986).

Por último, la estructura interna del depósito considera las variaciones verticales y laterales en composición taxonómica, biofábrica, y matriz, dentro de una misma concentración.

La calidad de preservación de los restos fósiles puede ser descrita cualitativa y semi-cuantitativamente por medio de las señales tafonómicas. Entre estas se consideran una diversidad de rasgos, incluyendo el grado de fragmentación, abrasión mecánica, bioerosión o disolución, entre otras. Las señales tafonómicas pueden estar controladas por procesos físicos, biogénicos o ambos. En las concentraciones fósiles, las señales tafonómicas reflejan principalmente los hábitats originales de las especies, independiente de los procesos posteriores que llevaron a su acumulación, mientras que tales procesos son evidenciados en la biofábrica resultante de una concentración. En consecuencia, el estudio de las señales tafonómicas puede revelar la complejidad del historial tafonómico en ciertas concentraciones, entregando indicios sobre eventos previos a la acumulación final de los restos (Fürsich & Oschmannm, 1993).

La clasificación genética elaborada por Kidwell *et al.* (1986) se basa en la importancia relativa de los procesos biológicos, sedimentológicos y diagenéticos que dieron lugar a las concentraciones. El diagrama ternario considera también orígenes mixtos (Fig. 3.3). Los campos de esta clasificación son independientes de la caracterización autóctona, parautóctona o alóctona de la concentración, aunque los procesos dominantes pueden o no estar ligados a su proveniencia.

Las concentraciones biogénicas pueden ser categorizadas de acuerdo a su origen en intrínsecas, cuando son creadas por los organismos que producen los restos esqueléticos, debido a comportamientos de vida gregaria, o extrínsecas, cuando son producidas por otros organismos que interactúan con los productores de partes esqueléticas o sus restos. Las concentraciones sedimentológicas resultan de procesos físicos, usualmente hidráulicos, en los cuales los restos se comportan como partículas sedimentarias, sufriendo procesos de retrabajo y selección.

Las concentraciones diagenéticas son creadas o inducidas por procesos físicos y químicos posteriores al enterramiento de las partes esqueléticas. La mayor parte de las concentraciones fósiles sufren de cierto grado de alteración diagenética, sin embargo, solo se consideran de este tipo cuando la densidad fósil se ve incrementada sustancialmente. Las concentraciones de origen mixto pueden darse por la interacción cogenética entre distintos tipos de procesos, o bien como una sucesión temporal en la cual un origen se sobrepone a otro previo (Kidwell *et al.*, 1986).

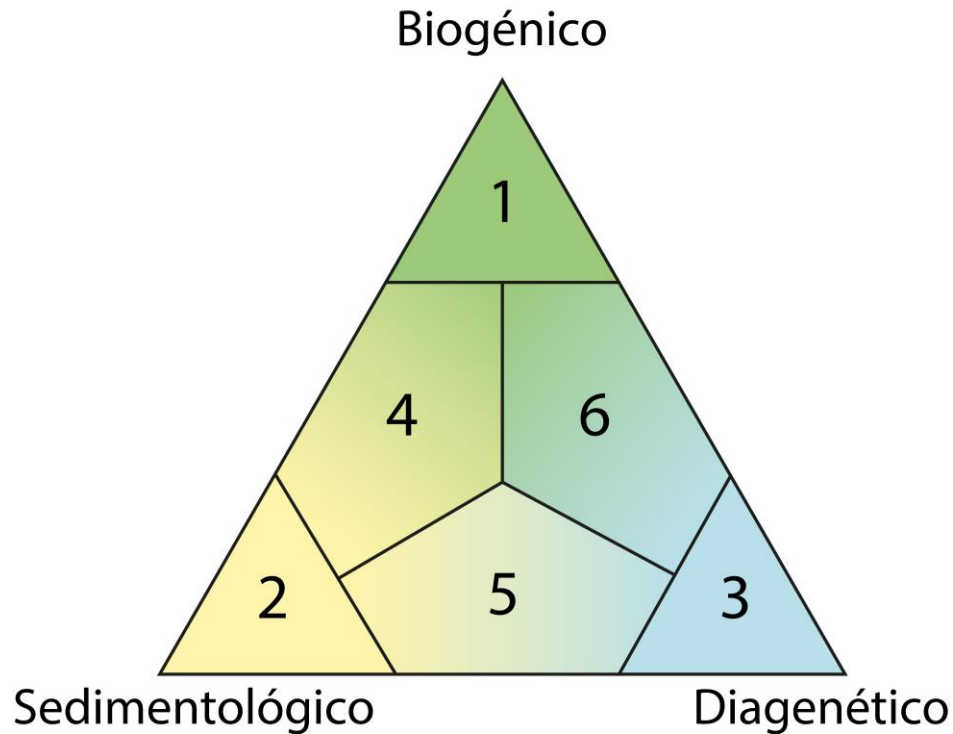


Figura 3.3: Triángulo genético empleado por Kidwell *et al.* (1986). Las concentraciones fósiles son ubicadas en el diagrama de acuerdo a su proceso o procesos dominantes en su génesis. Los campos 4-6 consideran una preponderancia relativamente equitativa entre dos tipos de procesos distintos. Modificado de Kidwell *et al.* (1986).

Kidwell *et al.* (1986) proponen la aplicación del diagrama ternario en la determinación de ambientes asociados a la génesis de las concentraciones fósiles, utilizando como ejemplo el reconocimiento de distintos subambientes dentro de una transecta marina costera (*onshore – offshore*) (Fig. 3.4). En este modelo se asume que las concentraciones sedimentológicas disminuyen en abundancia en dirección a la plataforma exterior, mientras que las biogénicas aumentan, debido a la progresiva pérdida de energía.

Fürsich & Oschmann (1993) desarrollan un modelo genético más detallado (Fig. 3.5), definiendo nueve tipos de concentraciones fósiles, de acuerdo a sus atributos tafonómicos y los procesos sedimentarios dominantes, relacionándolas a determinadas condiciones ambientales para un gradiente *onshore – offshore*.

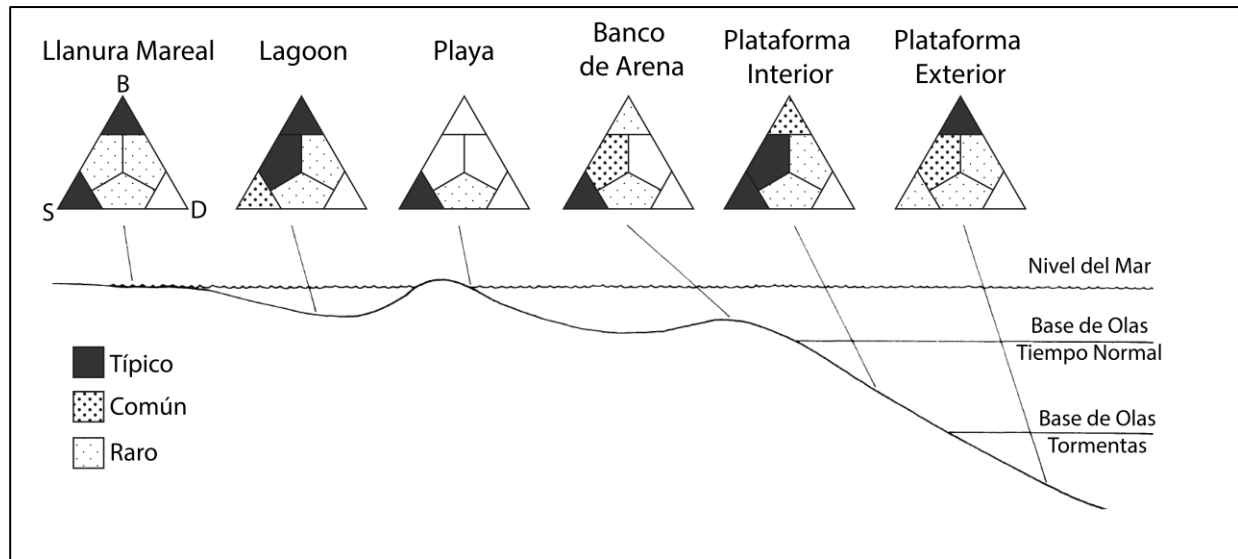


Figura 3.4: Abundancias relativas de concentraciones fósiles en ambientes marinos costeros. Modificado de Kidwell *et al.* (1986).

El esquema identifica, en primera instancia, los principales procesos sedimentarios que pueden actuar como agentes en la concentración de restos esqueléticos. Como consecuencia de ellos, se tienen los nueve tipos de concentraciones (o productos) definidos por los autores. Los procesos tafonómicos que operan en conjunto a los sedimentarios tienden a ser particulares para cada tipo de concentración, tanto en la diversidad de procesos como en la duración de tiempo durante la cual actúan. Los procesos tafonómicos pueden incluir transporte, destrucción física, acumulación, bioerosión o encrustamiento, entre otros. Las concentraciones raramente se encuentran restringidas a un ambiente en particular, pero tienden a ser más comunes en ciertas condiciones. Aunque algunos tipos de concentraciones efectivamente están acotadas a un determinado ambiente (*e. g.* olas en tiempo normal), otras, como las formadas por corrientes de largo plazo, se dan en todo el gradiente.

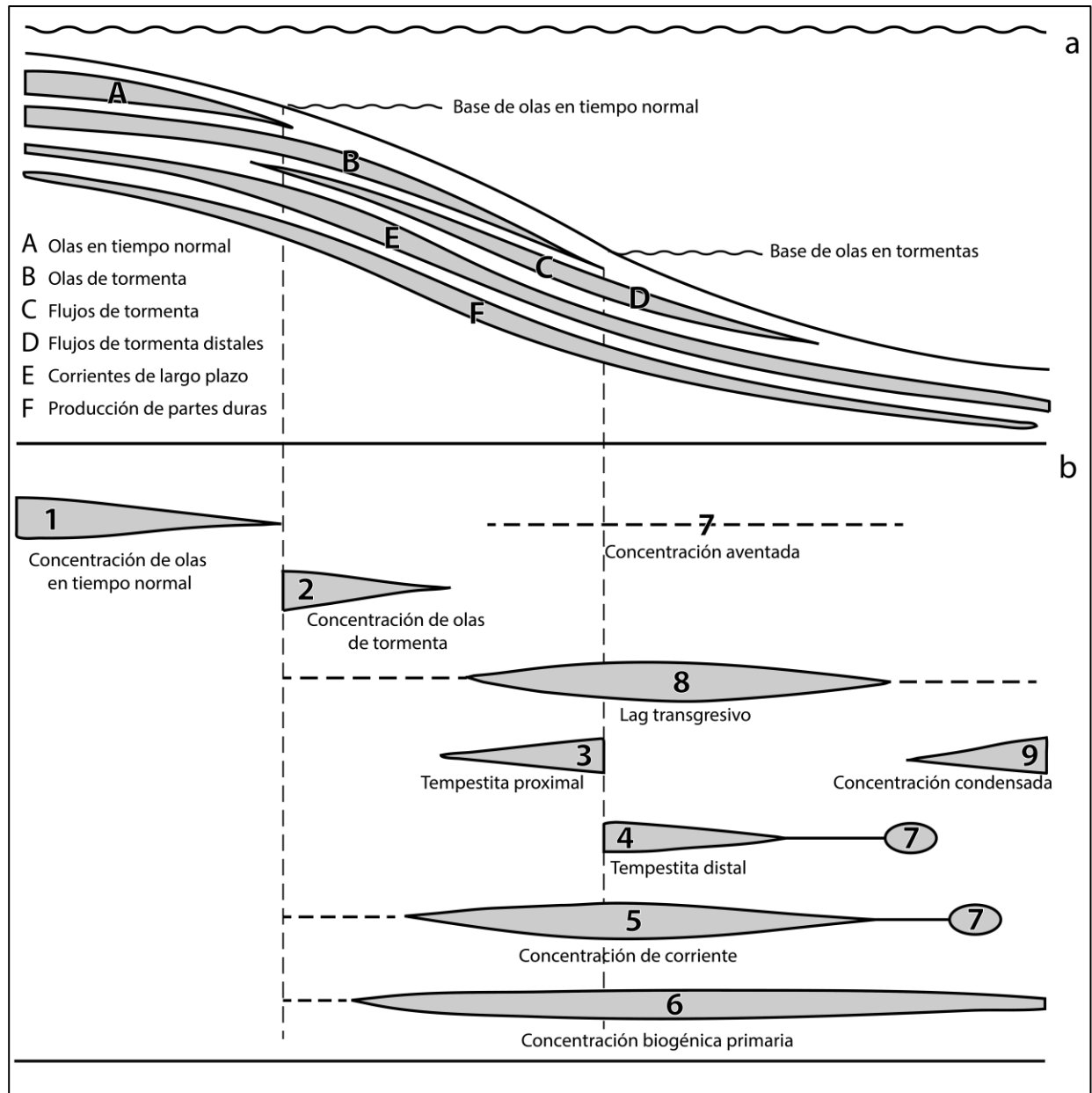


Figura 3.5: Distribución genética de concentraciones fósiles en ambientes marinos costeros. a: Procesos de concentración. **b:** Tipos de concentraciones producidas por los procesos mencionados. Modificado de Fürsich & Oschmann (1993).

Si bien esta clasificación fue concebida a partir de concentraciones propias del Jurásico de India, ha sido extensamente aplicada a estudios tafonómicos en múltiples tiempos geológicos y provincias geográficas (*e.g.* Bressan & Palma, 2010; Sedorko *et al.*, 2019; Everaert *et al.*, 2020; Pineda, 2020).

4. Metodología

4.1. Trabajo de campo

Durante las campañas en terreno se realiza la descripción estratigráfica generalizada de las localidades visitadas y se recolectan muestras litológicas y paleontológicas, incluyendo la extracción de volúmenes de concentraciones fósiles. La toma de muestras se efectuó en un total de cinco localidades de la zona costera de la península de Arauco, definidas en mayor detalle en el Capítulo 5. Para las concentraciones fósiles de mayores dimensiones se recogieron diversos bloques de ~2.000 – 8.000 cm³. Adicionalmente se recolectaron especímenes fósiles individuales provenientes de los mismos estratos, que posteriormente fueron ingresados al Museo de Historia Natural de Concepción.

4.2. Trabajo de laboratorio

La preparación y análisis las muestras recolectadas se llevaron a cabo en el depósito de Ciencias Naturales del Museo de Historia Natural de Concepción. Los ejemplares fósiles más representativos fueron ingresados a la colección ‘Paleontología de Chile Centro Sur’. Las muestras litológicas son clasificadas textural y composicionalmente de acuerdo a las clasificaciones de Folk *et al.* (1970). La clasificación taxonómica de los ejemplares fósiles se rige por la literatura especializada detallada en el Capítulo 6.

Los bloques extraídos durante el muestreo fueron disgregados y lavados con peróxido de hidrógeno en concentraciones variables entre 20 y 40%, con el fin de disgregar la matriz y extraer los especímenes individuales. Posteriormente se utilizaron brochas y herramientas metálicas para limpiar las cavidades y costras de sedimentos remanentes. El material de menores dimensiones fue fotografiado mediante lupa estereoscópica con cámara digital integrada, y posteriormente procesadas mediante el software AMScope. Finalmente, los ejemplares fósiles fueron codificados y almacenados en recipientes plásticos dentro de su colección.

4.3. Tratamiento de datos y caracterización de tafofacies

Para el análisis tafonómico se definieron, en primera instancia, las tafofacies presentes en los afloramientos estudiados. Esta definición se basa en descripciones generales a partir de observaciones en terreno. Las caracterizaciones cualitativas y semicuantitativas de las tafofacies definidas se realizan a partir de las metodologías empleadas por Kidwell & Holland (1991); Lazo (2004; 2006) y Pineda (2020). Se consideraron diversos criterios de análisis de acuerdo a la información inferible a partir de ellos, agrupados como rasgos paleontológicos, sedimentológicos, y tafonómicos. Los primeros se utilizan para deducir características paleoecológicas y paleoambientales de las comunidades antiguas; los sedimentológicos permiten inferir mecanismos de sedimentación y características ambientales; y los tafonómicos facilitan la interpretación de la historia de procesos *post-mortem* que afectaron a los organismos (Kidwell & Holland, 1991; Lazo, 2004). Los rasgos sedimentológicos son descritos de manera generalizada a nivel de la tafofacies correspondiente, mientras que los paleontológicos y tafonómicos son medidos para cada bioclasto.

Los rasgos paleontológicos considerados fueron la composición taxonómica, clasificándose como monotípicas o politípicas (*sensu* Kidwell *et al.*, 1986); abundancia relativa de taxones identificados al nivel de género o el siguiente nivel más específico posible; y paleoecología. Este último aspecto considera rasgos como el tipo de ambiente habitado (profundo, somero o de costa rocosa) y el modo de vida, (epifaunal, infaunal o semi-infaunal).

Los rasgos sedimentológicos incluyen selección, empaquetamiento, orientación, geometría, presencia de estructuras sedimentarias, y estructura interna. Para la selección de los bioclastos y su empaquetamiento, se consideraron los parámetros semicuantitativos de Kidwell & Holland (1991); la selección se mide en la escala granulométrica de Wentworth (1922), tomando en cuenta solamente los bioclastos de tamaño grueso (>2 mm). Los bioclastos de menores dimensiones son tratados como parte de la matriz. La selección se consideró (1) buena, cuando el 80% de los bioclastos gruesos se encuentran distribuidos dentro de una o dos clases adyacentes; (2) bimodal, cuando existe una segunda moda bien definida, y (3) pobre, cuando el 80% de los bioclastos se distribuyen en 3 o más clases (Fig. 4.1).

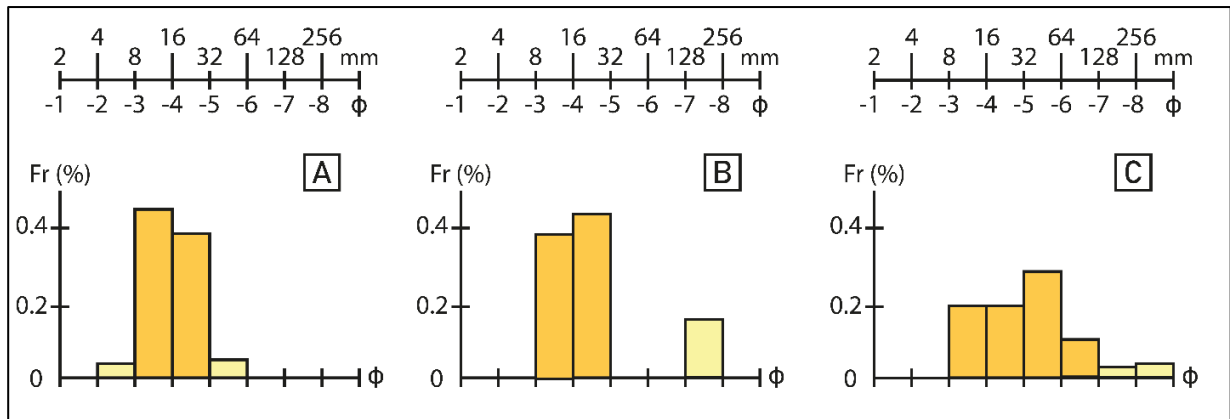


Figura 4.1: Clasificación de concentraciones fósiles según selección de los bioclastos. A: Selección buena. B: Selección bimodal. C: Selección pobre.

El empaquetamiento se clasifica como (1) denso, cuando la concentración es granosoportada, con los bioclastos gruesos frecuentemente en contacto unos con otros, (2) pobre, cuando la mayor parte se encuentran a menos de un largo corporal entre ellos, con una cantidad reducida de bioclastos en contacto, y (3) disperso, si no existe contacto entre bioclastos, y la mayoría se encuentra a más de un largo corporal de distancia entre ellos (Fig. 4.2).

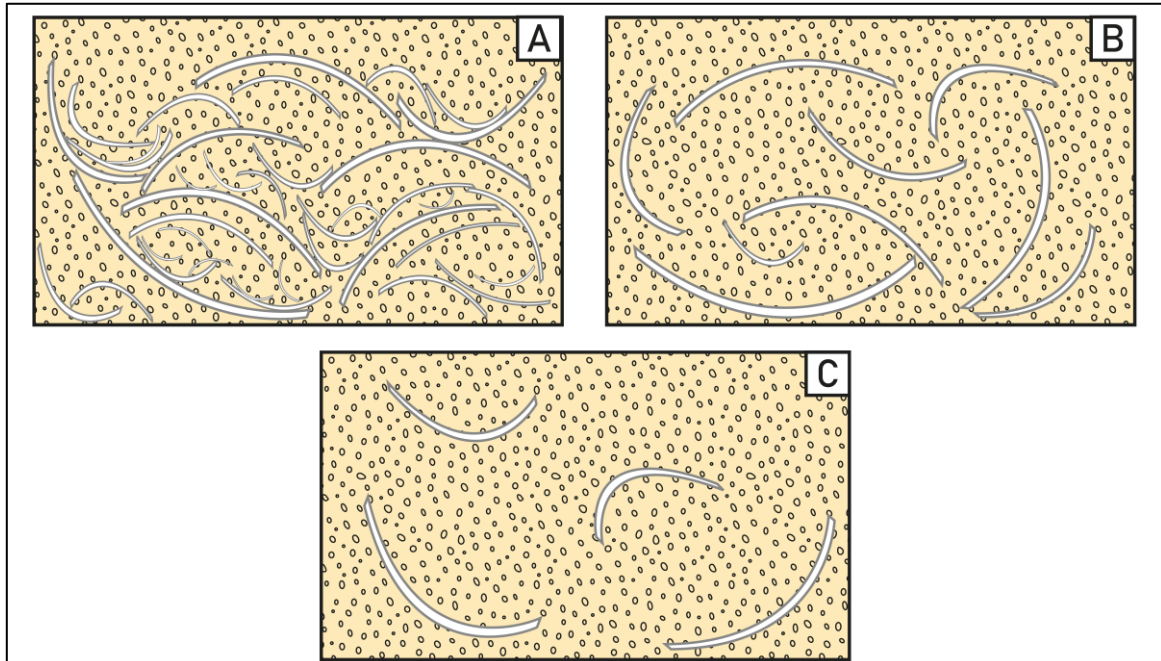


Figura 4.2: Clasificación de concentraciones fósiles según empaquetamiento. A: Empaquetamiento denso. B: Empaquetamiento pobre. C: Empaquetamiento disperso.

La orientación y la geometría de las concentraciones siguen las clasificaciones de Kidwell *et al.* (1986) ilustradas en el Capítulo 3. La presencia de estructuras sedimentarias hace referencia tanto a aquellas singenéticas como epigenéticas. La estructura interna se clasifica como (1) simple, si la concentración es homogénea o muestra una única tendencia en gradación, y (2) compleja, cuando muestran patrones de variación como alternancias de horizontes fosilíferos y no fosilíferos.

Los rasgos tafonómicos incluyeron la fragmentación, articulación, corrosión, y redondeamiento. La articulación se aplica solamente a bivalvos y braquiópodos. La fragmentación se clasificó de acuerdo a la proporción conservada de la concha original, como (1) baja (75-100%), (2) moderada (30-74%), y (3) elevada (<30%). La articulación de las valvas se considera como (1) articuladas, si se encuentran unidas y cerradas, (2) abiertas, cuando se encuentran unidas en el umbo, pero abiertas en posición de ‘mariposa’, y (3) desarticuladas, cuando se preserva una sola valva. La corrosión (*sensu* Brett & Baird, 1986) se refiere a la proporción de la valva alterada superficialmente (sea por procesos de abrasión, disolución o bioerosión), catalogándose como (1) baja, en restos con buena preservación de su ornamentación o superficie lustrosa, (2) moderada, cuando la ornamentación es aún reconocible, pero con un deterioro evidente, y (3) alta, cuando la ornamentación se ha perdido completamente o la superficie presenta apariencia terrosa y orificios de disolución. El redondeamiento fue catalogado como (1) sin alteración, cuando los bordes conservan su superficie original, (2) angulosos, si se encuentran fragmentos y agudizados, y (3) redondeados, si la fragmentación fue suavizada por procesos de corrosión.

El tratamiento de los datos tafonómicos se realizó de acuerdo a la metodología de Pineda (2020), presentándose en matrices de datos las cuales utilizan los valores numéricos indicados en el párrafo anterior, a modo de simplificar su visualización. Los gráficos y figuras fueron elaborados en Microsoft Excel y posteriormente editados en Adobe Illustrator.

5. Estratigrafía

5.1. Localidades

La Formación Ranquil aflora en diversas localidades dentro de la Península de Arauco, sin embargo, los afloramientos mejor preservados y más representativos se ubican preferencialmente en bordes litorales de la zona, conformando las actuales plataformas de abrasión y acantilados costeros. La ubicación de los afloramientos considerados en este estudio se indica en la Figura 5.1. Los códigos empleados para denominar cada localidad son aquellos utilizados por Nielsen (2003) y trabajos posteriores. Estas localidades corresponden a los acantilados y plataformas de abrasión adyacentes a la localidad de Lebu (LEB), Caleta Ranquil (RAN y RQT) y Punta Huenteguapi (RQS y RQK).

Entre Caleta Ranquil y Punta Huenteguapi, la Formación Ranquil se encuentra expuesta de manera representativa, mientras que los niveles basales solo se hallan presentes en las cercanías de Lebu (LEB). De manera local en Punta Huenteguapi y sobreyaciendo a la potente secuencia de rocas correspondientes a las unidades RAN y RQT, se dispone la unidad RQS, y posteriormente RQK ('Piso Ranquil' *sensu* Tavera (1942)) representando el techo de la secuencia. Dado que, tanto su contenido fosilífero (Tavera, 1942) como sus dataciones isotópicas $\text{Sr}^{87}/\text{Sr}^{86}$ (Nielsen & Glodny, 2009) indican que esta última representaría una edad levemente más joven que las secuencias subyacentes, en ocasiones la unidad RQK se ha considerado independiente de la Formación Ranquil (Encinas *et al.*, 2021). No obstante, para efectos de este trabajo se seguirá considerando dentro de la formación en cuestión.

Las localidades de estudio se describen a continuación de acuerdo a su litología, estructuras y contenido fosilífero, a partir de las observaciones realizadas en terreno. Debido a que las unidades mencionadas afloran interrumpidamente en la zona y se encuentran afectadas por fallas, las relaciones estratigráficas entre las distintas unidades no han sido completamente esclarecidas en la literatura. Un análisis detallado de la estratigrafía, facies sedimentarias y asociaciones de facies no se considera dentro del alcance de este trabajo, por lo que su descripción se realizó de manera generalizada. El contenido fosilífero más representativo y mejor preservado es descrito

detalladamente en el Capítulo 6, mientras que las concentraciones fósiles estudiadas son analizadas en el Capítulo 7. En el Anexo 1 se adjunta una columna estratigráfica generalizada de las unidades.

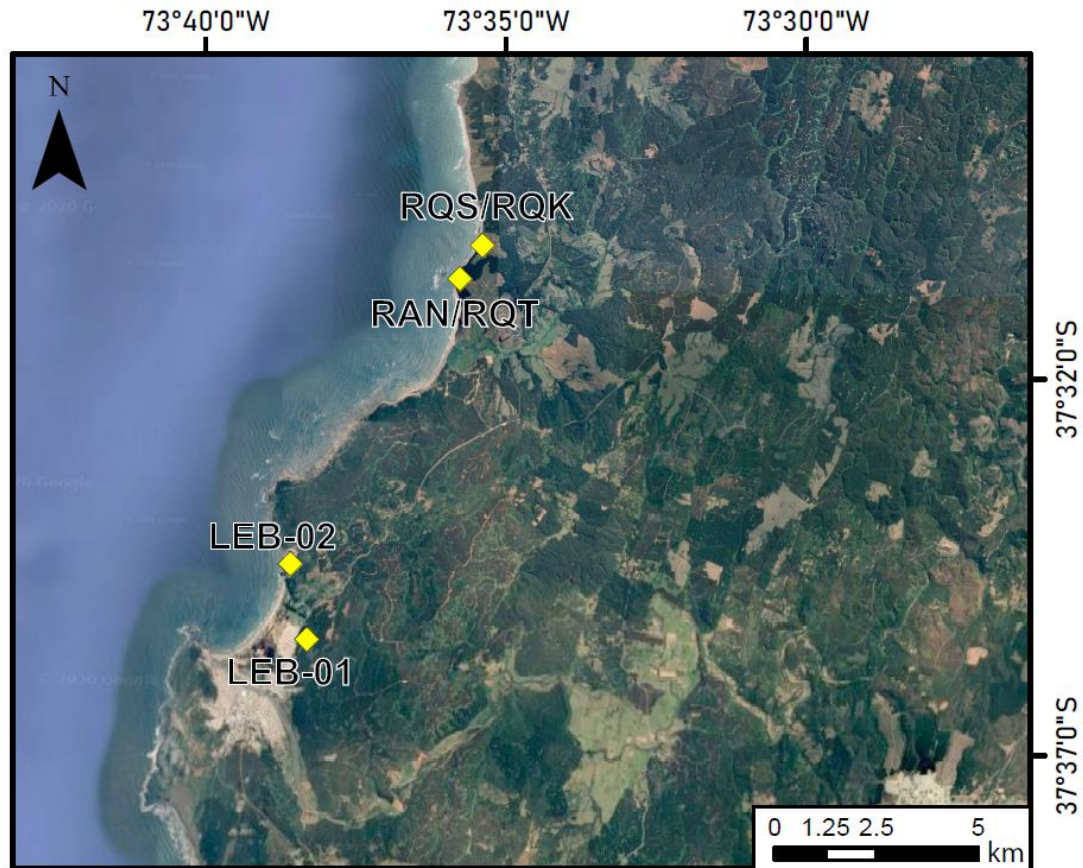


Figura 5.1: Mapa de ubicación de localidades visitadas en el estudio.

5.2. Unidades

5.2.1. LEB (Lebu)

Afloramientos ubicados en los acantilados cercanos a la localidad de Lebu (Fig. 5.2(A)), representando los niveles inferiores de la formación. En este sector, los conglomerados basales de la Formación Ranquil se disponen sobre las areniscas eocenas pertenecientes al Grupo Lebu. El techo de la secuencia en estos afloramientos corresponde a la actual superficie de erosión. La unidad se compone principalmente de conglomerados fosilíferos y en menor medida areniscas y areniscas conglomerádicas. Debido a su geometría irregular, la meteorización y la abundante

vegetación, no es posible determinar un espesor mínimo, ni las relaciones de continuidad entre las distintas litologías. La mayor parte de las observaciones en terreno se realizaron a partir de bloques caídos.

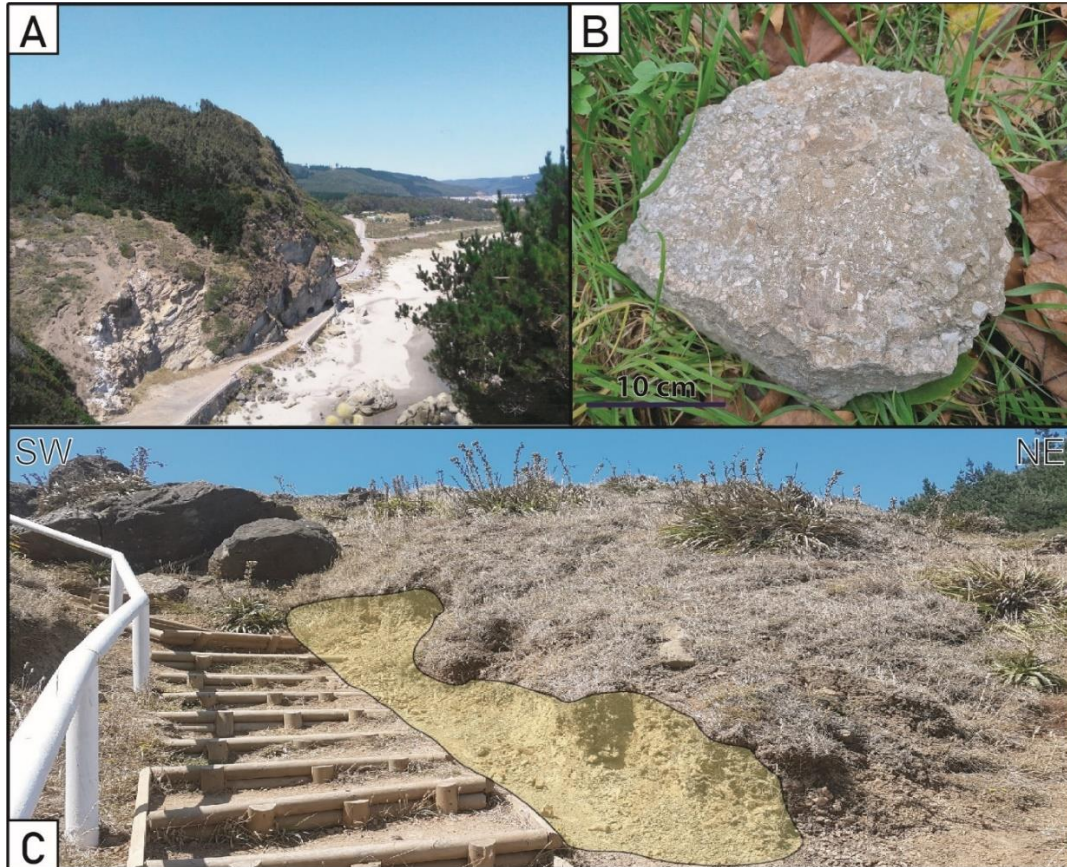


Figura 5.2: Rasgos sedimentológicos de unidad LEB. **A:** Vista general del afloramiento LEB-02, Cavernas de Benavides. **B:** Concentraciones fósiles conglomerádicas, LEB-01. **C:** Niveles decimétricos de areniscas, LEB-02.

Los conglomerados basales de la unidad conforman concentraciones fósiles (Fig. 5.2(B)). Su textura es granosoportada, con clastos pertenecientes a restos esqueléticos de diversos organismos marinos, con un predominio de moluscos y corales, así como una menor proporción de clastos provenientes del basamento, conformados por fragmentos de esquistos y granos monominerales de cuarzo. Los clastos se encuentran inmersos en una matriz de arena fina a media de coloración grisácea. El ordenamiento interno es aparentemente masivo y pobremente seleccionado. Los clastos no presentan gradación aparente. Los conglomerados fosilíferos se hayan mejor representados en la localidad LEB-01 (Fig. 5.1), donde los bloques caídos son abundantes y de mayores dimensiones.

En la localidad LEB-02 se presentan además niveles de areniscas conglomerádicas y areniscas de grano medio a fino fuertemente meteorizadas. Afloran de manera esporádica y con poca potencia (Fig. 5.2(C)). Exhiben una coloración grisácea en superficie fresca, y pardo anaranjado en alterada. No muestran gradación aparente ni estructuras sedimentarias. Contienen restos fósiles dispersos de composición taxonómica idéntica a las facies conglomerádicas, con un menor grado de preservación debido a la meteorización. Los fósiles se encuentran tanto dispersos como en concentraciones similares a las anteriores.

5.2.2. RAN (Caleta Ranquil)

Los afloramientos de Caleta Ranquil se extienden ampliamente en el borde litoral, conformando los acantilados costeros y plataformas de abrasión (Fig. 5.3(A)). La unidad RAN se conforma principalmente por areniscas, con una menor proporción de niveles conglomerádicos. Esta secuencia exhibe una potencia mínima de ~20 m, no obstante, su base y techo no son observables.

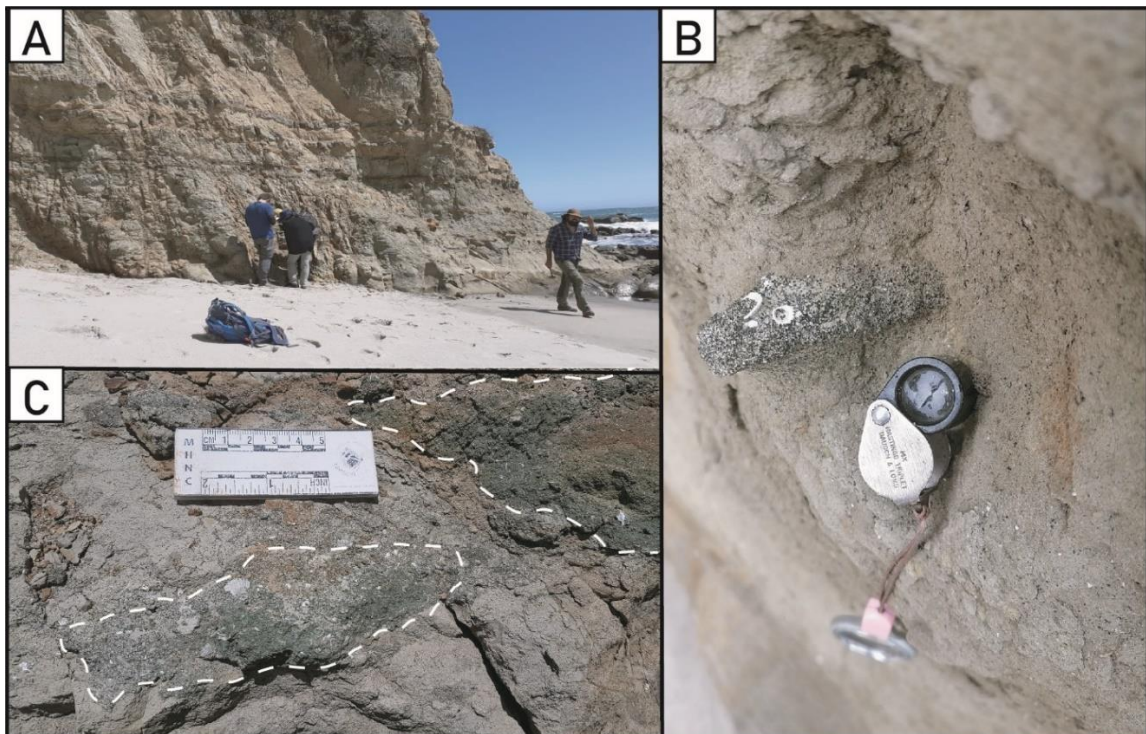


Figura 5.3: Rasgos sedimentológicos de la unidad RAN. **A:** Vista general del afloramiento RAN, Caleta Ranquil. **B:** Trazas de habitación de *Ophiomorpha* isp. en areniscas. **C:** Lentes de areniscas glauconíticas.

La mayor parte de esta unidad se encuentra representada por areniscas pardas, granoportadas, de buena selección y tamaño de grano fino a medio. No muestran gradación ni estructuras sedimentarias. Presentan un alto grado de bioturbación, con predominio de trazas de habitación (*Thalassinoides* isp., *Ophiomorpha* isp.) (Figura 5.3(B)). Los restos fósiles son escasos y dispersos, incluyendo gastrópodos, bivalvos, escafópodos, corales y briozoos (Fig. 5.4(A-C)). De manera intercalada contiene niveles y lentes centimétricos a decimétricos de conglomerados finos.

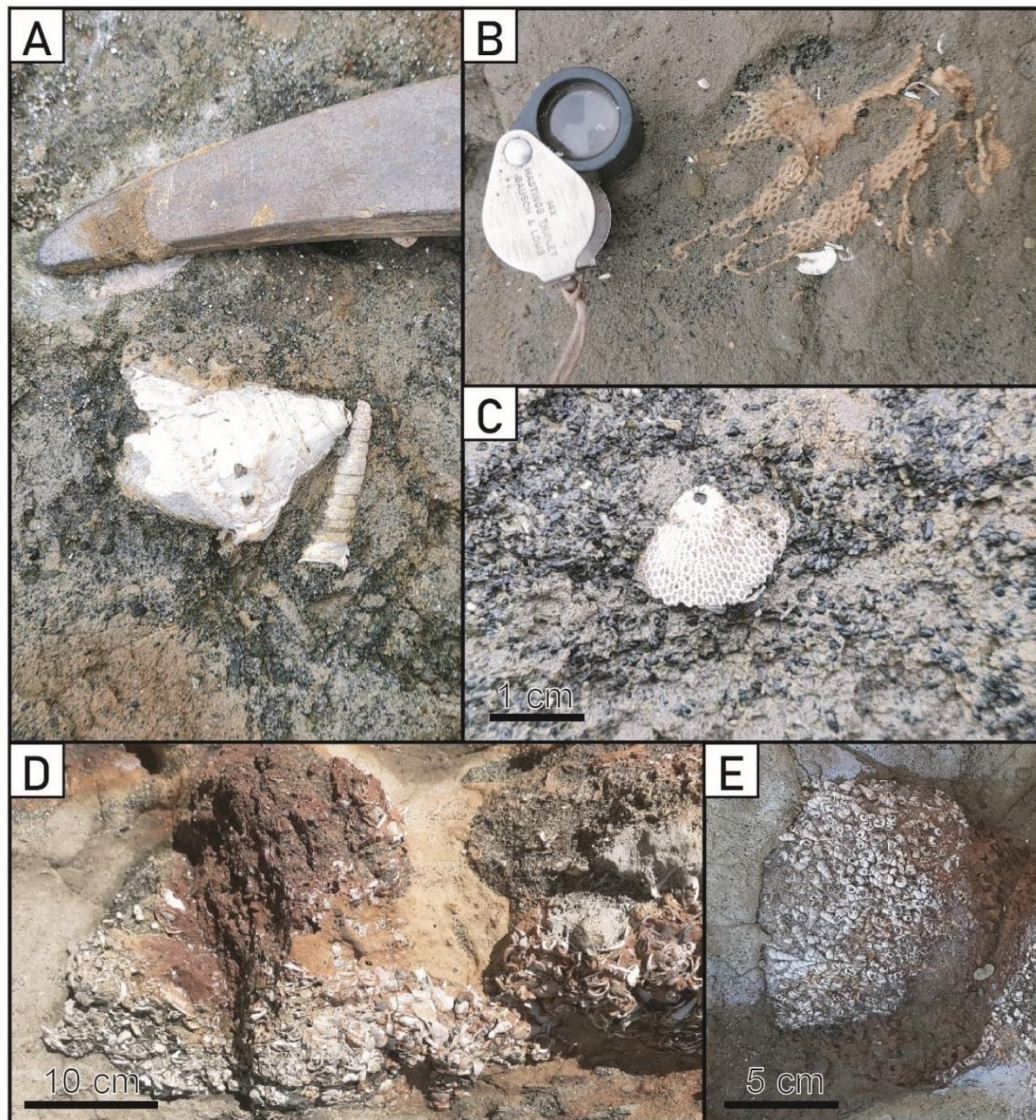


Figura 5.4: Ejemplos de contenido fosilífero de unidad RAN. **A:** Gastrópodos *Pachycymbiola vidali* e *Incatella* sp. **B:** Briozoo indeterminado. **C:** Coral indeterminado. **D:** Concentraciones fósiles de conchas altamente fragmentadas. **E:** Concentraciones fósiles monoespecíficas de turritelidos.

Dentro de la secuencia de areniscas pardas se dan intercalaciones y lentes centimétricos a decimétricos de areniscas verdosas (Fig. 5.3(C)), de textura matrizsoportada, mala selección y tamaño de grano medio a grueso. En menor proporción se encuentran areniscas conglomerádicas. No muestran gradación ni estructuras sedimentarias. Poseen abundante contenido fosilífero dominado por restos de moluscos, tanto de manera aislada como en concentraciones fósiles (Fig. 5.4(D-E)).

5.2.3. RQT (Caleta Ranquil)

Unidad que aflora extensamente en el margen costero de Caleta Ranquil, representando la mayor parte de las actuales plataformas de abrasión (Fig. 5.5(A)). La secuencia se compone principalmente de lutitas grises con intercalaciones menores de areniscas grisáceas. Tiene una potencia mínima de ~100 m. Su base no es observable, mientras que el techo forma la actual superficie de erosión. Localmente se encuentra subyaciendo a la unidad RQS.

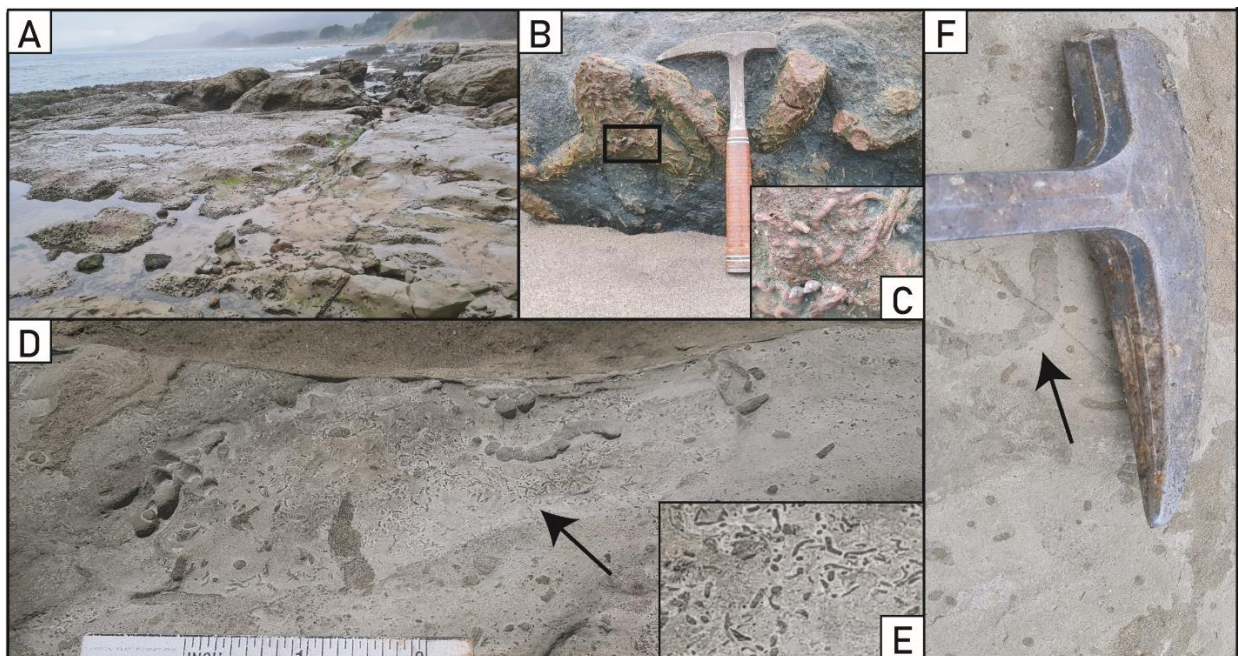


Figura 5.5: Rasgos sedimentológicos de unidad RQT. **A:** Vista general del afloramiento RQT (Caleta Ranquil). **B:** Trazas de *Thalassinoides* isp. colonizadas por bioturbaciones posteriores. **C:** Acercamiento de B. **D:** Trazas de *Phycosiphon* isp. y otras de identificación indeterminada. **E:** Acercamiento del recuadro en D, trazas de *Phycosiphon* isp. **F:** Trazas de *Zoophycos* isp.

Las lutitas de esta unidad forman potentes paquetes que afloran interrumpidamente a lo largo del margen litoral. Se caracterizan por su color gris levemente verdoso y un alto grado de bioturbación. Ocasionalmente presentan intercalaciones de areniscas finas de espesores métricos, las cuales pueden mostrar estratificación cruzada. Las trazas fósiles son diversas y abundantes, representadas principalmente por trazas de alimentación (*Phycosiphon* isp., *Chondrites* isp., *Zoophycos* isp.) y habitación (*Thalassinoides* isp.) (Fig. 5.5(B-F)). Los restos fósiles son diversos, encontrándose principalmente de manera aislada. Estos se encuentran dominados por gastrópodos y bivalvos, y en menor medida escafópodos, corales, briozoos y crustáceos (Fig. 5.6). No se detectaron concentraciones fósiles.

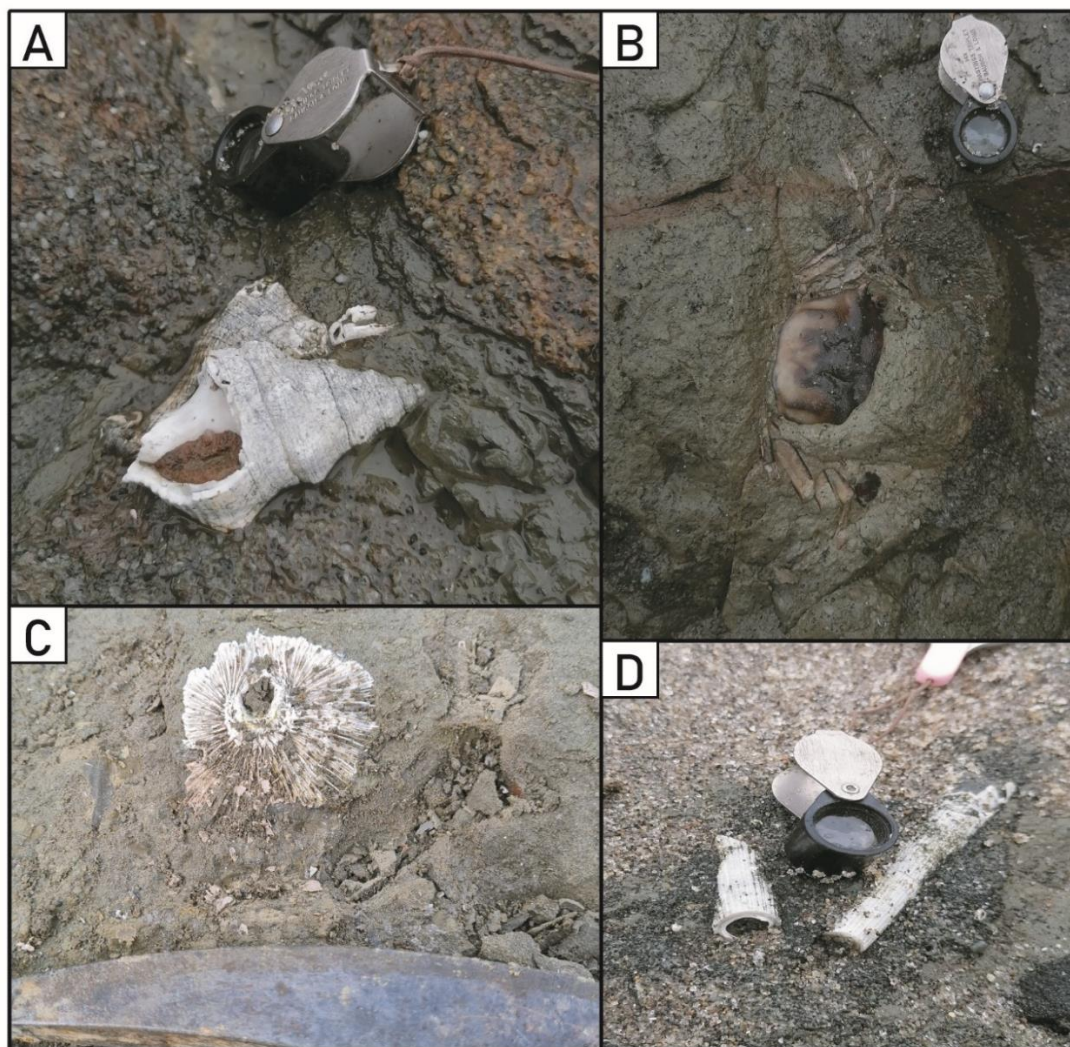


Figura 5.6: Ejemplos de contenido fosilífero de unidad RQT. **A:** Gastrópodo *Penion oncodes*. **B:** Brachyura indeterminado. **C:** Coral escleractinio *Flabellum costellatus*. **D:** Escafópodo *Dentalium sulcosum*.

5.2.4. RQS (Punta Huenteguapi)

Sucesión que aflora localmente en Punta Huenteguapi, representada por una secuencia de areniscas masivas de un espesor mínimo de ~20 m. Sobreyace e intruye a la unidad RQT mediante diques de arena de direcciones y espesores muy variables, e infrayace a RQK. Caracterizada por su tamaño de grano grueso a muy grueso, mala selección y color pardo anaranjado, así como la ausencia de estructuras sedimentarias o trazas fósiles. En la base presenta concreciones ferruginosas y abundantes intraclastos de lutitas pertenecientes a la unidad RQT (Fig. 5.7). No se encontraron restos fósiles.

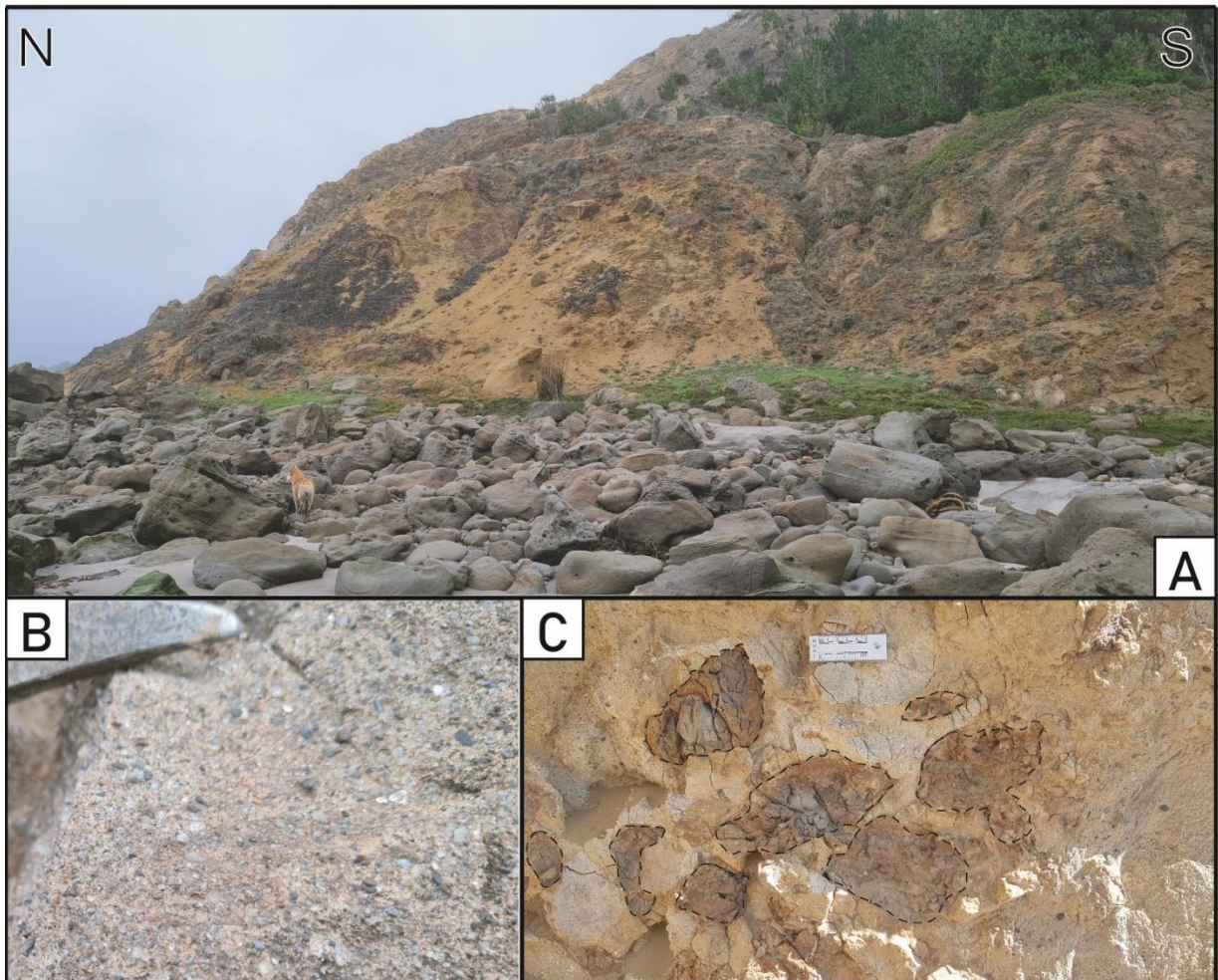


Figura 5.7: Rasgos sedimentológicos de unidad RQS. **A:** Vista general del afloramiento RQS (Punta Huenteguapi). **B:** Acercamiento de textura gruesa de areniscas. **C:** Intraclastos de lutitas provenientes de RQT.

5.2.5. RQK (Punta Huenteguapi)

Unidad ubicada en la cima de los acantilados costeros de Punta Huenteguapi. Sin embargo, actualmente se encuentra casi completamente erosionada, y sus mayores remanentes corresponden a los abundantes bloques caídos que se encuentran acumulados sobre las plataformas de abrasión. Sobreyace a RQS y su límite superior es la actual superficie de erosión. Debido a su grado de erosión, no es posible determinar un espesor mínimo. Las observaciones fueron realizadas a partir de los bloques caídos (Fig. 5.8(A-B)).

Se compone de areniscas calcáreas de grano fino a medio, fábrica granosoportada, selección moderada y color pardo anaranjado. No muestran gradación aparente ni estructuras sedimentarias o trazas fósiles. Presentan un abundante contenido fosilífero en forma de concentraciones fósiles, las cuales se encuentran conformadas únicamente por restos esqueletales de bivalvos y gastrópodos (Figura 5.8(C)).

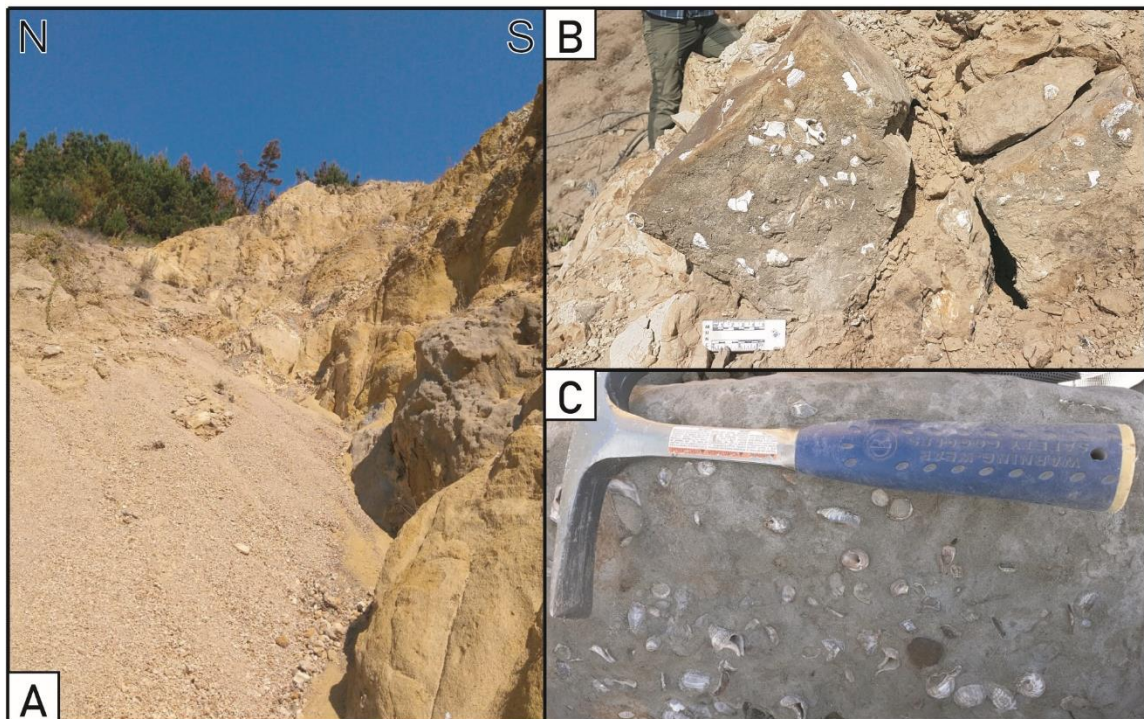


Figura 5.8: Rasgos sedimentológicos de unidad RQK. **A:** Vista general del afloramiento RQK (Punta Huenteguapi). **B:** Bloques caídos y dispersos entre el material no consolidado que conforma los acantilados. **C:** Acercamiento del contenido fosilífero presente en los bloques.

6. Paleontología Sistemática

6.1 Introducción

Los fósiles descritos en el presente trabajo corresponden a un total de 33 especies, incluyendo 13 de gastrópodos, 8 de bivalvos, y 12 pertenecientes a otros grupos de menor representación. El material colectado proviene de Formación Ranquil, en el sector costero de Arauco, Región del Biobío. La totalidad de los fósiles se encuentran depositados en la colección ‘Paleontología de Chile Centro Sur’ del Museo de Historia Natural de Concepción. El análisis se ve complementado también por observaciones realizadas a partir de especímenes observados solamente en terreno *in situ*. Adicionalmente, el análisis tafonómico del Capítulo 7 considera también observaciones realizadas a partir de especímenes en peor estado de preservación o de taxonomía incierta, el cual no pudo ser catalogado en el presente capítulo.

Para la caracterización morfológica de los especímenes se siguen los criterios y terminologías empleadas en Camacho (2008). La nomenclatura sistemática de moluscos es aquella indicada en Bouchet *et al.* (2010) para gastrópodos, Bieler *et al.* (2010) para bivalvos, y Steiner & Kabat (2001) para escafópodos. Para otros grupos se utiliza la base de datos WoRMS y literatura especializada para cada taxón. La nomenclatura abierta y abreviaturas en latín se rigen por las definiciones de Sigovini *et al.* (2016). Las listas de sinonimias consideran únicamente literatura que incluya figuras o descripciones de los taxones en cuestión. Las caracterizaciones ambientales y ecológicas son inferidas a partir de análogos actuales, ya sea a nivel de género o familia. Esta información y las localidades de recolección de cada género se sintetizan en el capítulo 6.3. Las láminas con las figuras correspondientes a cada taxón se entregan en el Anexo 2.

6.2 Descripción Sistemática

Phylum Mollusca Linnaeus, 1758

Clase Gastropoda Cuvier, 1795

Subclase Caenogastropoda Cox, 1960

Subcohorte Hypsogastropoda Ponder & Lindberg, 1997

Superfamilia Naticoidea Guilding, 1834

Familia Naticidae Guilding, 1834

Subfamilia Naticinae Guilding, 1834

Género *Neverita* Risso, 1826

Especie tipo – *Neverita josephinia* Risso, 1826. Eoceno – Reciente, Europa.

Neverita (Glossaulax) pachystoma (Hupé, 1854)

Lámina 1, Figuras A-B

- *Natica pachystoma* - Hupé, 1854; p. 223, lám. 1, figs. 6, 6a
- *Natica pachystoma* - Philippi, 1887; p. 87, lám. 10, figs. 1a, b, c
- *Natica obtecta* - Philippi, 1887; p. 88, lám. 10, figs. 2a, b
- *Natica barrosi* - Philippi, 1887; p. 88, lám. 10, fig. 9
- *Natica hupeana* - Philippi, 1887; p. 88, lám. 10, fig. 3
- *Natica volckmanni* - Philippi, 1887; p. 89, lám. 10, fig. 4.
- *Natica (Neverita) obtecta* - Möricke, 1896; p. 556-557, lám. 11, figs. 26,27
- *Natica obtecta* - Philippi, 1897; lám. 3, fig. 7 & lám. 10, fig. 1
- *Natica (Polinices) pachystoma* - Tavera, 1979; p. 93, figs. 51-52
- *Neverita (Glossaulax) pachystoma* - Nielsen, 2003; p. 75, lám. 13, figs. 13-22
- *Neverita (Glossaulax) pachystoma* – Frassinetti, 2006; p.66

Diagnosis: Concha globular a oval, sutura poco profunda. Espira baja a moderadamente alta. Ornamentación consistente únicamente en líneas de crecimiento. Callosidad umbilical extensa y gruesa, que cubre extensamente el umbilico y puede estar delimitada por un surco poco profundo. Abertura oval a semicircular. (Adaptado de Nielsen, 2003).

Descripción: Concha globular, levemente deprimida en la zona umbilical. Última vuelta de dimensiones notoriamente mayores en proporción a la espira. Sutura tenue, débilmente marcada y

poco profunda. Superficie lisa y pulida, ornamentada por tenues líneas de crecimiento que recorren la totalidad de la concha. Labio externo delgado, labio interno engrosado y no observable en su totalidad, al encontrarse parcialmente oculto por un extenso callo umbilical que cubre esta zona casi en su totalidad. En los ejemplares mejor conservados, la callosidad umbilical presenta un leve surco transversal próximo a la abertura. Abertura subovalada y amplia. Dimensiones: alto máximo 35 mm, diámetro máximo 28 mm.

Tipo: Sintipos *N. pachystoma* MNHN-LG Gg2002/50, MNHN-LG Gg2002/77. Muséum national d'Histoire naturelle, Laboratorio de Geología, París, Francia.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Ranquil (Tavera, 1942; Nielsen, 2003), Fm. Navidad (Tavera, 1979), Fm. Lacui (Kiel & Nielsen, 2010), en la Isla Stokes (Frassinetti, 2001), y en el Golfo Tres Montes, en las islas Crosslet y Hereford (Frassinetti, 2006).

Material de estudio: MHNC.38.0002-1 / MHNC.38.0002-2 / MHNC.38.0002-3 / MHNC.38.0002-4 / MHNC.38.0002-5 / MHNC.38.0002-6 / MHNC.38.0002-7 / MHNC.38.0002-8 / MHNC.38.0002-9 / MHNC.38.0002-10 / MHNC.38.0002-11 / MHNC.38.0002-12.

Paleoautoecología: Los naticidos actuales poseen un modo de vida semi-infaunal, encontrándose representantes en un amplio rango de hábitats, entre la zona intermareal hasta miles de metros de profundidad (Huelsen *et al.*, 2008). Sus hábitos alimenticios son depredacionales, desarrollando un modo de alimentación característico, en el cual envuelven a su presa (comúnmente bivalvos y gastrópodos) y penetran su concha para alcanzar las partes blandas. Las perforaciones circulares efectuadas por naticidos quedan preservadas como trazas (icnogénero *Ooichnus*) en el registro fósil (Visaggi *et al.*, 2013).

Observaciones: La presencia de una gruesa callosidad umbilical que cubre y cierra el umbilico es un rasgo distintivo del género *Neverita*, y permite distinguirlo de otros taxones de la familia Naticidae (Marinkovich, 1977). Nielsen (2003) y Griffin & Nielsen (2008), asignan esta especie al subgénero *Glossaulax*, por la presencia de un surco transversal en el callo umbilical. No obstante, Huelsen *et al.* (2012), sobre la base de estudios filogenéticos, consideran cuestionable la

existencia de este subgénero, indicando que ciertas especies asignadas a este se encuentran filogenéticamente separadas entre sí por otras especies no pertenecientes a este taxón. Por otra parte, Griffin & Pastorino (2013) consideran *Glossaulax* a nivel de género, caracterizándolo y diferenciándolo de otros similares (como *Neverita*), por la presencia del surco transversal en el callo umbilical. Nielsen (2003) señala, además, que para la familia Naticidae, las callosidades y las proporciones entre espira y última vuelta constituyen diferencias sistemáticas de poca confiabilidad, observándose grandes variaciones entre especímenes de distintas localidades. Se diferencia del género *Polinices* en que este puede presentar el umbilico estrechamente cubierto por la callosidad umbilical, pero nunca de manera total; de *Neverita chilensis* en que esta puede exhibir distintos grados de desarrollo de la callosidad umbilical, llegando a dejar una leve abertura alargada en algunos casos, y su concha es lisa, sin ornamentación aparente (Nielsen, 2003).

Superorden Latrogastropoda Riedel, 2000

Superfamilia Tonnoidea Suter, 1913

Familia Cassidae Latreille, 1825

Subfamilia Phaliinae Beu, 1981

Género *Echinophoria* Sacco, 1890

Especie tipo – *Buccinum intermedium* Brocchi, 1814; Oligoceno – Mioceno, Italia.

Echinophoria monilifera (Sowerby, 1846)

Lámina 1, Figuras C-D

- *Cassis monilifer* - Sowerby, 1846; p. 260-261, lám. 4, fig. 65
- *Cassis monilifer* - d'Orbigny, 1852; p. 90
- *Cassidaria tuberculifera* - Hupé, 1854; p. 209, lám. 3, fig. 2
- *Cassis monilifera* - Philippi, 1887; p. 68, lám. 8, fig. 1 *nom. emend.*
- *Cassis monilifera* - Möricke, 1896; p. 560
- *Cassis monilifera* - Tavera, 1979; p. 92, lám. 19, figs. 70-71
- *Cassis monilifera* - Tavera *et al.* 1985; lám. 2, fig. 19.
- *Phalium (Xenophalium) moniliferum* - Abbott, 1968; p. 32
- *Semicassis* aff. *monilifera* - Frassinetti, 2000; p. 136, lám. 1, fig. 10
- *Semicassis monilifera* - Frassinetti, 2001; pp. 80-81
- *Echinophoria monilifera* - Nielsen, 2003; p. 89, lám. 16, figs. 11-16
- *Echinophoria monilifera* - Griffin & Nielsen, 2008; p. 300, lám. 21, figs. 15-20

Diagnosis: '*Testa ovato-globulosa, ventricosa; spira scalata; anfractibus convexis, medio cariniferis, carina tuberculis conicis munita, ultimo biseriato, striis transversis, exilissimis undulatisque, omnino ornata; apertura ovata, subtriangulari; columella medio profundè sinuosa, basi contorta, labro calloso induta; labro dextro supernè sinuato, crasso, rotundato, extus marginato*' (Hupé, 1854).

Descripción: Concha pequeña, de forma globosa alargada, con una espira corta y última vuelta inflada. Rampa subsutural recta a levemente cóncava, con sutura tenue y apenas visible. Ornamentación conformada por numerosos cordones espirales densamente espaciadas entre sí, presentes en toda la extensión de la concha. Bajo la sutura, el hombro es recorrido por una hilera de nódulos prominentes y agudos. Por debajo de esta se presenta una segunda hilera de nódulos, débilmente marcados y de menores dimensiones, observable únicamente en la última vuelta. Abertura subovalada y amplia, con labios desgastados y parcialmente ausentes en el material estudiado. Canal sifonal corto, ligeramente torcido y proyectado hacia la región posterior. Fasciola sifonal fuertemente desarrollada. Dimensiones: alto máximo 22 mm, diámetro máximo 16 mm.

Tipo: Holotipo BMNH G.26364, British Museum (Natural History), Londres, Inglaterra. Sintipo MNHN-LG Gg2022/52, Muséum national d'Histoire naturelle, Laboratorio de Geología, París, Francia.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979; Nielsen, 2003), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942; Nielsen, 2003), Fm. Lacui (Kiel & Nielsen, 2010), y en la Isla Stokes (Frassinetti, 2001).

Material de estudio: MHNC.38.0004-1 / MHNC.38.0004-2 / MHNC.38.0004-3

Paleoautoecología: *Echinophoria*, al igual que los demás géneros de la familia Cassidae, se encuentra representado en su mayoría por especies habitantes de sustratos arenosos en aguas someras, mientras que un menor número de especies residen en ambientes profundos (Beu, 2005). El modo de vida de esta familia es principalmente epifaunal, con hábitos de alimentación

depredadora casi exclusiva de equinodermos, aunque igualmente se han registrado formas semi-infaunales (Vermeij, 2017).

Observaciones: Se diferencia de *E. hupeana*, en que este presenta cuatro hileras de nódulos, donde la segunda y tercera contienen nódulos más prominentes y marcados que la primera, además de tener una concha de mayores dimensiones. Frassinetti (2001), sostiene que *E. monilifera* constituye un taxón que presenta variadas formas con respecto al desarrollo de la concha y su ornamentación, conociéndose ejemplares con ornamentación más marcada y un mayor número de nódulos, así como espiras proporcionalmente más grandes y alargadas. Tavera (1942; 1979) registra también esta variabilidad morfológica a lo largo de distintas formaciones y tiempos geológicos, abarcando desde el Eoceno hasta el Plioceno de Chile.

Superfamilia Calyptraeioidea Lamarck, 1809

Familia Calyptraeidae Lamarck, 1809

Género *Trochita* Schumacher, 1817

Especie tipo – *Trochita spiralis* Schumacher, 1817. Reciente, África Occidental.

“*Trochita*” *araucana* Philippi, 1887

Lámina 1, Figuras E-F

- *Trochita araucana* - Philippi, 1887; p. 87, lám. 11, fig. 1
- *Galerus araucanus* – Ortmann, 1900; p. 379
- *Galerus araucanus* – Ortmann, 1902; p. 181, lám. 32, fig. 7
- *Calyptraea pueyrredona* – Ihering, 1907; p. 149
- *Calyptraea levuana* – Ihering, 1907; p. 543
- *Trochita araucana* – Nielsen, 2003; p. 83, lám. 15, figs. 8-13

Diagnosis: ‘*Testa depresso-conoidea, altitudine dimidium diametrum vix aequans, laeviuscula; lamina spiralis interior vix quartam circuli partem occupans; lamina altera paullo ante eam sita.*’ (Philippi, 1887).

Descripción: Concha cónica, con una leve torsión espiral y flancos subredondeados. Ápice prominente y ligeramente torcido, formando una leve depresión en la concha. Sutura notoria, que

recorre toda la extensión de la concha, desde el ápice hasta la periferia. Superficie lisa, sin ornamentación aparente. Apertura no observable. Dimensiones: alto máximo 10 mm, diámetro máximo 21 mm.

Tipo: Sintipo SGO.PI.682. Paralectotipos SGO.PI. 4711-4713. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979; Nielsen, 2003) y Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942; Nielsen, 2003). Adicionalmente se registra, con localidad imprecisa y edad indefinida, en el Lago Pueyrredón, Argentina (Ortmann, 1902).

Material de estudio: MHNC.38.0065-1 / MHNC.38.0065-2 / MHNC.38.0065-3

Paleoautoecología: Todas las especies actuales de la familia Calyptraeidae llevan un modo de vida epifaunal sésil, habitando fondos rocosos entre las zonas intermareal a sublitoral, con una alimentación suspensívora (Simone, 2002; Paredes & Cardoso, 2007).

Observaciones: Ihering (1907) propuso, equivocadamente, dos nuevos nombres para la especie identificada de manera errónea por Philippi (1887) como *Trochita araucana* Lesson. Entre estas dos denominaciones, *Calyptraea pueyrredona* y *C. levuana*, la primera tendría prioridad al ser definida con anterioridad (Ihering, 1907: pp. 149, 523). No obstante, Nielsen (2003) mantiene la designación original de Philippi, bajo el género *Trochita*.

La asignación de esta y otras especies chilenas de la familia Calyptraeidae ha sido históricamente problemática, con múltiples sinonimias en diferentes géneros. Los representantes de esta familia exhiben una morfología simple, pero con elevada plasticidad fenotípica, resultando en una gran variedad de formas. En consecuencia, las asignaciones taxonómicas dentro de este grupo tienden a ser inciertas, en particular para determinaciones basadas únicamente en estudios morfológicos (Holtheuer *et al.*, 2018), por lo que la taxonomía de las especies fósiles de Chile requiere de mayores revisiones.

“*Trochita*” *costellata* Philippi, 1887

Lámina 1, Figura G

- *Trochita costellata* - Philippi, 1887; p. 87, lám. 11, fig. 4
- *Trochita parvula* - Philippi, 1887; p. 87, lám. 11, fig. 2
- *Trochita merriami* – Ortmann, 1899; p. 430
- *Infundibulum merriami* – Ortmann, 1902; p.178, lám. 32, fig. 4a-b
- *Calyptraea pileus* var. *merriami* – Ihering, 1907; p. 340
- *Trochita costellata* – Nielsen, 2003; p. 85, lám. 15, fig. 16

Diagnosis: ‘*Testa tenuis, depresso-conica, costellis numerosissimis, parum elevates, sulcos interstitiales fere bis aequantibus ornata*’ (Philippi, 1887).

Descripción: Concha cónica, con una leve torsión espiral y vueltas relativamente planas. Ápice prominente y ligeramente torcido, formando una leve depresión en la concha. Sutura notoria. Primeras vueltas aparentemente lisas, no ornamentadas. Última vuelta recorrida por costillas radiales gruesas y densamente espaciadas entre sí. Dimensiones: alto máximo 14 mm, diámetro máximo 32 mm.

Tipo: Holotipo SGO.PI.685 (*Trochita costellata* Philippi). Holotipo SGO.PI.684 (*Trochita parvula* Philippi). Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Nielsen, 2003) y Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Nielsen, 2003). Adicionalmente se registra, con localidad imprecisa, en el Neógeno de Magallanes (Ortmann, 1902; Ihering, 1907)

Material de estudio: MHNC.38.0066-1 / MHNC.38.0066-2 / MHNC.38.0066-3

Paleoautoecología: Similar a *C. pueyrredona*.

Observaciones: De acuerdo a Ihering (1907), las especies *Trochita costellata* y *T. parvula* definidas por Philippi (1887) serían sinónimos. Este autor estudia ejemplares provenientes del Paleógeno de Punta Arenas (‘*Magellanian Beds*’) y nota su similitud con la especie reciente

Calyptraea pileus (aceptada actualmente como *Trochita pileus*), definiéndola como una variedad terciaria de esta (*C. pileus* var. *merriami*). Nielsen (2003) sugiere también una sinonimia probable entre las especies *T. costellata* y *T. parvula*, y mantiene sus designaciones originales en el género *Trochita*, aunque no descarta una posible correspondencia con el género *Calyptraea*.

Cohorte Sorbeoconcha Ponder & Lindberg, 1997

Subcohorta Cerithiimorpha Golikov & Starobogatov, 1975

Superfamilia Cerithioidea Fleming, 1822

Familia Turritellidae Lovén, 1847

Subfamilia Turritellinae Lovén, 1847

Género *Turritella* Lamarck, 1799

Especie tipo – *Turbo terebra* Linnaeus, 1758. Mioceno - Reciente, Indopacífico.

cf. *Turritella pseudosuturalis* d'Orbigny, 1852

Lámina 1, Figura H

- *Turritella suturalis* - Sowerby, 1846; p. 257, lám. 3, fig. 50
- *Turritella pseudo-suturalis* - d'Orbigny, 1852; p. 33
- *Turritella ambulacrum* - Philippi, 1887; p. 71, lám. 9, fig. 1a
- *Turritella sowerbyana* - Philippi, 1887; p. 71, lám. 9, fig. 2
- *Turritella ambulacrum* - Tavera, 1979; p. 92, lám. 18, fig. 60

Diagnosis: '*Turritella testâ turritâ, tenuiter transversim striatâ, anfractibus 9-10, suturâ validâ divisâ, anticè posticèque tumidiusculis, posticè eminentiore.*' (Sowerby, 1846)

Descripción: Concha turriforme, alargada, con vueltas subredondeadas. Rampa subsutural amplia y muy prominente, otorgándole una apariencia levemente cóncava a las vueltas. Ornamentada por 2 a 3 cordones espirales primarios, y múltiples cordones secundarios entre los anteriores. Primeras vueltas y abertura no observables en su totalidad. Dimensiones: alto máximo 19 mm, diámetro máximo 5 mm.

Tipo: Sintipos BMHN G.26357 (Navidad), BMHN G.26358 (Navidad). British Museum (Natural History), Londres, Inglaterra.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro-sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979; Nielsen, 2003; Griffin & Nielsen, 2008), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942), Fm. Lacui (Philippi, 1887), y en la Isla Ipún (Philippi, 1887; Frassinetti, 2004).

Material de estudio: MHNC.38.0067-1

Paleoautoecología: La mayor parte de las especies actuales de turritélidos son gregarias, de hábitos principalmente sedentarios y semi-infaunales, siguiendo un modo alimentación suspensívora, y en algunos casos, detritívoro (Anderson *et al.*, 2017; Nebelsick *et al.*, 2019). Los miembros de esta familia se encuentran generalmente aguas someras en zonas de surgencia, entre 10 a 100 m de profundidad. Sin embargo, ciertas especies actuales habitan zonas de profundidades considerablemente mayores, hasta los 1.200 a 1.500 m de profundidad (Allmon, 2011).

Observaciones: Dado el grado de fracturación de las muestras y su mala conservación, no es posible realizar la asignación taxonómica con completa certeza. No obstante, los caracteres observados no muestran mayores semejanzas a otros turritélidos descritos en las unidades miocenas de Chile. *Turritella ambulacrum* Sowerby, 1846 corresponde a una asignación errónea utilizada por Philippi (1887) y Tavera (1942; 1979), para ciertos turritélidos recolectados en el centro-sur de Chile (Nielsen, 2003; Griffin & Nielsen, 2008). Philippi describe especímenes provenientes de Navidad y Arauco, asignándolos a *T. ambulacrum* Sowerby, especie originalmente definida a partir de ejemplares hallados por Darwin en Patagonia, y diferenciándolos de aquellos también encontrados en Navidad y asignados a la especie *T. suturalis* Sowerby, únicamente por la presencia de estrías transversales en la superficie de la concha. De acuerdo a Nielsen (2003), todos estos ejemplares corresponderían en realidad a una única especie, y asigna por prioridad el nombre específico *T. pseudosuturalis* d'Orbigny.

Género *Incatella* DeVries, 2007

Especie tipo – *Incatella cingulata* (Sowerby, 1852). Reciente, Ecuador a Chile.

Incatella cf. *chilensis* (Sowerby, 1846)

Lámina 1, Figura I

- *Turritella chilensis* – Sowerby, 1846; p. 257, lám. 4, fig. 51
- *Turritella chilensis* – Philippi, 1887; p. 72, lám. 9, fig. 6
- *Turritella chilensis* – Frassinetti, 2000; p. 134, lám. 1, figs. 1-3
- *Turritella chilensis* – Nielsen, 2003; p.48.
- *Incatella chilensis* – DeVries, 2007; p. 335, fig. 3.8

Diagnosis: Vueltas quilladas. Cordones espirales secundarios ausentes; numerosos cordones terciarios. (Adaptado de DeVries, 2007).

Descripción: Concha turriforme, alargada, con vueltas redondeadas y fuertemente convexas. Plataforma subsutural ancha, sutura muy marcada y profunda. Las vueltas son recorridas por tres cordones espirales notorios, con un amplio espacio entre ellos. El cordón medio es más prominente. Entre los cordones primarios pueden encontrarse hilos espirales finos, apenas visibles. En algunos ejemplares se distinguen tenues líneas de crecimiento. Abertura redondeada a ovalada. Dimensiones: alto máximo 12 mm, diámetro máximo 4 mm.

Tipo: Sintipos BMNH.G26418-20. Muséum national d'Histoire naturelle, Laboratorio de Geología, París, Francia.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro-sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Nielsen, 2003), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; DeVries, 2007) y Fm. Lacui (Philippi, 1887). En el Plioceno del sur de Chile, en Isla Guafo (Frassinetti, 2000; DeVries, 2007). También en el Mioceno – Plioceno del sur de Perú (DeVries, 2007).

Material de estudio: MHNC.38.0068-1 / MHNC.38.0068-2

Paleoautoecología: Similar a *Turritella pseudosuturalis*.

Observaciones: Los especímenes registrados de *Incatella chilensis* se encuentran mayoritariamente condensados en acumulaciones monoespecíficas, donde gran parte de los ejemplares muestran un deterioro sustancial de sus rasgos superficiales. Pese al estado de conservación, la presencia de los rasgos descritos en los ejemplares mejor preservados coincide con las descripciones de DeVries (2007), ausentándose solamente las nudosidades de los cordones. Se diferencia de otras especies del género por la presencia del cordón primario central más prominente.

Orden Neogastropoda Thiele, 1925
 Superfamilia Buccinoidea Rafinesque, 1815
 Familia Buccinidae Rafinesque, 1815
 Subfamilia Buccininae Rafinesque, 1815
 Género *Penion* Fischer, 1884

Especie tipo – *Fusus dilatatus* Quoy & Gaimard, 1833. Reciente, Nueva Zelanda.

Penion macsporrani (Philippi, 1887)

Lámina 1, Figuras J-K

- *Fusus mac-sporrani* - Philippi, 1887; p. 42, lám. 2, fig. 9
- *Penion macsporrani* - Nielsen, 2003; p. 128, lám. 23, figs. 19-20
- *Penion macsporrani* – Frassinetti, 2006; p. 67, figs. 10-11

Diagnosis: Concha fusiforme, alargada, de espira casi tan larga como la última vuelta. Ornamentación formada por finos cordones espirales primarios y secundarios. Líneas de crecimiento moderadamente marcadas, y costillas radiales que forman notorios nódulos en el hombro. Abertura ovalada, canal sifonal relativamente alargado. Labio exterior no engrosado. Fasciola sifonal poco formada. (Adaptado de Nielsen, 2003).

Descripción: Concha fusiforme, alargada, de espira tan alta como la última vuelta. Rampa subsutural recta e inclinada. Superficie ornamentada por cordones espirales finos, densamente espaciados, que se hacen menos presentes hacia la parte inferior de la última vuelta. Por sobre la sutura y en la última vuelta, se forman nódulos redondeados, los cuales en la última vuelta adquieren una forma alargada longitudinalmente. Presenta líneas de crecimiento densas y apretadas, marcadamente sinuosas en la última vuelta, pero haciéndose menos notorias en dirección apical. Abertura amplia, labio externo muy delgado, labio interior liso y poco marcado. Canal sifonal ligeramente torcido, fasciola sifonal poco extensa pero notoria. Dimensiones: alto máximo 51 mm, diámetro máximo 19 mm.

Tipo: Holotipo SGO.PI.557. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942; Nielsen, 2003) y en el Golfo Tres Montes, en las islas Crosslet y Hereford (Frassinetti, 2006).

Material de estudio: MHNC.38.0001-1 / MHNC.38001-2 / MHNC.38001-3 / MHNC.38001-4 / MHNC.38001-5 / MHNC.38001-6 / MHNC.38001-7 / MHNC.38001-8 / MHNC.38001-9 / MHNC.38001-10 / MHNC.38001-11 / MHNC.38001-12 / MHNC.38001-13 / MHNC.38001-14 / MHNC.38001-15 / MHNC.38001-16 / MHNC.38001-17 / MHNC.38001-18 / MHNC.38001-19 / MHNC.38001-20 / MHNC.38001-21 / MHNC.38001-22 / MHNC.38001-23 / MHNC.38001-24 / MHNC.38001-25 / MHNC.38001-26 / MHNC.38001-28 7 / MHNC.38001-28

Paleoautoecología: Las especies del género *Penion* habitan principalmente en sustratos blandos, en profundidades variables entre la zona de plataforma a batial (50 – 2.000 m). Sin embargo, se han documentado especies de aguas someras en sustratos rocosos, aunque en menor número. Llevan un modo de vida semi-infaunal. Todas las especies actuales descritas en este género son de hábitos alimenticios carnívoros, tanto depredadores como carroñeros (Vaux *et al.*, 2017; Vaux *et al.*, 2108).

Observaciones: Se diferencia de las especies *P. darwinianus* por no presentar hombros definidos, y la sinuosidad de las líneas de crecimiento en la última vuelta; de *P. subreflexa* por las vueltas más convexas, y nudos prominentes solo en el hombro; de *P. oncodes* por la espira más reducida, las sinuosidades de las líneas de crecimiento, y el alargamiento longitudinal de los nódulos (Nielsen, 2003).

Penion oncodes (Philippi, 1887)

Lámina 1, Figura L

- *Fusus oncodes* - Philippi, 1887; p. 45, lám. 2, fig. 11
- *Fusus (Siphonalia) oncodes* - Tavera, 1979; p. 87, lám. 17, figs. 47-49
- *Penion oncodes* - Nielsen, 2003; p. 126, lám. 23, fig. 6
- *Penion macsporrani* – Frassinetti, 2006; p. 67

Diagnosis: Concha moderadamente grande. Ornamentación consiste en costillas espirales primarias finas, entre las cuales se forman una costilla secundaria y dos terciarias. Líneas de

crecimiento moderadamente marcadas. Las costillas radiales forman nódulos en la periferia. Fasciola sifonal moderadamente marcada. (Adaptado de Nielsen, 2003).

Descripción: Concha fusiforme, alargada. Espira proporcionalmente alta, con vueltas levemente convexas. Ornamentación conformada por abundantes cordones espirales densamente espaciados, y costillas radiales finas, que conservan su grosor en toda la extensión de la concha, llegando hasta el extremo inferior de la última vuelta. Sutura moderadamente marcada, a la cual se sobrepone una hilera de nódulos ampliamente espaciados a lo largo del hombro. Abertura ovalada y alargada, con canal sifonal extenso y levemente arqueado. Labio exterior no observable, labio interior liso. Fasciola sifonal engrosada y bien definida. Dimensiones: alto máximo 80 mm, diámetro máximo 29 mm.

Tipo: Holotipo SGO.PI.579. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; Fm. Navidad (Tavera, 1979; Nielsen, 2003), Fm. Ranquil (Tavera, 1942), y en el Golfo Tres Montes, en las islas Crosslet y Hereford (Frassinetti, 2006).

Material de estudio: MHCN.38.0026-1 / MHCN.38.0026-2

Paleoautoecología: Similar a *P. macsporrani*.

Observaciones: Se diferencia de las especies *P. doneykoanus* por presentar una concha más alargada y nódulos menos prominentes; de *P. macsporrani* por poseer una espira proporcionalmente más grande, nódulos menos alargados, y la ausencia de plegamiento de la ornamentación radial; de *P. subregularis* por la ausencia de ornamentación radial marcada en los nódulos, hombros más convexas, y fasciola sifonal más marcada (Nielsen, 2003).

Superfamilia Olivoidea Latreille, 1825

Familia Olividae Latreille, 1825

Subfamilia Olivinae Latreille, 1825

Género *Lamprodomina* Marwick, 1931

Especie tipo – *Oliva neozelanica* Hutton, 1885. Mioceno - Plioceno, Nueva Zelanda.

Lamprodomina dimidiata (Sowerby, 1846)

Lámina 2, Figuras A-B

- *Oliva dimidiata* - Sowerby, 1846; p. 263, lám. 4, figs. 76-77
- *Oliva simplex* - Hupé, 1854; p. 217, lám. 3, fig. 9
- *Oliva dimidiata* - Philippi, 1887; p. 69, lám. 8, fig. 14
- *Oliva pusilla* - Philippi, 1887; p. 69, lám. 8, fig. 15
- *Oliva dimidiata* - Philippi, 1897; lám. 10, fig. 3
- *Lamprodomina dimidiata* - Fleming in Watters & Fleming, 1972; p. 399, fig. 6k, v
- *Oliva dimidiata* - Tavera, 1979; p. 90, lám. 16, fig. 42
- *Lamprodomina dimidiata* - Frassinetti, 2001; p. 83
- *Lamprodomina dimidiata* - Frassinetti, 2004; p. 77
- *Lamprodomina dimidiata* - Griffin & Nielsen, 2008; p. 296, lám. 20, figs. 16-17

Diagnosis: ‘*Oliva testa oblongo-ovata, spira acuminata, apice obtuso; anfractibus senis, ultimo linea tenuissima transversim dimidiato; columella antice plicis quinque obliquis, postica majori*’ (Sowerby, 1846).

Descripción: Concha cilíndrica, alargada. La espira representa aproximadamente un cuarto del alto total de la concha. Superficie lisa y ligeramente convexa. Ornamentada por líneas de crecimiento muy finas y poco notorias. La última vuelta presenta un surco espiral poco profundo en medio de esta, separando el extremo posterior más liso, del anterior más rugoso. Sutura profunda y canalizada, bien marcada en todas las vueltas, extendiéndose hasta la abertura. Abertura angosta y alargada, delimitada al inferior por un surco en el margen posterior. Fasciola sifonal débilmente marcada. Dimensiones: 25 mm, diámetro máximo 8 mm.

Tipo: Lectotipo SGO.PI.540. Paralectotipos SGO.PI.4610-4616. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; Fm. Navidad (Tavera, 1979; Nielsen, 2003), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Nielsen, 2003; Griffin & Nielsen, 2008), Fm. Lacui (Hupé, 1854; Nielsen, 2003; Griffin & Nielsen, 2008), y en el Golfo Tres Montes, en la isla Stokes (Frassinetti, 2001).

Material de estudio: MHNC.38.0003-1 / MHNC.38.0003-2 / MHNC.38.0003-3 / MHNC.38.0003-4 / MHNC.38.0003-5 / MHNC.38.0003-6 / MHNC.38.0003-7 / MHNC.38.0003-8

Paleoautoecología: Los olivoideos actuales habitan sustratos blandos, con registros de especies en un amplio rango batimétrico, desde la zona intermareal a batial. Son depredadores y carroñeros semi-infaunales, alimentándose de una gran diversidad de invertebrados, aunque dentro de la superfamilia existen algunos representantes con hábitos suspensívoros (Kantor *et al.*, 2017).

Observaciones: *Lamprodomina dimidiata* es una de las dos únicas especies que conforman el género, el cual se encuentra representado también por *L. neozelanica*, pero con ocurrencia únicamente en Nueva Zelanda. Fleming (en Watters & Fleming, 1972) sostiene que ambas especies son casi idénticas, pero por la ausencia de muestreos representativos, desiste a considerar ambos taxones como sinónimos. Se diferencia del género *Oliva* por poseer una espira de tamaño proporcionalmente mayor y de terminación aguda, además de la presencia del característico surco espiral en la última vuelta.

Superfamilia Volutioidea Rafinesque, 1815

Familia Volutidae Rafinesque, 1815

Subfamilia Cymbiinae H. Adams & A. Adams, 1853

Género *Pachycymbiola* Ihering, 1907

Especie tipo – *Voluta brasiliana* Lamarck, 1811. Reciente, Sudamérica.

Pachycymbiola vidali (Philippi, 1887)

Lámina 2, Figura C

- *Voluta vidali* - Philippi, 1897; pp. 366-367, lám. 3, fig. 1

- *Voluta (Cymbiola) ameghinoi* var. Tavera - Valdivia & Valenzuela, 1985; lám. 3, fig. 23

- *Alcithoe vidali* - Frassinetti, 2001; p. 83-83, figs. 14-17
- *Pachycymbiola vidali* - Nielsen, 2003; p. 155, lám. 31, figs. 1-5
- *Alcithoe vidali* - Frassinetti, 2004; p. 78, fig. 11
- *Pachycymbiola vidali* - Nielsen & Frassinetti, 2007; p. 97, fig. 11(1-5)

Diagnosis: '*Testa ovato-oblonga, nodoso-tuberculata, transversim sulcato-striata; spira turbinata circa 1/3, longitudinis partem occupante; nodulis circa octo in quovis anfractu; columella buplicata, plicis in speciminibus senilibus obsoletis.*' (Philippi, 1897).

Descripción: Concha fusiforme, alargada. Última vuelta aproximadamente el doble de alta que la espira. Sutura poco profunda. Plataforma subsutural amplia y curvada, fuertemente cóncava. Ornamentada por numerosos nodos prominentes y agudos, ubicados inmediatamente por sobre la sutura, y líneas de crecimiento escasas y poco notorias. Abertura ovalada y alargada. Labio externo grueso, labio interno liso con tres pliegues columelares en su superficie. La última vuelta adquiere una forma aguda y estrecha hacia el extremo anterior, con un canal sifonal extenso. Fasciola sifonal muy marcada y extensa. Dimensiones: alto máximo 75 mm, diámetro máximo 30 mm.

Tipo: Sintipo SGO.PI.5077. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Navidad (Nielsen, 2003), Fm. Ranquil (Nielsen & Frassinetti, 2007), Fm. Lacui (Philippi, 1897; Nielsen, 2003; Nielsen & Frassinetti, 2007) y en el Golfo Tres Montes, en las islas Stokes e Ipún (Frassinetti, 2001; 2004).

Material de estudio: MHNC.38.0069-1 / MHNC.38.0069-2 / MHNC.38.0069-3

Paleoautoecología: La mayor parte de las especies de volútidios actuales habitan en ambientes someros, desde la zona intermareal hasta aguas profundas. Son depredadores activos que llevan un modo de vida semi-infaunal, al enterrarse en busca de sus presas (Darragh, 1988; Harasewych *et al.*, 2020).

Observaciones: Se diferencia claramente de los demás volútididos de Chile por su forma característica y la presencia de nodos largos y prominentes (Nielsen, 2003; Nielsen & Frassinetti, 2007).

Familia Cancellariidae, Forbes & Hanley, 1851
 Subfamilia Cancellariinae Forbes & Hanley, 1851
 Género *Cancellaria* Lamarck, 1799

Especie tipo – *Voluta reticulata* Linnaeus, 1767. Reciente, Atlántico.

'*Cancellaria*' *medinae* (Philippi, 1887)

Lámina 2, Figuras D-E

- *Cancellaria medinae* - Philippi, 1887; pp. 63-64, lám. 7, fig. 4.
- *Cancellaria medinae* - Tavera, 1979; p. 75, lám 18, fig. 62
- *Cancellaria medinae* - Covacevich & Frassinetti, 1986; pp. 36-43, lám. 1, figs. 1-4
- *Cancellaria medinae* - Frassinetti, 2001; p. 84
- „*Cancellaria*'' *medinae* - Nielsen, 20003; p. 173, lám. 36, figs. 9-12
- *Cancellaria medinae* - Frassinetti, 2004; p. 78

Diagnosis: '*Testa ovato-fusififormis, imperforata; anfractus convexi, posterius subangulati, lineis elevatis transversis costisque circa quatuordecim in quovis anfractu, quae interstitiorum dimidium aequant, ornati; apertura spiram aequans; labium valde callosum; columella biplicata.*' (Philippi, 1887).

Descripción: Concha fusiforme, de espira elevada y más alta que la última vuelta. Vueltas fuertemente redondas y convexas. Sutura poco profunda. Rampa subsutural amplia e inclinada. Ornamentada por costillas radiales prominentes y numerosos cordones espirales. Abertura no observable. Labio interno engrosado, presenta dos pliegues columelares notorios en el extremo anterior. Canal sifonal no observable. Dimensiones: alto máximo 41 mm, diámetro máximo 22 mm.

Tipo: Lectotipo SGO.PI.762. Paralectotipos SGO.PI.4527, SGO.PI.4528. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Navidad (Tavera, 1979; Nielsen, 2003), Fm. Ranquil (Tavera, 1942), Fm. Lacui (Kiel & Nielsen, 2010), y en el Golfo Tres Montes, en las islas Stokes e Ipún (Frassinetti, 2001; 2004).

Material de estudio: MHNC.38.0070-1

Paleoautoecología: Los miembros actuales de la familia Cancellariidae habitan fondos blandos, desde aguas someras hasta profundidades batiales, y algunas se encuentran incluso en zonas hadales (Verhecken, 2007; Harasewych & Petit, 2014). Los hábitos alimenticios de estos moluscos semi-infaunales son relativamente desconocidos para gran parte de las especies que componen la familia. Sin embargo, se han registrado comportamientos carnívoros y parásitos, alimentándose de una diversidad de organismos tanto vertebrados como invertebrados (O’Sullivan *et al.*, 1987; Modica *et al.*, 2011).

Observaciones: Existe un total de cuatro otras especies del género *Cancellaria* (*s.l.*) registradas en el Mioceno de Chile. *C. medinae* difiere notoriamente de las demás especies por su espira elevada y su plataforma sutural amplia, la cual le otorga un perfil escalonado (Covacevich & Frassinetti, 1986). De acuerdo a Nielsen (2003), ninguna de las especies descritas en Chile pertenece al género *Cancellaria sensu stricto*.

Superfamilia Ficoidea Meek, 1864

Familia Ficidae Meek, 1864

Género *Ficus* Röding, 1798

Especie tipo – *Murex ficus* Linnaeus, 1758. Reciente, Indonesia.

“*Ficus*” *exigua* (Philippi, 1887)

Lámina 2, Figuras F-G

- *Pyrula exigua* - Philippi, 1887; p. 51, lám. 3, fig. 19
- *Ranquilia exigua* - Nielsen, 2003; p. 119, lám. 22, figs. 1-2
- *Pyrula exigua* – Frassinetti, 2006; p. 66, figs. 8-9

Diagnosis: ‘*Testa minuta, ovata, ventricosa, transversim sulcato-cingulata; anfractus ultimus posterius ante suturam nodulosus, subcostatus, omnes ad suturam fere canaliculati; spira vix quintam altitudinis partem occupans; labium valde callosum; canalis latus, brevissimus.*’ (Philippi, 1887).

Descripción: Concha ovoide, con espira notoriamente reducida en relación a la última vuelta. Ornamentación conformada por cordones espirales muy finos e hileras de nódulos. En el hombro se presentan hileras de nódulos prominentes, bajo los cuales se ubican delgados cordones espirales, seguidos nuevamente por múltiples hileras espirales de nudos y cordones finos intercalados. Canal sifonal corto, levemente torcido. Abertura ovalada y amplia, labio exterior delgado, labio interior marcado por una callosidad. Fasciola sifonal débilmente desarrollada. Dimensiones: alto máximo 20 mm, diámetro máximo 12 mm.

Tipo: Holotipo SGO.PI.728. Paralectotipo SGO.PI.4554. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Nielsen, 2003) y en el Golfo Tres Montes, en las islas Crosslet y Hereford (Nielsen, 2003; Frassinetti, 2006).

Material de estudio: MHNC.38.0005-1 / MHNC.38.0005-2

Paleoautoecología: Los integrantes actuales de la familia Ficidae habitan fondos blandos en un amplio rango batimétrico, desde la zona intermareal hasta profundidades superiores a los 1000 m. Son de hábitos mayoritariamente depredadores, con un modo de vida semi-infaunal (Neo, 2010).

Observaciones: Esta especie fue originalmente asignada al género *Pyrula*, el cual actualmente se encuentra en desuso puesto que posee prioridad su sinónimo *Ficus* (Neo, 2010). Nielsen (2003) propuso el nuevo nombre genérico *Ranquilia* (Familia Harpidae), el cual no ha vuelto a ser utilizado en literatura más reciente. Para el presente trabajo se utiliza el género “*Ficus*” (*s.l.*), teniendo en cuenta una clasificación posiblemente inexacta para los estándares actuales.

Subclase Vetigastropoda SALVINI-PLAWEN, 1980

Orden Trochida Rafinesque, 1815

Superfamilia Trochoidea Rafinesque, 1815

Familia Trochidae Rafinesque, 1815

Subfamilia Cantharidinae Gray, 1857

Género *Gibbula* Risso, 1826

Especie tipo – *Trochus magus* Linnaeus, 1758. Reciente, Mediterráneo.

cf. *Gibbula poeppigii* (Philippi, 1887)

Lámina 2, Figuras H-I

- *Trochus poeppigii* - Philippi, 1887; p. 96, lám. 11, fig. 20
- *Trochus poeppigii* - Frassinetti, 2001; p. 79
- *Gibbula poeppigii* - Nielsen, 2003; p. 36, lám. 4, figs. 4-6
- *Gibbula poeppigii* – Nielsen *et al.*, 2004; p. 81, figs. 37-39

Diagnosis: Concha pequeña, levemente cónica, vueltas convexas. Sin umbilico. Ornamentación conformada por seis cordones espirales prominentes. (Adaptado de Nielsen *et al.*, 2004).

Descripción: Concha pequeña, trochiforme. Espira de altura similar a última vuelta. Sutura marcada, con vueltas convexas, levemente angulosas. Concha lisa, ornamentada por prominentes cordones espirales espaciados entre sí, algunos de los cuales coinciden con las marcadas angulosidades formadas por las vueltas. Entre los cordones se presentan, de manera menos marcada, numerosos hilos espirales finos, mejor conservados en la base de la concha. Apertura y labios no preservados. Presencia de umbilico no determinada. Dimensiones: alto máximo 2 mm, diámetro máximo 2 mm.

Tipo: Lectotipo SGO.PI.815. Paralectotipo SGO.PI.811. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979), y en la Isla Stokes (Frassinetti, 2001).

Material de estudio: MHNC.38.0009-1

Paleoautoecología: La mayor parte de los tróquidos actuales son herbívoros epifaunales que se alimentan de plantas acuáticas presentes en los fondos marinos. Batimétricamente, habitan en un amplio rango de ambientes, abarcando desde la zona intermareal, hasta ambientes abisales cercanos a 3000 m de profundidad (Kohn & Arua, 1999; Veliz & Vásquez, 2000).

Observaciones: Debido al sedimento adherido en la base de la concha, no es posible determinar la ausencia de umbilico en el espécimen, el cual es un carácter diagnóstico del taxón. De acuerdo a Nielsen *et al.* (2004), la asignación de esta especie bajo el género *Gibbula* es tentativa, al estar basada principalmente en la morfología de la concha y desconocerse los rasgos de la protoconcha.

Superfamilia Fissurelloidea Fleming, 1822

Familia Fissurellidae Fleming, 1822

Subfamilia Diodorinae Odhner, 1932

Género *Diodora* Gray, 1821

Especie tipo – *Patella apertura* Montagu, 1803. Reciente, Islas Británicas.

Diodora? sp.

Lámina 2, Figuras J-K

Descripción: Concha simple, cónica, de contorno ovalado. Orificio central reducido, posicionado en el tercio anterior de la concha. Márgenes laterales rectos, márgenes posterior y anterior fuertemente convexos. Ornamentación conformada por costillas radiales finas, densamente distribuidas en la superficie. Dimensiones: largo 50 mm, ancho 32 mm, alto 18 mm.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; Fm. Navidad y Fm. Ranquil (distribución a nivel genérico) (Nielsen *et al.*, 2004).

Material de estudio: MHNC.38.0071-1

Paleoautoecología: Todas las especies modernas de la familia Fissurellidae habitan exclusivamente sustratos rocosos, asentándose bajo rocas, grietas, e incluso sobre otros organismos. Los hábitos alimenticios son variables, incluyendo especies carnívoras, herbívoras y detritívoras (Aktipis *et al.*, 2011)

Observaciones: Dentro de la familia Fissurellidae, los miembros de la subfamilia Diodorinae se distinguen morfológicamente por su orificio central, el cual se encuentra delimitado por un callo truncado en su extremo posterior (Aktipis *et al.*, 2011; Dell'Angelo *et al.*, 2017). El ejemplar muestra un evidente deterioro en su superficie exterior, no obstante, se distingue un aparente truncamiento del orificio en el margen posterior, por lo que se le concede, de manera incierta, la asignación al género *Diodora*.

Nielsen *et al.* (2004) describen cuatro especies pertenecientes a este género en el Mioceno de Chile, con ejemplares procedentes de las formaciones Navidad y Ranquil. Entre estas especies, el material de estudio en cuestión muestra mayor afinidad a la especie definida por los autores como '*Diodora* sp. 2'. Sin embargo, difieren substancialmente en las dimensiones de la concha; el espécimen de este estudio dobla en tamaño al material descrito por Nielsen *et al.* (2004).

Clase Bivalvia Linnaeus, 1758

Orden Venerida Gray, 1854

Superfamilia Veneroidea Rafinesque, 1815

Familia Veneridae Rafinesque, 1815

Subfamilia Chioninae Frizzell, 1936

Género *Ameghinomya* Ihering, 1907

Especie tipo – *Venus volckmanni* var. *argentina* Ihering, 1897. Mioceno de Argentina y Chile.

Ameghinomya volckmanni (Philippi, 1887)

Lámina 3, Figuras A-B

- *Venus volckmanni* - Philippi, 1887; p. 115, lám. 14, fig. 9

- *Venus volckmanni* - Ortmann, 1902; p. 140, lám. 28, fig. 4

- *Chione volckmanni* - Fuenzalida, 1942; p. 409
- *Venus (Chione) volckmanni* - Tavera, 1942; p. 602
- *Chione volckmanni* - Frassinetti, 1974; p. 49, fig. 10
- *Venus (Chione) volckmanni* - Tavera, 1979; p. 73, lám. 13, fig.24
- *Ameghinomya volckmanni* - del Río, 1993; p. 117
- *Chione volckmanni* - Frassinetti, 2001; p. 77
- *Chione volckmanni* - Frassinetti, 2004; p.75,
- *Chione volckmanni* - Frassinetti, 2006; p. 65
- *Ameghinomya volckmanni* - Pérez et al., 2013; p. 369, figs. 2.10 – 2.11

Diagnosis: ‘*Testa suborbicularis, satis convexa, lineis elevatis concentricis striisque radiantibus confertis sculpta; apices fere mediani; margo dorsalis posticus fere rectilineus, cum margine postico angulum formans; margo posticus ventralis et anticus in arcum circuli uniti; lunula late cordata, medio elevata; area angusta, canalem parum profundum formans.*’ (Philippi, 1887)

Descripción: Concha suborbicular, inequilateral, casi tan larga como alta. Margen anterior redondeado, margen posterior formando un ángulo con el dorsal. Umbos marcadamente prosógiros, ubicados en el tercio anterior del margen dorsal. Ornamentada por lámelas concéntricas prominentes, con numerosas costillas radiales finas ubicadas entre ellas. Lúnula marcada, escudete poco notorio. Charnela y rasgos internos no observables. Dimensiones: alto máximo 46 mm, largo máximo 42 mm, espesor máximo 28 mm.

Tipo: Lectotipo SGO.PI.141. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur, en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942), y en el Golfo Tres Montes, en las islas Stokes, Ipún, Crosslet y Hereford (Frassinetti, 2001; 2004; 2006).

Material de estudio: MHNC.38.0072-1

Paleoautoecología: Los venéridos corresponden a la familia más diversa y extendida de bivalvos, lo cual se ve reflejado en la variedad de ambientes en los cuales se distribuyen; la mayor parte de las especies habitan sustratos arenosos entre las zonas sublitorales y la plataforma continental, mientras que un número más reducido se restringe a las aguas profundas. Los miembros de esta

familia son suspensívoros e infaunales, enterrándose a bajas profundidades en sustratos relativamente blandos (El-Mekawy, 2019; Wang *et al.*, 2020).

Observaciones: De acuerdo a Pérez *et al.* (2013), el material referido por Kiel & Nielsen (2010) como *Chione coquandi* (= *Venus coquandi* Hupé) corresponde en realidad a *A. volckmanni*. Se distingue de *A. meridionales* en que esta es notoriamente más larga que alta.

Ameghinomya meridionalis (Sowerby, 1846)

Lámina 3, Figuras C-D

- *Venus meridionalis* – Sowerby, 1846; p. 250, lám. 2, fig. 13
- *Venus meridionalis* – Philippi, 1887; p. 115, lám. 14, fig. 8
- *Venus meridionalis* – Ihering, 1897; p. 251,
- *Venus meridionalis* – Ihering, 1899; p. 19
- *Venus meridionalis* – Ortmann, 1902; p. 137, lám. 27, fig. 11
- *Chione meridionalis* – Ihering, 1907; p. 309, lám. 12, fig. 79
- *Chione meridionalis* – Frassinetti, 1974; p. 47, fig. 8
- *Ameghinomya meridionalis* – del Río, 1994; p. 120, lám. 3, figs. 6-10
- *Ameghinomya meridionalis* – Griffin & Nielsen, 2008; p. 22, lám. 8, fig. 4
- *Ameghinomya meridionalis* – Pérez *et al.*, 2013; p. 366, figs. 2.5, 2.7

Diagnosis: ‘*Testa ovali, plano convexa, concentrice striata, striis acutis, distantibus, sub-elevatis, interstitiis radiatim obsolete striatis; margine minutissime creulato.*’ (Sowerby, 1846).

Descripción: Concha subovalada, inequilateral, más larga que alta. Margen anterior redondeado, margen posterior truncado, formando un ángulo con el dorsal. Umbos fuertemente prosógiros, posicionados en el tercio anterior. Ornamentación dada por lámelas concéntricas espaciadas y prominentes. Entre la ornamentación concéntrica se dan finas costillas radiales densamente apretadas entre sí. Lúnula plana, ancha y bien delimitada. Escudete ausente. Charnela y rasgos internos no observables. Dimensiones: alto máximo 43 mm, largo máximo 53 mm, espesor máximo 28 mm.

Tipo: Lectotipo NHM-L27980. The Natural History Museum of London, Londres, Gran Bretaña

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur, en Fm. Navidad (Sowerby, 1846; Philippi, 1887; Pérez *et al.*, 2013), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942) y Fm. Lacui (Pérez *et al.*, 2013).

En el Mioceno de la Patagonia Argentina: formaciones Monte León y Puerto Madryn (Sowerby, 1846; Pérez *et al.*, 2013)

Material de estudio: MHNC.38.0073-1

Paleoautoecología: Similar a *A. volckmanni*.

Observaciones: *Ameghinomya meridionalis* comparte ampliamente sus rasgos morfológicos con *A. volckmanni*, no obstante, se distingue de esta al presentar un contorno notoriamente más ovalado y dimensiones menores (del Río, 1994).

Subfamilia Tapetinae Gray, 1851

Género *Retrotapes* del Río, 1997

Especie tipo – *Retrotapes ninfasiensis* del Río, 1997. Mioceno, Argentina.

Retrotapes navidadis (Philippi 1887)

Lámina 3, Figuras E-F

- *Venus navidadis* – Philippi, 1887; p. 120, lám. 14, fig. 4
- *Venus lamelligera* – Philippi, 1887; p. 121, lám. 14, fig. 6
- *Marcia navidadis* – Ihering, 1907; p. 304
- *Venus navidadis* – Frassinetti, 1974; p. 47, fig. 4
- “*Venus*” (*Marcia*) *navidadis* – Tavera, 1979; p. 80, lám. 13, fig. 20
- *Retrotapes navidadis* – del Río, 1997; p. 77
- *Eurhomalea? navidadiformis* – Frassinetti & Covacevich, 1999; p. 36, lám 7, figs. 2-3
- *Retrotapes navidadis* – Frassinetti, 2006; p. 65, fig. 6
- *Retrotapes navidadis* – Álvarez *et al.*, 2014; p. 62
- *Retrotapes navidadis* – Álvarez, 2019; p. 6, figs. 7.5-7.11

Diagnosis: Concha delgada, forma subcuadrada, tamaño mediano, ornamentada por costillas comarginales delgadas. (Adaptado de Álvarez, 2019).

Descripción: Concha subtrigonal a subovalada, inequilateral, casi tan larga como alta. Margen anterior redondeado, margen posterior truncado y recto, con una leve angulosidad. Umbos

prosógiros, posicionados hacia el extremo anterior. Ornamentada por arrugas concéntricas prominentes, que tienden concentrarse más densamente hacia el margen ventral. Lúnula profunda y bien delimitada. Escudete poco notorio. Charnela y rasgos internos no observables. Dimensiones: alto máximo 65 mm, largo máximo 60 mm, espesor máximo 40 mm.

Tipo: Holotipo SGO.PI.134. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur, en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Álvarez, 2019), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942) y en el Golfo Tres Montes, en las islas Crosslet y Hereford (Frassinetti, 2006).

Material de estudio: MHNC.38.0074-1 / MHNC.38.0074-2 / MHNC.38.0074-3 / MHNC.38.0074-4 / MHNC.38.0074-5 / MHNC.38.0074-6 / MHNC.38.0074-7

Paleoautoecología: Similar a *A. volckmanni*.

Observaciones: *Retrotapes navidadis* se distingue de las especies género *Ameghinomya* por presentar una ornamentación concéntrica menos lamelar, y las costillas radiales más menos prominentes y densas.

Superfamilia Mactroidea Lamarck, 1809

Familia Anatinellidae Deshayes, 1853

Género *Raeta* Gray, 1853

Especie tipo – *Mactra campechensis* Gray, 1825. Reciente, Atlántico.

Raeta martini (Philippi, 1887)

Lámina 3, Figuras G-H

- *Lutraria martini* - Philippi, 1887; p. 159, lám. 3, fig. 5
- '*Mactra*' (*Labiosa*) *martini* - Tavera, 1979; p. 82, lám. 15, fig. 32
- *Raeta* cf. *martini* – Frassinetti, 2006; p. 64

Diagnosis: ‘*Testa tenuissima, orbiculari-subtrigona, parum inaequilatera, transversim dense et regulariter undatoplicata: extremitas postica subrostrata, antica in formam semicirculi rotundata.*’ (Philippi, 1887)

Descripción: Concha trigonal a suborbicular, inequilateral e inflada, particularmente en la zona anterodorsal. Margen anterior redondeado, margen posterior agudizado y abierto en su extremo. Umbos pequeños, prosógiros, ubicados en posición subcentral. Ornamentada por arrugas concéntricas delgadas pero prominentes, ocasionalmente bifurcadas. En ejemplares mejor conservados se observan diminutos hilos radiales entre los espacios de las costillas. Lúnula y escudete ausentes. Charnela y rasgos internos no observables. Dimensiones: alto máximo 47 mm, largo máximo 42 mm, espesor máximo 30 mm.

Tipo: Lectotipo SGO.PI.374; Paralectotipo SGO.PI.4821. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur, en Fm. Navidad (Tavera, 1979), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942) y en el Golfo Tres Montes, en la isla Crosslet (Frassinetti, 2006).

Material de estudio: MHNC.38.0006-1 / MHNC.38.0006-2 / MHNC.38.0006-3

Paleoautoecología: Los mátridos actuales son de hábitos infaunales, de excavación profunda y alimentación suspensívora, que normalmente residen en los fondos arenosos y finos en ambientes neríticos (Mikkelsen & Bieler, 2008; El-Mekawy, 2019)

Observaciones: De acuerdo a Tavera (1979), los caracteres de la charnela (fosa ligamentaria y diente cardinal en forma de V) permiten asociar esta especie al género *Maetra*, aunque nota también su similitud a la especie *Raeta (Labiosa) undulata*, del Mioceno de Perú. Frassinetti (2006) propone la asignación a este género, no obstante, su material corresponde a un único molde incompleto. El género *Raeta* se caracteriza por su concha de forma trigonal marcadamente convexa, un extremo posterior abierto, y concha completamente ornamentada por arrugas concéntricas (Signorelli, 2019), coincidiendo ampliamente con el material aquí descrito. Este

género muestra una gran similitud a *Anatina* (familia Anatinellidae), pero se diferencia por su mayor convexidad.

Orden Pectinida Gray, 1854
 Superfamilia Pectinoidea Rafinesque, 1815
 Familia Pectinidae Rafinesque, 1815
 Subfamilia Chlamydiae Teppner, 1922
 Género *Chlamys* Röding, 1798

Especie tipo – *Pecten islandicus* Müller, 1776.

‘*Chlamys*’ cf. *simpsoni* (Philippi, 1887)

Lámina 3, Figura I

- *Pecten simpsoni* - Philippi, 1887; p. 202, lám. 46, fig. 1
- *Pecten simpsoni* - Möricke, 1896; p. 579
- *Chlamys simpsoni* - Herm, 1969; p. 102-103, lám. 2, figs. 1-2; lám. 4, fig. 6
- *Chlamys simpsoni* - Frassinetti, 2006; p. 64, figs. 3-4

Diagnosis: Valvas grandes; algo más largas que altas; contorno casi redondo; valva derecha más plana que la izquierda; valva derecha presenta costillas gruesas y anchas con intersticios angostos; valva izquierda con costillas más delgadas e intersticios más anchos, en los cuales pueden ubicarse 2 a 6 costillas secundarias. (Adaptado de Herm, 1969).

Descripción: Concha subcircular, casi tan alta como larga, valvas levemente convexas. Aurículas amplias, siendo la anterior más larga. Valva izquierda ornamentada por costillas anchas, pero poco prominentes, con costillas secundarias entre los espacios intercostales de las primarias. Valva derecha muestra costillas más gruesas, con espacios lisos, sin ornamentación secundaria. Dimensiones: alto máximo 35 mm, largo máximo 33 mm.

Tipo: Sintipos SGO.PI.210, SGO.PI.211, SGO.PI.213, SGO.PI.659. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979), Fm. Ranquil (Philippi, 1887), y en el Golfo Tres Montes, en la isla Hereford (Frassinetti, 2006). Se encuentra, además, en el Plioceno del norte de Chile (Herm, 1969), en la Formación La Portada, en la Península de Mejillones (Ragaini *et al.*, 2008), y el Plioceno de Perú, en la Formación Pisco (DeVries & Frassinetti, 2003).

Material de estudio: MHNC.38.0075-1 / MHNC.38.0075-2

Paleoautoecología: Los pectínidos son una de las familias más grandes y extensamente distribuidas, estando presentes en una amplia variedad de ambientes marinos, desde la zona intermareal hasta profundidades de 7.000 m (Alejandrino *et al.*, 2011). De manera similar, sus posibles modos de vida son altamente diversos, existiendo tanto formas libres y nadadoras, como formas excavadoras o sésiles ya sea por cementación o fijación por medio del biso (Smith & Jackson, 2009; Alejandrino *et al.*, 2011).

Observaciones: El material recolectado corresponde en su mayoría a ejemplares mal preservados, fragmentados, o de pequeñas dimensiones, aparentemente juveniles, por lo que la determinación a nivel de especie se realiza de manera conferida. Kiel & Nielsen (2010) asignan esta especie al género *Zygochlamys*, sin suplementar una descripción de los especímenes o una discusión taxonómica. Dado que, en su revisión de este género, Santelli & del Río (2019) no incluyen a esta especie dentro de *Zygochlamys*, se mantiene en el presente trabajo su asignación a *Chlamys* (*s.l.*).

Orden Cardiida Ferussac, 1822

Superfamilia Tellinoidea Blainville, 1814

Familia Tellinidae Blainville, 1814

Género *Tellina* Linnaeus, 1758

Especie tipo – *Tellina radiata* Linnaeus, 1758. Reciente, Caribe.

Tellina cf. *araucana* Philippi, 1887

Lámina 3, Figuras J

- *Tellina araucana* - Philippi, 1887; p. 134, lám. 26, fig. 4
- *Tellina araucana* - Frassinetti, 2004; p. 74, fig. 2

Diagnosis: '*Testa oblonga, compressa, inaequilatera, laevissima, subdistorta; ápices ad bis tertiam longitudinis partem siti; margo dorsalis anticus ventrali arcuato parallelus, posticus rectilineus; extremitas antica rotundata, postica angulata.*' (Philippi, 1887).

Descripción: Concha ovalada, comprimida, levemente inequilateral, más larga que alta. Margen anterior redondeado, extendido hacia la zona ventral. Margen dorsal posterior recto y anguloso. Umbos poco prominentes, en posición subcentral. Ornamentada por líneas de crecimiento muy finas. Lúnula y escudete no presentes. Charnela y rasgos internos no observables. Dimensiones: alto máximo 30 mm, largo máximo 46 mm.

Tipo: Sintipo SGO.PI.424. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942), y en el Golfo Tres Montes, en la isla Ipún (Frassinetti, 2004).

Material de estudio: MHNC.38.0076-1 / MHNC.38.0076-2 / MHNC.38.0076-3

Paleoautoecología: Los miembros actuales de la familia Tellinidae se distribuyen en todos los rangos geográficos y batimétricos, aunque tienden a ser más comunes en las aguas someras (Simone & Wilkinson, 2008). Son de hábitos infaunales, caracterizados por su rápido enterramiento en sustratos blandos, con comportamientos alimenticios suspensívoros o detritívoros (Simone & Wilkinson, 2008; Ribeiro *et al.*, 2011).

Observaciones: Los especímenes identificados muestran un pobre grado de preservación, sin lograr encontrarse un ejemplar completo, pero coincidiendo en gran parte con el material descrito e ilustrado por Philippi, por lo que se le confiere la asignación a nivel de especie.

Tellina lebuensis Philippi, 1887

Lámina 3, Figura K

- *Tellina lebuensis* - Philippi, 1887; p. 132, lám. 26, fig. 10

Diagnosis: ‘*Testa ovata, modice compressa, distorta, tenuissime transversim striata; ápices prominuli, fere ad 3/5 longitudinis siti; margo dorsalis fere rectilineus; anticus primum fere horizontalis; extremitas antica rotundata, alta, postica pariter satis rotundata.*’ (Philippi, 1887).

Descripción: Concha ovalada a triangular, comprimida, inequilateral, más larga que alta. Margen ventral más largo y redondeado, margen posterior truncado, con un marcado ángulo que recorre hasta el margen ventral. Umbos poco prominentes, ubicados en el tercio posterior del largo. Ornamentada por líneas de crecimiento que muestran una marcada curvatura, casi recta, entre las regiones ventral y anterior. Lúnula y escudete no presentes. Charnela y rasgos internos no observables. Dimensiones: alto máximo 18 mm, largo máximo 22 mm, espesor máximo 10 mm.

Tipo: Sintipos SGO.PI.397, SGO.PI.423, SGO.PI.4720-4723. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad (Tavera, 1979) y Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942).

Material de estudio: MHNC.38.0007-1

Paleoautoecología: Similar a *T. araucana*.

Observaciones: Se diferencia de *T. araucana* por presentar un contorno más triangular, así como una angulosidad posterior más prominente.

Orden Lucinida Gray, 1854

Superfamilia Lucinoidea Fleming, 1828

Familia Lucinidae Fleming, 1828

Subfamilia Lucininae Fleming, 1828

Género *Lucinoma* Dall, 1901

Especie tipo – *Lucina filosa* Stimpson, 1851. Reciente, Atlántico.

Lucinoma promaucana (Philippi, 1887)

Lámina 3, Figuras L-M

- *Lucina promaucana* - Philippi, 1887; p. 175, lám. 24, fig. 6
- *Lucina promaucana* – Tavera, 1979; p. 84, figs. 27-28
- *Lucinoma promaucana* – Frassinetti & Covacevich, 1993; p. 83, figs. 15-17
- *Lucinoma promaucana* – Frassinetti, 2004; p. 74

Diagnosis: ‘*Testa suborbicularis, lenticularis, lineis elevatis concentricis, regularibus aspera, aequilatera; margo dorsalis parum sinuatus, angulum obsoletum cum extremitate antica, posticus rectilineus, angulum distinctum cum extremitate postica formans; margines anticus, ventralis et posticus in arcum circuli uniti; ápices parvi, uncinati.*’ (Philippi, 1887).

Descripción: Concha suborbicular, levemente inequilateral, tan larga como alta. Todos los márgenes redondeados, a excepción de la zona dorsal posterior, donde el contorno toma una forma casi rectilínea. Umbos prosógiros, poco prominentes. Ornamentada por finas arrugas concéntricas que se tornan más lamelares hacia el margen ventral. De manera intercalada, se encuentran líneas de crecimiento más finas. Lúnula profunda y estrecha, escudete ausente. Charnela y rasgos internos no observables. Dimensiones: alto máximo 28 mm, largo máximo 28 mm, espesor máximo 14 mm.

Tipo: Sintipos SGO.PI.342, SGO.PI.344-345, SGO.PI.4786-4789. Departamento Paleontología de Invertebrados; Museo Nacional de Historia Natural, Santiago, Chile.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979), Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942), y en el Golfo Tres Montes, en la isla Ipún (Frassinetti, 2004). En Argentina, en el Neógeno de Santa Cruz (Philippi, 1887; Ihering, 1907).

Material de estudio: MHNC.38.0008-1 / MHNC.38.0008-2

Paleoautoecología: Los lucínidos actuales ocupan un amplio rango de ambientes, desde zonas intermareales hasta profundidades batiales, o incluso asociados a *seeps* de hidrocarburos, aunque tienden a ser más comunes y dominantes en zonas someras con abundantes algas (Glover *et al.*, 2016). Viven enterrados en el sedimento, y presentan la particularidad de formar relaciones simbióticas con bacterias capaces de utilizar el sulfuro disuelto en el agua inhalada por los lucínidos. Mediante este proceso, las bacterias simbiotas fijan carbono en compuestos orgánicos, que posteriormente serían utilizados como nutrientes por el bivalvo hospedador (Taylor & Glover, 2000; Glover *et al.*, 2016).

Observaciones: Se diferencia de *Lucinoma crucialis*, especie registrada en los afloramientos miocenos más australes, en que esta última presenta un borde posterior constantemente redondeado, y ornamentación concéntrica más espaciada (Frassinetti & Covacevich, 1993). Contardo-Berríos *et al.* (2017) reportan la ocurrencia de *L. promaucana* asociada a un paleo *seep* de metano en la Formación Navidad, y sostienen que la presencia de esta especie quimio-simbiótica en otras formaciones neógenas del país puede ser indicativa de actividad de flujos de hidrocarburo.

Clase Scaphopoda Bronn, 1862

Orden Dentaliida Starobogatov, 1974

Familia Dentaliidae, Children, 1834

Género *Fissidentalium* Fischer, 1885

Especie tipo – *Dentalium ergasticum* Fischer, 1883. Reciente, Atlántico.

Fissidentalium subgiganteum (Sowerby, 1846)

Lámina 4, Figuras A

- *Dentalium giganteum* – Sowerby, 1846; p. 263, lám. 2, fig. 1
- *Dentalium subgiganteum* – d'Orbigny, 1852; p. 94
- *Dentalium giganteum* – Tavera, 1979; p. 102, lám. 2', fig. 79
- *Fissidentalium subgiganteum* – Griffin & Nielsen, 2008; p. 310, lám. 24, figs. 18, 22

Diagnosis: ‘*Dentalium testa tereti, rectiusculu, sulcis longitudinalibus numerosis, interstitis rotundatis.*’ (Sowerby, 1846).

Descripción: Concha tubular, alargada, levemente curvada. Ornamentada por 20 costillas longitudinales que se pierden grosor hacia el extremo posterior, y tenues líneas de crecimiento más visibles en el mismo extremo. Dimensiones: largo máximo 91 mm.

Tipo: Holotipo NHM-G26395. The Natural History Museum of London, Londres, Gran Bretaña

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979), Fm. Ranquil (Tavera, 1942), y Fm. Lacui (Griffin & Nielsen, 2008).

Material de estudio: MHNC.38.0077-1

Paleoautoecología: Los escafópodos son organismos infaunales que se alimentan principalmente de foraminíferos en el sedimento. Normalmente habitan en la zona de *offshore*, aunque ciertas especies se distribuyen en zonas intermareales, e incluso zonas batiales o abisales, con registros que superan los 6.000 m de profundidad (Ponder *et al.*, 2020).

Observaciones: De acuerdo a Griffin & Nielsen (2008), el holotipo de esta especie muestra un lóbulo apical profundo, el cual identifican como un rasgo diagnóstico del género *Fissidentalium*. Este rasgo no es apreciable en el material estudiado. Sin embargo, a partir de los demás atributos es posible diferenciarlo de otras especies de dentálidos presentes en la formación.

Género *Dentalium* Linnaeus, 1758

Especie tipo – *Dentalium elephantinum* Linnaeus, 1758. Reciente, Indopacífico.

Dentalium sulcosum Sowerby, 1846

Lámina 4, Figuras B

- *Dentalium sulcosum* – Sowerby, 1846; p. 263, lám. 2, fig. 2
- *Dentalium sulcosum* – Philippi, 1887; p. 100, lám. 12, fig. 10
- *Dentalium sulcosum* – Ortmann, 1902; p. 157; lám. 31, fig. 1
- *Dentalium sulcosum* – Tavera, 1979; p. 100, lám. 21, figs. 80-84
- '*Dentalium*' *sulcosum* – Griffin & Nielsen, 2008; p. 310, lám. 2, fig. 2

Diagnosis: '*Dentalium testa tereti, rectiusculu, costellis longitudinalibus, elevatiusculis, subdistantibus 14, interstitiis planulatis.*' (Sowerby, 1846).

Descripción: Concha tubular, alargada, levemente curvada. Ornamentada por 12 a 14 costillas longitudinales prominentes, con surcos de mayor ancho. En los ejemplares mejor preservados se distinguen leves costillas radiales de segundo orden en los surcos. Dimensiones: largo máximo 29 mm.

Tipo: Holotipo NHM-G26402. The Natural History Museum of London, Londres, Gran Bretaña

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979), Fm. Ranquil (Tavera, 1942), y Fm. Santo Domingo (Flores, 2014). En Argentina, en el Neógeno de Santa Cruz (Philippi, 1887; Ortmann, 1902).

Material de estudio: MHNC.38.0078-1 / MHNC.38.0078-2 / MHNC.38.0078-3

Paleoautoecología: Similar a *Fissidentalium subgiganteum*.

Observaciones: El material estudiado consisten principalmente en fragmentos de conchas; por lo que las dimensiones máximas son una subestimación de las medidas verdaderas de esta especie, que en ejemplares completos alcanza longitudes similares a *Fissidentalium subgiganteum*. Se diferencia de *F. subgiganteum*, en que esta presenta surcos menos profundos, y pierde su ornamentación hacia el extremo ventral de la concha (Philippi, 1887; Ortmann, 1902). De acuerdo a Sowerby (1846), es fácilmente reconocible por presentar 14 costillas longitudinales.

Phylum Brachiopoda Duméril, 1805

Clase Lingulata Gorjansky & Popov, 1985

Orden Lingulida Waage, 1885
 Superfamilia Discinoidea Gray, 1840
 Familia Discinidae Gray, 1840
 Género *Discina* Lamarck, 1819

Especie tipo – *Crania striata* Schumacher, 1817. Reciente, Atlántico.

Discina araucana Philippi, 1887

Lámina 4, Figuras C

- *Discina araucana* – Philippi, 1887; p. 211, lám. 49, fig. 7

Diagnosis: ‘*Valva superior orbicularis, concentrinae tenuissime striata et interdum sublamellosa; vertex parum elevatus ad bis quintam diametri partem situs.*’ (Philippi, 1887)

Descripción: Valvas delgadas, de contorno suborbicular. Valva dorsal convexa, cónica, ápice redondeado y en posición subcentral. Valva ventral plana a levemente convexa. La ornamentación consiste en arrugas concéntricas sobresalientes. Por la fragmentación y desgaste del material, no es posible observar los rasgos internos de las valvas. Dimensiones: diámetro máximo 18 mm.

Tipo: Información no disponible.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Ranquil (Philippi, 1887).

Material de estudio: MHNC.38.0079-1 / MHNC.38.0079-2

Paleoautoecología: Los discinoídeos actuales son organismos suspensívoros y epifaunales, habitando principalmente sustratos duros o incrustándose sobre otros organismos en zonas someras, y ocasionalmente formando *clusters* en sustratos flotantes (Mergl *et al.*, 2018; Zabini *et al.*, 2019).

Observaciones: La sistemática de los braquiópodos discínidos ha progresado sustancialmente durante el último siglo, definiéndose múltiples géneros dentro de la familia. Los taxones fósiles de Chile descritos por Philippi (1887) se han mantenido intactos desde su concepción, por lo que su posición dentro del género *Discina* es incierta, siendo necesaria una revisión sistemática de estos taxones.

Los ejemplares se distinguen evidentemente de otros restos esqueléticos por su coloración parda oscura, de superficie lisa y lustrosa. Sin embargo, su deficiente grado de preservación no permite la visualización de los rasgos internos utilizados como criterios diagnósticos en la clasificación taxonómica de este grupo.

Clase Rhynchonellata Williams *et al.*, 1996

Orden Terebratulida Waagen, 1883

Superfamilia Terebratuloidea Gray, 1840

Familia Terebratulidae Gray, 1840

Subfamilia Terebratulinae Gray, 1840

Género *Terebratula* Müller, 1776

Especie tipo – *Anomia terebratula* Linnaeus, 1758. Plioceno, Italia.

“*Terebratula*” sp.

Lámina 4, Figuras D-E

Descripción: Valvas de contorno suborbicular a ovalado, más largas que anchas. Valvas dorsal y ventral igualmente convexas. Comisura rectimarginada, línea cardinal palíntrope. Ornamentada por líneas de crecimiento muy finas, más notorias hacia la comisura. Foramen no observable completamente. Rasgos internos no observables. Dimensiones: largo máximo 19 mm, ancho máximo 15 mm.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Ranquil (Philippi, 1887).

Material de estudio: MHNC.38.0080-1 / MHNC.38.0080-2

Paleoautoecología: Los integrantes de la familia Terebratulidae son organismos sésiles y suspensívoros, distribuidos principalmente en ambientes someros, tanto en sustratos duros como blandos, donde tienden a ser organismos dominantes en sus respectivos ecosistemas (Reolid *et al.*, 2012; García-Ramos *et al.*, 2020).

Observaciones: Philippi (1887) definió tres especies de *Terebratula* procedentes del Neógeno de Arauco. Sin embargo, el material del presente estudio no muestra mayor correspondencia a ninguna de estas especies; *T. araucana* se distingue por presentar un notorio surco en la valva dorsal; *T. foncki* muestra un contorno pentagonal; y *T. depressa* se encuentra ornamentada por costillas radiales.

Orden Rhynchonellida Kuhn, 1949
 Superfamilia Hemithiridoidea Rzhonsnitskaia, 1956
 Familia Hemithirididae Rzhonsnitskaia, 1956
 Género *Tegulorhynchia* Chapman & Crespin, 1923

Especie tipo – *Rhynchonella squamosa* Hutton, 1873. Eoceno - Mioceno, Nueva Zelanda.

Tegulorhynchia squamosa (Hutton, 1873)

Lámina 4, Figuras F-H

- *Rhynchonella squamosa* – Hutton, 1873; p. 37
- *Tegulorhynchia depressa* – Chapman & Crespin, 1923; p. 185
- *Rhynchonella squamosa* – Tavera, 1979; p. 100
- *Tegulorhynchia squamosa* – Lee, 1980; p. 227, fig. 1

Diagnosis: Concha irregular, más o menos orbicular; valvas desiguales, la ventral más plana y con un surco profundo; valva dorsal muy convexa, ambas con estrías radiales escamosas. (Adaptado de Hutton, 1873).

Descripción: Valvas de contorno subpentagonal, más anchas que largas. Valva ventral plana a levemente convexa, valva dorsal fuertemente convexa, de espesor muy superior a la valva ventral. Comisura notoriamente sulcada, línea cardinal palíntrope. Ambas valvas ornamentadas por

costillas radiales finas, prominentes en intervalos. Foramen pequeño, ovalado. Rasgos internos no observables. Dimensiones: largo máximo 17 mm, ancho máximo 15 mm, espesor máximo: 20 mm.

Tipo: Información no disponible.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Ranquil (Philippi, 1887). En el Eoceno inferior – Mioceno inferior de Nueva Zelanda (Lee, 1980).

Material de estudio: MHNC.38.0081-1 / MHNC.38.0081-2 / MHNC.38.0081-3

Paleoautoecología: La mayor parte de los integrantes actuales del orden Rhynchonellida se distribuyen en profundidades mayores a los 200 m. La única especie sobreviviente de este género, *Tegulorhynchia doederleini*, ha sido registrada entre los 120 y 635 m de profundidad. Los rasgos morfológicos de este género sugieren un modo de vida epifaunal, adherido a diversos sustratos o como incrustantes sobre otros organismos (Lee, 1980)

Observaciones: De acuerdo a Lee (1980) en su revisión de este género, *Tegulorhynchia squamosa* es virtualmente idéntica a la especie actual *T. doederleini*, pero debido a las grandes discontinuidades en su registro geográfico y geológico, la autora mantiene separadas ambas especies.

Phylum Arthropoda von Siebold, 1848

Subphylum Crustacea Brünnich, 1771

Clase Malacostraca Latreille, 1802

Orden Decapoda Latreille, 1802

Suborden Plecyemata Burkenroad, 1963

Infraorden Brachyura Latreille, 1802

Brachyura indet.

Lámina 4, Figura I

Descripción: Piezas dactilares aisladas, serradas, de terminaciones redondeadas. Superficie granular, rugosa. Dimensiones: largo máximo 20 mm.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad, Fm. Ranquil, Fm. Lacui e Isla Guafo (Feldmann *et al.*, 2005; 2010).

Material de estudio: MHNC.38.0082-1 / MHNC.38.0082-2

Observaciones: Los crustáceos decápodos de Formación Navidad y unidades equivalentes han sido clasificados y descritos por Feldmann *et al.* (2005; 2010). Los autores solo incluyen Isla Mocha como localidad de muestreo para la Formación Ranquil, reconociendo en esta una única especie, por lo que el registro de este grupo se encuentra posiblemente subestimado en esta formación. No obstante, el material recolectado en este estudio es insuficiente para concluir asignaciones taxonómicas más específicas.

Phylum Cnidaria HATSCHEK, 1888
 Clase Anthozoa EHRENBERG, 1834
 Subclase Hexacorallia Haeckel, 1896
 Orden Scleractinia Bourne, 1900
 Familia Flabellidae Bourne, 1905
 Género *Flabellum* Lesson, 1831

Especie tipo – *Flabellum (Flabellum) pavoninum* Lesson, 1831. Eoceno – Reciente, Indopacífico.

Flabellum striatum Philippi, 1887

Lámina 4, Figura J

- *Flabellum striatum* – Philippi, 1887; p. 226, lám. 53, fig. 6

Diagnosis: ‘*Polyparium cuneatum, in sectione transversa ellipticum, dense et profunde striatum, aperulum.*’ (Philippi, 1887)

Descripción: Corallum solitario, cuneiforme, levemente comprimido, otorgándole un contorno ovalado en sección transversal. Epiteca ornamentada por numerosas estrías y surcos longitudinales. Cálices y septos no observables, cubiertos por sedimento en todos los ejemplares. Dimensiones: largo máximo 31 mm, diámetro máximo 16 mm.

Tipo: Información no disponible.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942).

Material de estudio: MHNC.38.0083-1 / MHNC.38.0083-2 / MHNC.38.0083-3 / MHNC.38.0083-4 / MHNC.38.0083-5

Paleoautoecología: Los corales no formadores de arrecifes, en donde se incluyen los flabélidos, son de hábitos principalmente solitarios. Si bien tienden a ser más comunes en ambientes profundos, muestran un amplio rango batimétrico, habitando desde zonas someras hasta profundidades de 6.000 m (Jain, 2017). Las formas simples, como *Flabellum*, carecen de mecanismos para fijarse al sustrato durante etapas adultas, siendo formas de vida libre que permanecen parcialmente enterradas en el sedimento (Squires, 1964; Tokuda *et al.*, 2010),

Observaciones: Los corales neógenos de Chile se encuentra pobremente descritos y sin mayores estudios o modificaciones desde su definición por Philippi (1887), por lo que sus clasificaciones taxonómicas podrían requerir de revisiones.

Se distingue de las demás especies cuneiformes de *Flabellum* descritas por Philippi, *F. anceps* y *F. costatum*, en que la primera posee bordes dentados, y la segunda presenta distintos tipos de estrías alternadas ornamentando su exterior.

Flabellum costellatus (Philippi, 1887)

Lámina 4, Figura K

- *Lithomyces costellatus* – Philippi, 1887; p. 227, lám. 54, figs. 1-3

- *Flabellum costatum* – Philippi, 1887; p. 226, lám. 53, fig. 5

- *Lythomices costellatus* – Tavera, 1979; p. 98

Diagnosis: ‘*Superficies disci basalis costellis radiantibus inaequalibus ornata*’. (Philippi, 1887)

Descripción: Corallum solitario, recurvado, de manera que las paredes laterales forman un ángulo superior a 180° y envuelven al pedúnculo basal. Epiteca ornamentada por múltiples estrías radiales finas, sin presencia de surcos. Septos largos, delgados, ramificados y ampliamente espaciados entre sí. Dimensiones: diámetro máximo 60 mm.

Tipo: Información no disponible.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur, en Fm. Navidad (Philippi, 1887; Tavera, 1979) y Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1942)

Material de estudio: MHNC.38.0084-1

Paleoautoecología: Similar a *F. striatum*.

Observaciones: Tavera (1979) infiere que la especie *Flabellum costatum*, descrita por Philippi (1887), corresponde más bien a una etapa juvenil de *Lithomyces costellatus*. Los corales con formas recurvadas ostentan una morfología más simple en etapas tempranas de su desarrollo, la cual se deforma y desarrolla en etapas posteriores, una vez que el individuo colapsa por su propio peso y yace lateralmente en el sustrato (Squires, 1964). El género *Lithomyces*, definido por Philippi (1887) a causa del desconocimiento del desarrollo de estas formas, corresponde en realidad a un sinónimo de *Flabellum* (Vaughan, 1907; Squires, 1964; Cairns, 1989).

Phylum Bryozoa Ehrenberg, 1831
 Clase Gymnolaemata Allman, 1856
 Orden Cheilostomatida Busk, 1852
 Superfamilia Celleporoidea Johnston, 1838
 Familia Celleporidae Johnston, 1838

Género *Cellepora* Linnaeus, 1767

Especie tipo – *Millepora pumicosa* Pallas, 1766. Reciente, Europa.

Cellepora? sp.

Lámina 4, Figura L

Descripción: Colonias arborescentes, irregularmente ramificadas. Estructura y disposición de zooides no observables. Dimensiones: largo máximo 55 mm.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur; en Fm. Navidad y Fm. Ranquil (Philippi, 1887; Tavera, 1979).

Material de estudio: MHNC.38.0085-1

Observaciones: Todos los restos recolectados se encuentran fuertemente alterados en su superficie, de manera que no es posible la identificación de rasgos anatómicos superficiales, más allá de la morfología general de las colonias. En consecuencia, la asignación al género es altamente incierta y basada únicamente en las mayores similitudes a las descripciones y figuras de los briozoos fósiles ilustrados por Philippi (1887). Este autor define diversas especies para el terciario de Chile centro-sur, y enfatiza para aquella época una utilización muy variable y subjetiva de los diversos géneros (*Cellepora*, *Discopora*, *Eschara*, etc.), de acuerdo a distintos autores.

Phylum Chordata Haeckel, 1874

Subphylum Vertebrata Cuvier, 1812

Clase Chondrichthyes Huxley, 1880

Subclase Elasmobranchii Bonaparte, 1838

Orden Squaliformes Goodrich, 1909

Familia Squalidae Bonaparte, 1834

Género *Squalus* Linnaeus, 1758

Especie tipo – *Squalus acanthias* Linnaeus, 1758. Reciente, Atlántico.

Squalus sp.

Lámina 4, Figura M

Descripción: Diente antero-lateral, comprimido. Corona triangular, más ancha que alta, bordes mesial y distal serrados, casi rectos. Aprón estrecho, recto, de márgenes paralelos. Raíz desgastada, no preservada completamente. Dimensiones: largo máximo 3 mm.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur, en Fm. Navidad (Suárez *et al.*, 2006; Villafaña *et al.*, 2019).

Material de estudio: MHNC.38.0086-1

Paleoautoecología: Las especies actuales de *Squalus* habitan en los fondos marinos, en un amplio rango batimétrico que puede abarcar cientos de metros para una única especie, llegando a zonas relativamente profundas de casi 1.000 m bajo la superficie (Dell’Apa *et al.*, 2016; Orozco & Gómez, 2016).

Observaciones: Registros del género *Squalus* en el Mioceno de Chile han sido reportados para la Formación Navidad por Suárez *et al.* (2006) y Villafaña *et al.* (2019), aunque sin asignaciones a nivel de especie. El material de estudio muestra mayor afinidad a la especie “*Squalus* sp. 1” descrita por Villafaña *et al.* (2019), la cual solo ha sido registrada en la Formación Navidad.

Orden Lamniformes Berg, 1958

Familia Lamnidae Müller & Henle, 1841

Género *Carcharoides* Ameghino, 1901

Especie tipo – *Carcharoides totuserratus* Ameghino, 1901. Mioceno inferior, Argentina.

Carcharoides totuserratus Ameghino, 1901

Lámina 4, Figura M

- *Carcharoides totuserratus* – Suárez *et al.*, 2006; p. 13, figs. 5a-f

- *Carcharoides totuserratus* – Villafaña *et al.*, 2019; p. 11, figs. 7M-U

Descripción: Dientes laterales inferiores, alargados. Corona triangular, muy aguda, con bordes serrados en toda su extensión. Levemente convexa en su cara lingual. Un dentículo lateral a cada lado, de morfología también triangular y con bordes serrados. Raíces no preservadas completamente. Dimensiones: largo máximo 10 mm.

Tipo: Información no disponible.

Ocurrencia: En el Mioceno de Chile centro – sur, en Fm. Navidad (Suárez *et al.*, 2006; Villafaña *et al.*, 2019). También en el Oligoceno-Mioceno de Australia, y el Mioceno de Argentina y Perú (Villafaña *et al.*, 2019)

Material de estudio: MHNC.38.0087-1 / MHNC.38.0087-2

Paleoautoecología: Los representantes vivientes de la familia Lamnidae, a diferencia de otras familias de elasmobranquios, son nadadores libres no restringidos únicamente a los fondos marinos, por lo que no serían representativos de condiciones batimétricas particulares.

Observaciones: De acuerdo a Villafaña *et al.* (2019), los restos dentales de *C. totuserratus* corresponden a los elasmobranquios más abundantes de toda la ictiofauna miocena de Chile y Argentina. Debido a su distribución relativamente restringida en Chile, sugieren su potencial como indicador bioestratigráfico a escala regional.

6.3 Paleoecología

Las asociaciones fósiles de moluscos y otros organismos presentes en los afloramientos de la formación evidencian una alta diversidad paleoambiental en cuanto sus orígenes. Los ambientes habitados por los géneros descritos anteriormente se encuentran resumidos en la Figura 6.1. Cabe destacar que estos ambientes no necesariamente corresponden al ambiente de sedimentación de las litologías contenedoras de los restos fósiles, ya que estos pueden sufrir de transporte previo a su sedimentación final. La determinación de asociaciones autóctonas o alóctonas específicas para cada tafofacies es abordada en el Capítulo 8.

La fauna se compone, en su mayoría, de elementos relativamente someros y de sustratos blandos, con gran parte de ellos extendiéndose hasta zonas más profundas. La asignación de estos elementos a sus respectivos ambientes es una estimación generalizada; el rango representado para cada género se determina a partir de diversas especies actuales del género o familia correspondiente, las cuales pueden presentar condiciones más acotadas individualmente. Organismos restringidos exclusivamente a hábitats de costa rocosa se registran únicamente en el conglomerado basal de Lebu (LEB). Si bien existen múltiples taxones cuyas distribuciones se extienden hacia ambientes profundos, no se registran taxones restringidos solo a este rango.

Géneros		Distribución Batimétrica			Localidades de Muestreo			
		Costa Rocosa	Somero	Profundo	LEB	RAN	RQT	RQK
Gastropoda	<i>Cancellaria</i>						×	×
	<i>Diodora</i>				×			
	<i>Echinophoria</i>				×	×	×	
	<i>Ficus</i>						×	×
	<i>Gibbula</i>							×
	<i>Incatella</i>				×	×	×	×
	<i>Lamprodomina</i>					×	×	×
	<i>Neverita</i>				×	×	×	×
	<i>Penion</i>					×	×	×
	<i>Pachycymbiola</i>					×	×	
	<i>Trochita</i>				×			
	<i>Turritella</i>				×	×	×	
	Bivalvia	<i>Ameghinomya</i>						×
<i>Chlamys</i>					×		×	×
<i>Lucinoma</i>							×	
<i>Raeta</i>							×	×
<i>Retrotapes</i>							×	×
<i>Tellina</i>					×	×		×
Otros	<i>Dentalium</i>					×	×	
	<i>Fisidentalium</i>					×	×	
	<i>Discina</i>				×			
	<i>Tegulorhynchia</i>				×			
	<i>Terebratula</i>				×			
	<i>Flabellum</i>				×		×	

Figura 6.1: Distribución batimétrica de los géneros identificados para las muestras recolectadas, y sus respectivas localidades de muestreo. Se considera como 'somero' la zona litoral y la fracción interior de la zona sublitoral (~ 0 – 50 m), y 'profundo' como la fracción exterior y mayores profundidades, incluyendo el talud continental. Líneas continuas indican hábitats comunes, líneas segmentadas indican hábitats poco comunes. Fuentes consultados son precisadas en el texto, en las secciones de Paleoautoecología de cada especie.

7. Análisis Tafonómico

El análisis del contenido fosilífero presente en los afloramientos se realiza por medio de su clasificación en tafofacies. A partir de las observaciones de campo y el análisis en detalle de bloques recolectados, se determinaron 5 tafofacies, de acuerdo a su litología asociada y rasgos tafonómicos propios. Las tafofacies clasificadas como concentraciones fósiles (*sensu* Kidwell *et al.*, 1986) son sujetas a un análisis más detallado y cuantitativo. En la Tabla 7.1 se sintetizan las diferentes tafofacies definidas.

Las tafofacies tipo 1, 3, 4 y 5 son clasificadas como concentraciones fósiles dado su mayor densidad relativa y geometría en capas o acumulaciones. Para ellas las observaciones y mediciones de los parámetros especificados en el Capítulo 4 fueron tomadas tanto en terreno como en laboratorio, por medio de bloques o volúmenes de roca extraídos. El volumen de roca considerado para cada tafofacies es variable, de acuerdo a la cantidad de material disponible en terreno y el espesor propio de las concentraciones. Dado que la tafofacies de tipo 2 no clasifica como una concentración fósil, ciertos parámetros establecidos en el Capítulo 4 no aplican. Para este tipo se realizaron observaciones generalizadas de los ejemplares fósiles *in situ* y en laboratorio. Las tafofacies tipo 3 y 4 fueron ambas identificadas en la unidad RAN, pero correspondientes a distintos niveles dentro de la misma.

Tabla 7.1: Síntesis de las tafofacies definidas en este estudio.

Tafofacies	Unidad	Facies Sedimentarias	Contenido Macrofósil	Características Tafonómicas
Tipo 1	LEB	Conglomerados granosoportados con clastos de origen biogénico y metamórfico, inmersos en una matriz arenosa fina.	Principalmente bivalvos y gastrópodos. Otros componentes incluyen braquiópodos, briozoos, corales, crustáceos y elasmobranquios.	Concentración fósil. Restos en su mayoría mal preservados, con elevados grados de fragmentación, desarticulación y corrosión. Una menor proporción de los restos muestra mejor preservación.
Tipo 2	RQT	Lutitas laminadas con intercalaciones de areniscas. Asociadas a trazas de alimentación y habitación.	Predominancia de bivalvos y gastrópodos. Otros componentes incluyen corales y escafópodos.	Fósiles dispersos, en su mayoría con muy elevado grado de preservación. Una proporción notoria es fuertemente afectada por bioerosión en sus superficies.
Tipo 3	RAN	Areniscas masivas con niveles y lentes conglomerádicos. Asociadas a trazas de habitación.	Turritélidos concentrados.	Concentración fósil. Restos moderadamente preservados, con grados de fragmentación y corrosión bajos a moderados.
Tipo 4	RAN	=	Principalmente bivalvos y gastrópodos de difícil determinación taxonómica.	Concentración fósil. Restos mal preservados, con elevado grado de fragmentación, desarticulación y corrosión.
Tipo 5	RQK	Areniscas masivas fuertemente meterozizadas, con abundantes concreciones calcáreas.	Predominancia de bivalvos y gastrópodos.	Concentración fósil. Restos bien preservados, con bajos grados de fragmentación, desarticulación y corrosión.

7.1. Tafofacies Tipo 1 (Tf1)

7.1.1. Rasgos sedimentológicos

Concentraciones fósiles identificadas en los bloques provenientes de los acantilados de la localidad LEB. En este lugar se presentan con geometría de relleno de fracturas, contenidas dentro de las areniscas eocenas de la Formación Boca Lebu. Dado que el estudio se realizó a partir de bloques caídos, no es posible determinar el espesor real de las concentraciones. Los bioclastos se encuentran mal seleccionados, con al menos el 80% de los bioclastos distribuidos en tres clases de tamaño (Fig. 7.1).

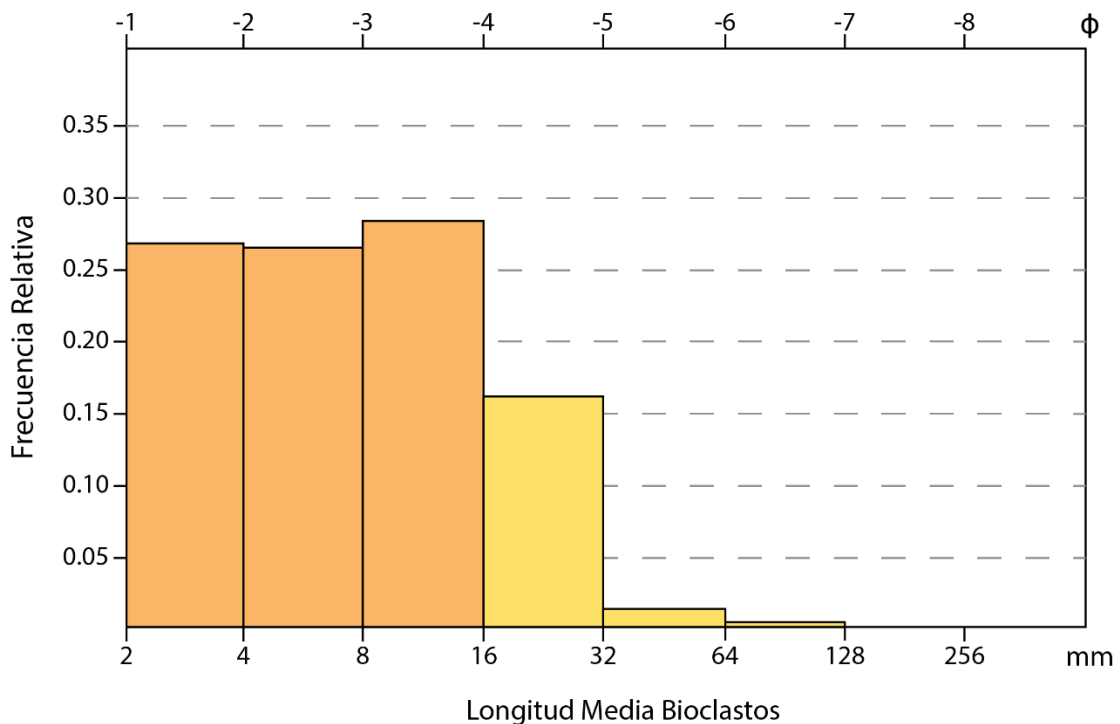


Figura 7.1: Histograma de distribución de tamaño para los bioclastos de la tafofacies Tipo 1. En color anaranjado las clases que concentran el 80% de las mediciones.

El empaquetamiento de los restos esqueléticos es denso, y se encuentran inmersos en una matriz arenosa fina sin presencia aparente de estructuras sedimentarias o trazas fósiles (Fig. 7.2). La estructura interna se clasifica como compleja, mostrando escasos niveles no fosilíferos de potencias centimétricas intercalados irregularmente en los bloques.

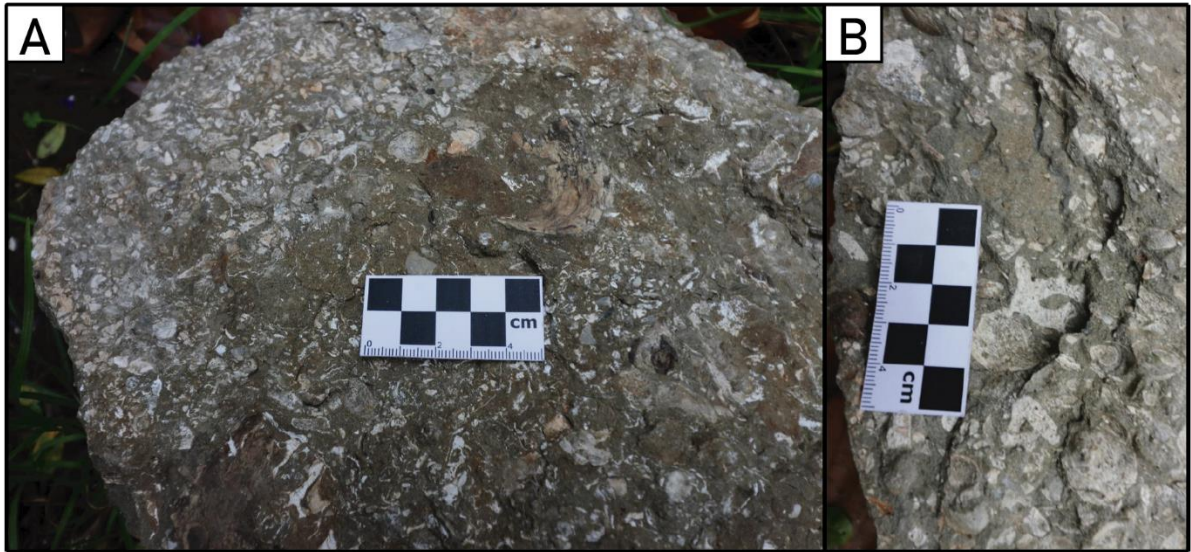


Figura 7.2: Concentraciones Fósiles de la tafolite Tipo 1. A: Vista general de bloques caídos analizados. **B:** Acertamiento de los bioclastos que componen la concentración, denotando el bajo grado de preservación de sus elementos.

7.1.2. Rasgos paleontológicos

En el volumen de roca estudiado se reconocieron 581 bioclastos, identificándose 14 taxones a nivel de género o especie y 2 a nivel de familia (Tabla 7.2). Adicionalmente se observaron numerosos bioclastos determinables solamente a nivel de clase. Esta tafolite se clasifica como politípica, al encontrarse representada por una alta diversidad de grupos taxonómicos, distribuidos en 6 phyla. Entre los bioclastos asignados como bivalvos o gastrópodos indeterminados se reconocen al menos 10 taxones distintos, diferenciables por sus rasgos morfológicos generales. No obstante, debido al bajo grado de preservación de sus partes (Fig. 7.2(B)), no es posible una identificación taxonómica más precisa. Un 12% de los bioclastos corresponden a moldes internos de bivalvos o gastrópodos.

De los géneros y familias identificados, un 47% corresponden a organismos epifaunales, el 20% a semi-infaunales, y un 13% a infaunales. Otro 20% se encuentra representado por formas de vida libre. Entre los géneros registrados, 3 de ellos (*Trochita*, *Ostrea*, *Discina*) habitan casi exclusivamente sustratos duros, mientras que el resto son propios de sustratos blandos, típicamente en profundidades someras de la plataforma continental. No se reconocieron taxones exclusivos de zonas profundas.

Tabla 7.2: Composición taxonómica de la tafofacies Tipo 1.

Taxón	n	%	Taxón	n	%
Bivalvia indet.	274	47,2%	<i>Cellepora?</i>	13	2,2%
<i>Flabellum</i>	76	13,0%	Naticidae indet.	10	1,7%
<i>Trochita</i>	58	9,9%	<i>Turitella</i>	8	1,4%
Gastropoda indet.	33	5,7%	<i>Tellina</i>	8	1,4%
<i>Chlamys</i>	23	4,0%	Brachyura indet.	4	0,7%
Mactridae indet.	22	3,8%	Ostreidae indet.	2	0,3%
<i>Terebratula</i>	17	2,9%	<i>Carcharoides</i>	2	0,3%
<i>Tegulorhynchia</i>	15	2,6%	<i>Squalus</i>	1	0,1%
<i>Discina</i>	14	2,4%	<i>Diodora</i>	1	0,1%
n Total:				581	

7.1.3. Rasgos tafonómicos

En general los bioclastos de las concentraciones fósiles que conforman la tafofacies exhiben señales tafonómicas relativamente elevadas, evidenciando un mal estado de preservación (Fig. 7.3). La fragmentación de los bioclastos es altamente variable, no obstante, predominan aquellos con un grado elevado (45%) y bordes angulosos (78%). La mayor parte de los bioclastos muestran un alto grado de corrosión (54%) Casi la totalidad de los bioclastos de bivalvos se encuentran desarticulados (94%).

El grado de fragmentación de los bioclastos muestra una tendencia común en relación a gran parte de los distintos grupos de organismos, presentando altos índices para este atributo. Sin embargo, ciertos taxones concentran mayores proporciones de restos con baja fragmentación; el género *Chlamys* muestra un 72% de bioclastos con baja fragmentación, seguido por *Flabellum* y *Trochita*, con 70% y 65%, respectivamente. Para los bioclastos con mediano o alto grado de fragmentación, el grado de redondeamiento muestra una tendencia dominante de los bordes angulosos, atribuidos al 79% de los bioclastos.

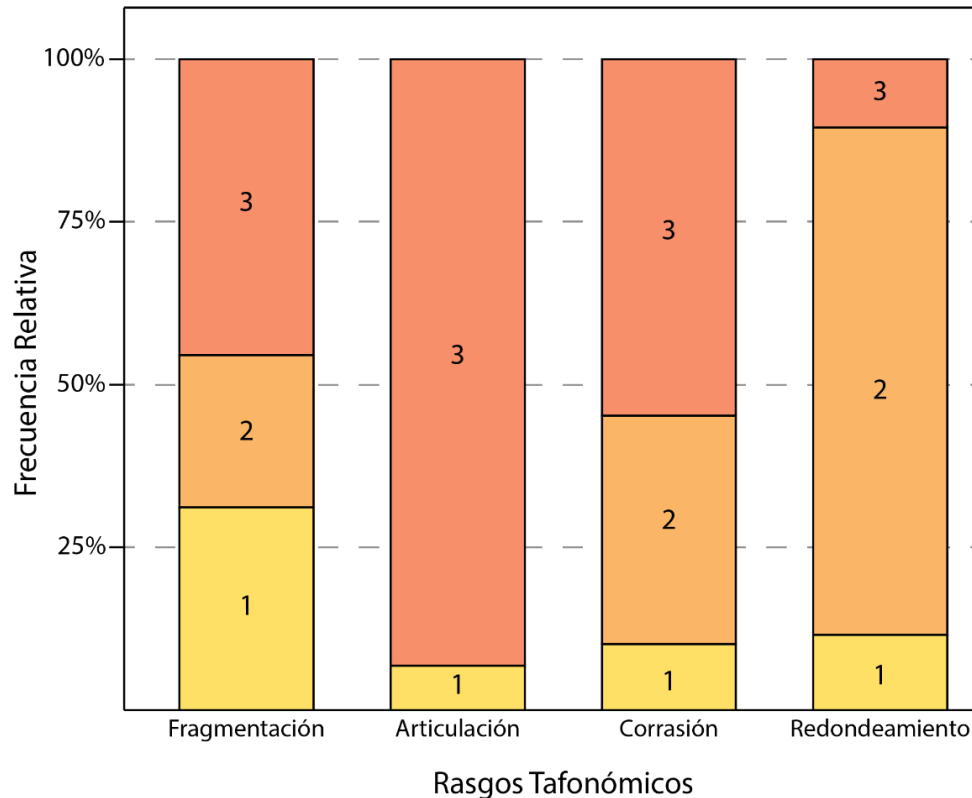


Figura 7.3: Gráficos de frecuencia acumulada para los rasgos tafonómicos medidos en los bioclastos de la tafocías Tipo 1. Fragmentación: (1) baja, (2) moderada, (3) elevada. Articulación: (1) valvas articuladas, (2) valvas abiertas, (3) valvas desarticuladas. Corrosión: (1) baja, (2) moderada, (3) alta. Redondeamiento: (1) bordes sin alteración, (2) bordes angulosos, (3) bordes redondeados.

Los bioclastos articulados corresponden casi exclusivamente a ejemplares de braquiópodos pertenecientes a los géneros *Tegulorhynchia* y *Terebratula*, de los cuales el 69% se encuentran en tal condición. La corrosión muestra proporciones similares para todos los taxones identificados, con un predominio del alto grado, exceptuando el género *Tegulorhynchia*, en el cual el 66% de las conchas muestran un deterioro superficial bajo, con gran conservación de su superficie original. No se reconocen otros taxones con tal grado de preservación.

Solo una reducida parte del total (<1%) de bioclastos medidos presentan organismos incrustantes, correspondientes a briozoos y corales coloniales de clasificación incierta (Fig. 7.4). Estos se encuentran adosados en restos esqueléticos altamente fragmentados, por lo cual no es posible relacionarlos a taxones hospedantes en concreto.

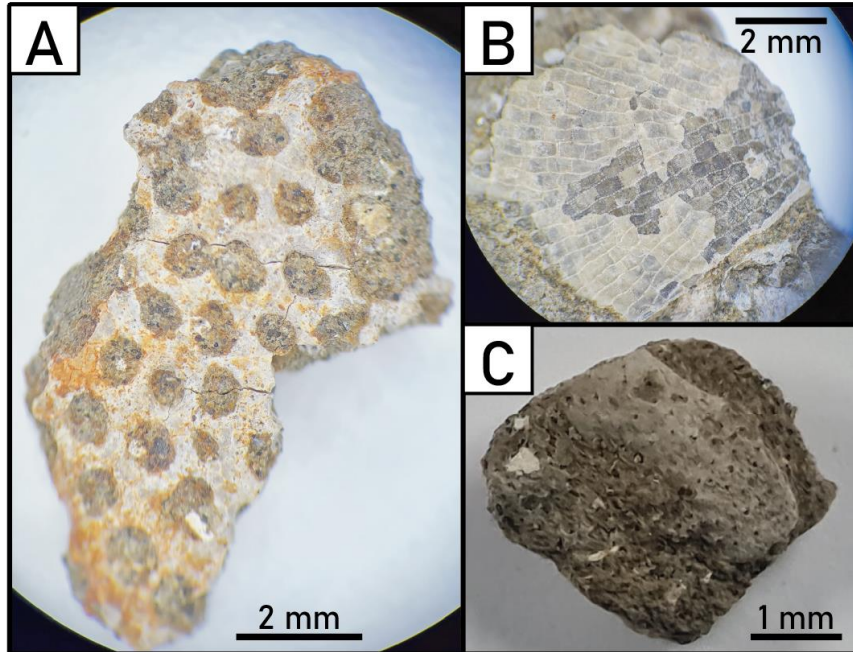


Figura 7.4: Corales y briozoos asociados a bioclastos de Tf1. **A:** Coral indeterminados. **B:** Briozoo *Membranipora?* sp. **C:** Briozoo indeterminado.

7.2. Tafofacies Tipo 2 (Tf2)

7.2.1. Rasgos sedimentológicos

La tafofacies Tf2 incorpora los restos fósiles dispersos presentes en las lutitas que conforman la plataforma mareal de la unidad RQT. Al no encontrarse en agrupaciones relativamente densas, esta tafofacies no se considera una concentración fósil. Los restos esqueléticos se encuentran altamente dispersos y aislados, raramente agrupados en acumulaciones reducidas de más de un individuo. Las lutitas portadoras de los restos fósiles muestran laminación paralela, y un muy elevado grado de bioturbación. Entre las trazas fósiles se observa un predominio de las trazas de habitación (*Thalassinoides*, *Ophiomorpha*) y de alimentación/pastoreo (*Phycosiphon*, *Zoophycos*, *Chondrites*).

7.2.2. Rasgos paleontológicos

Dentro de la tafofacies se reconoce una alta diversidad de organismos, dominada por la presencia de gastrópodos y bivalvos. Estos incluyen 16 géneros distribuidos en 4 clases taxonómicas. En la

Tabla 7.3 se indican los taxones a partir de los cuales se realizaron el muestreo y observación de atributos tafonómicos. No obstante, cabe destacar que el registro paleontológico de esta unidad incluye numerosas especies de moluscos (Tavera, 1942; Tavera, 1990; Nielsen, 2003) que no fueron muestreados en este trabajo. Entre los taxones registrados no se reconocieron géneros de batimetrías exclusivamente profundas o someras.

Tabla 7.3: Composición taxonómica de la tafofacies Tipo 2. Clasificación de acuerdo a modos de vida. Incluye solo aquellos taxones que fueron observados y recolectados durante el trabajo de campo. La diversidad real de la tafofacies puede ser sustancialmente mayor.

Epifaunales		
<i>Echinophoria</i>	<i>Flabellum</i>	<i>Chlamys</i>
Semi-infaunales		
<i>Turritella</i>	<i>Penion</i>	<i>Lamprodomina</i>
<i>Pachycymbiola</i>	<i>Cancellaria</i>	<i>Ficus</i>
<i>Incatella</i>		
Infaunales		
<i>Ameghinomya</i>	<i>Tellina</i>	<i>Neilo</i>
<i>Lucinoma</i>	<i>Fissidentalium</i>	<i>Dentalium</i>

Entre los taxones registrados se identifican representantes de diversos modos de vida, sin un predominio aparente de algún tipo específico. Los organismos epifaunales solo representan hábitats de sustrato blando. Existe un sesgo en el grado de bioerosión de los organismos, donde los taxones infaunales muestran una baja a nula proporción de superficie afectada. En contraste, en los taxones semi-infaunales la bioerosión, incluyendo tanto trazas como organismos incrustantes, es relativamente elevada.

7.2.3. Rasgos tafonómicos

La mayor parte de los restos fósiles observados presentan un buen grado de preservación con señales tafonómicas relativamente bajas (Fig. 7.5). Solamente la corrosión por bioerosión llega a ser notoria en gran proporción de los especímenes. Salvo en este último criterio, no se distinguen

otros sesgos o diferencias en las señales tafonómicas entre los organismos correspondientes a distintos modos de vida.

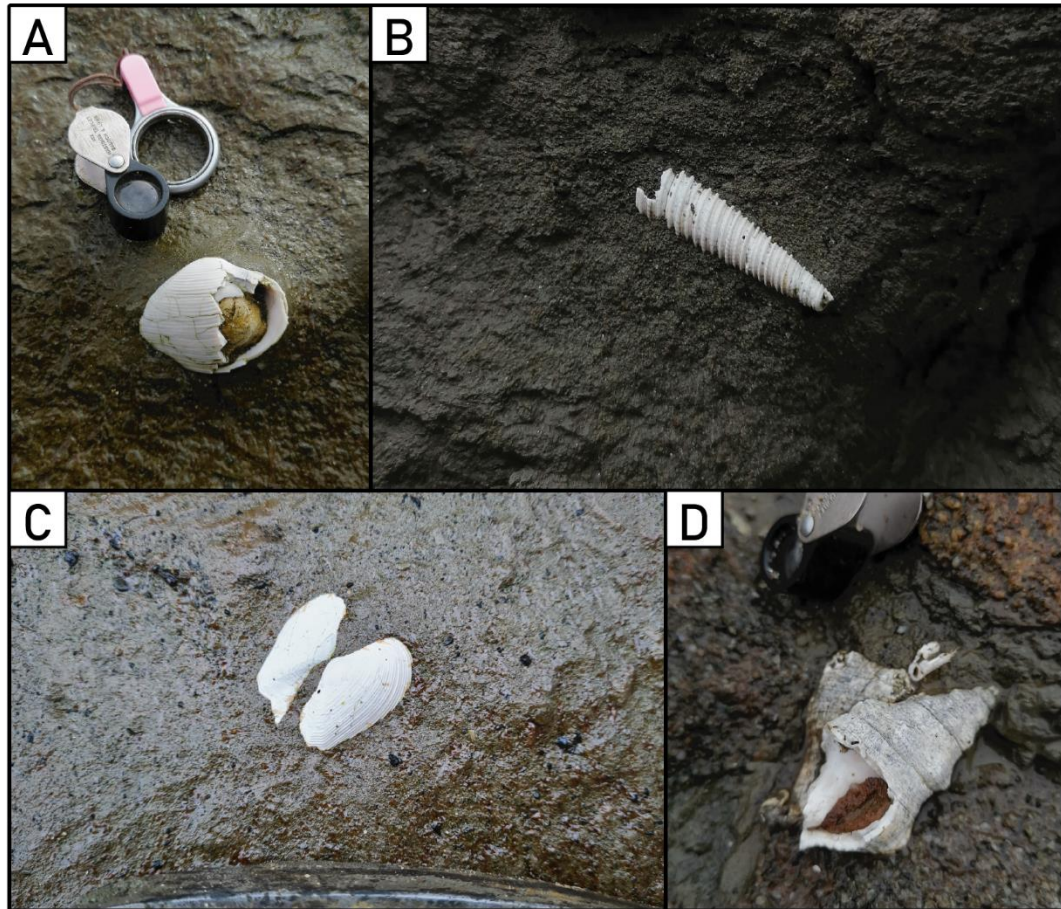


Figura 7.5: Restos fósiles de Tf2. **A:** Bivalvo indeterminado. **B:** *Incatella trilirata*. **C:** *Neilo volckmanni*. **D:** *Penion oncodes*.

Tanto la fragmentación como el grado de redondeamiento son casi nulos, particularmente en los organismos infaunales, donde resalta la preponderancia de bivalvos articulados y en posición de mariposa, por sobre las valvas desarticuladas. La ornamentación se encuentra bien preservada en todos los restos observados, sin señales de disolución ni desgaste en las superficies exteriores. Una menor proporción de valvas presentan leves evidencias de fragmentación y corrosión por bioerosión.

Los restos de los gastrópodos semi-infaunales muestran abundantes trazas de bioerosión en gran parte de la superficie de sus conchas. Los géneros *Pachycymbiola* y *Penion* son los más afectados

por la bioerosión, encontrándose trazas en todos los especímenes observados. Entre los principales organismos incrustantes se registran restos de balánidos y tubos habitacionales de anélidos serpúlidos. Las trazas preponderantes corresponden a los icnogéneros *Rogerella*, *Pennatichnus* y posiblemente *Maeandropolydora*. Adicionalmente presentan múltiples trazas de bioerosión indeterminadas de dimensiones menores y geometría poco clara. Ocasionalmente las valvas de gastrópodos se encuentran rellenas por pellets fecales de icnogénero incierto, posiblemente *Coprulus* (Fig. 7.6).

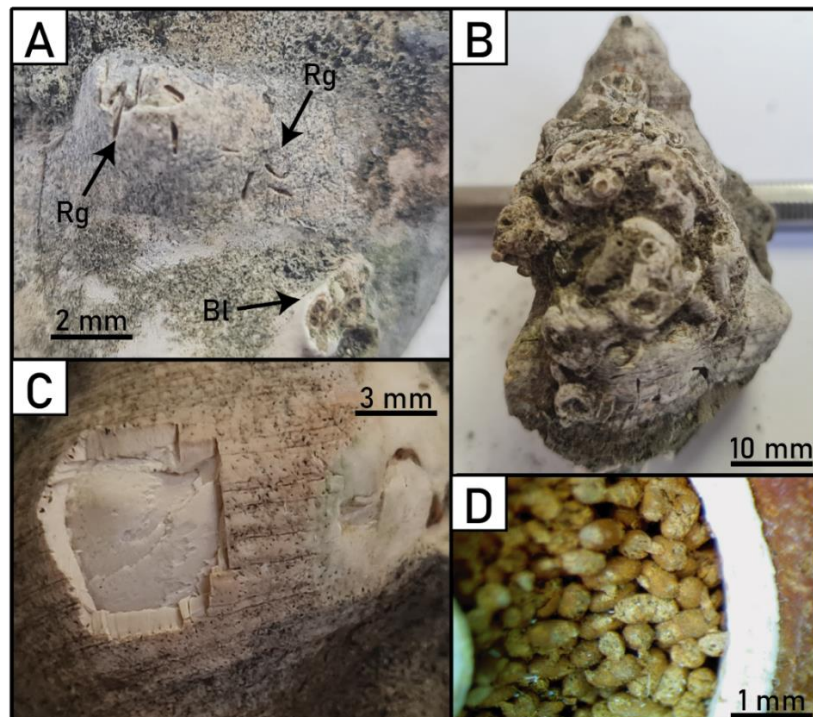


Figura 7.6: Elementos de bioerosión en restos fósiles de Tf2 **A:** Incrustación de balánidos (Bl), trazas de *Rogerella* isp. (Rg) sobre gastrópodo *Pachycymbiola vidali*. **B:** Trazas de habitación de serpúlidos sobre gastrópodo *Penion oncodes*. **C:** Trazas de *Pennatichnus* isp. sobre gastrópodo *Penion oncodes*. **D:** Pellets fecales (*Coprulus*?) relleno de valva de gastrópodo.

7.3. Tafofacies Tipo 3 (Tf3)

7.3.1. Rasgos sedimentológicos

Concentraciones fósiles asociadas a las areniscas glauconíticas de la plataforma intermareal de la unidad RAN. Los bioclastos se encuentran bien seleccionados, con el 92% de los bioclastos distribuidos en dos clases de tamaño adyacentes (Fig. 7.7). Muestran un empaquetamiento denso,

en una matriz de arena media a gruesa. Las concentraciones se presentan en geometría de pavimentos poco extensos, con espesores de hasta 5 cm. El ordenamiento interno en sección transversal es relativamente caótico, con bioclastos orientados en todas direcciones, aunque con un leve predominio de aquellos concordantes a la estratificación. Tampoco existe una dirección preferencial de alineamiento para las vistas en planta. La estructura interna de las concentraciones es simple y homogénea. No hay gradación en el tamaño de los bioclastos.

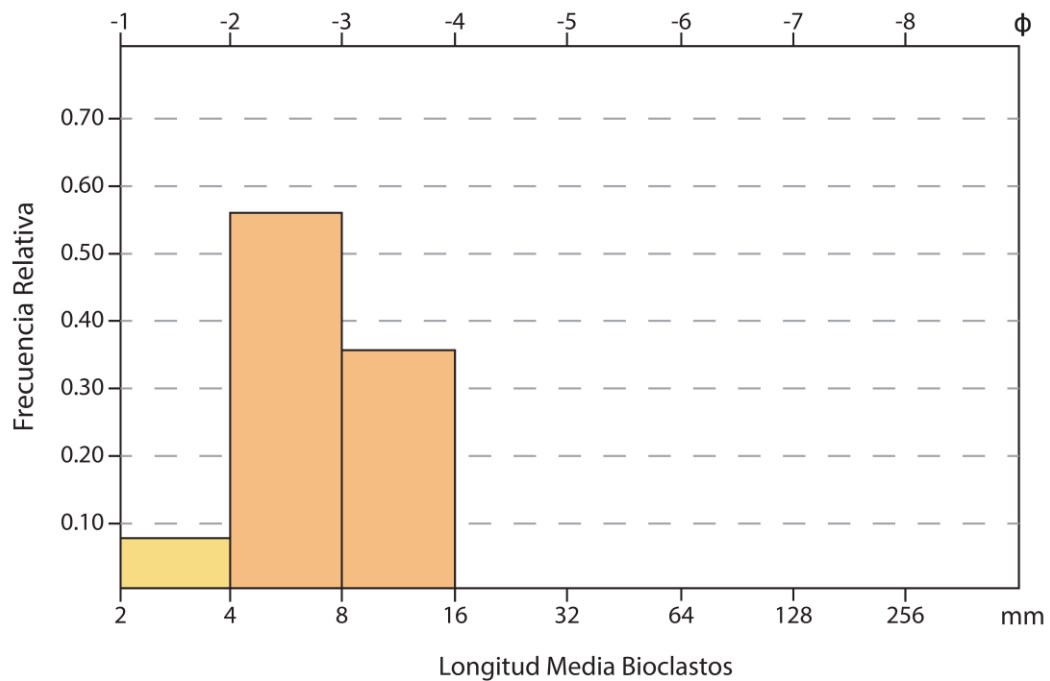


Figura 7.7: Histograma de distribución de tamaño para los bioclastos de la tafofacies Tipo 3. En color anaranjado las clases que concentran el 80% de las mediciones.

7.3.2. Rasgos paleontológicos

La tafofacies se compone exclusivamente de turritélidos asignados al género *Incatella* (Fig. 7.8). En el volumen de roca estudiado se contabilizaron 131 ejemplares de este taxón. Un alto porcentaje de los bioclastos muestra un desgaste notorio en su superficie, dificultando la identificación a nivel de especie. A partir de las conchas que aún conservan gran parte de su ornamentación, se atribuyen a la especie *Incatella chilensis*.



Figura 7.8: Concentraciones monoespecíficas de *Incatella*.

7.3.3. Rasgos tafonómicos

Las señales tafonómicas medidas en los bioclastos muestran tendencias predominantes para todos sus rasgos (Fig. 7.9). El 72% de las conchas muestran un bajo grado de fragmentación, conservándose casi la totalidad del esqueleto en la mayoría de los casos. El 58% de los bioclastos presentan bordes no fragmentados, atribuibles en su mayoría a aquellos con un bajo grado de fragmentación. La fracción restante presentan bordes fragmentados y angulosos. Para esta tafofacies no se considera el criterio de articulación, al no contener organismos de dos valvas.

La corrosión es moderada en el 85% de los bioclastos, exhibiendo débiles relictos de la ornamentación original. Solo el 7% de los ejemplares conservan aún la ornamentación no alterada. No se identifican marcas de bioerosión ni organismos incrustantes asociados a las conchas.

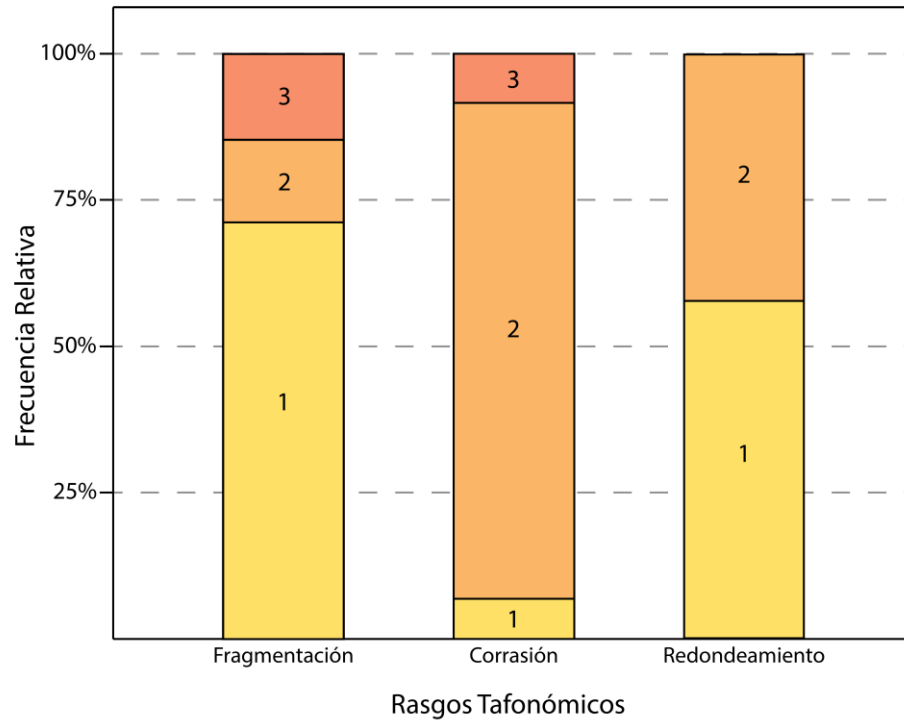


Figura 7.9: Gráficos de frecuencia acumulada para los rasgos tafonómicos medidos en los bioclastos de la tafofacies Tipo 3. Fragmentación: (1) baja, (2) moderada, (3) elevada. Corrosión: (1) baja, (2) moderada, (3) alta. Redondeamiento: (1) bordes sin alteración, (2) bordes angulosos, (3) bordes redondeados.

7.4. Tafofacies Tipo 4 (Tf4)

7.4.1. Rasgos sedimentológicos

Concentraciones fósiles asociadas a las areniscas glauconíticas de la plataforma intermareal de la localidad RAN. Los bioclastos se encuentran mal seleccionados, con al menos el 80% de los bioclastos distribuidos en tres clases de tamaño (Fig. 7.10). El empaquetamiento de los restos esqueléticos es denso, y se encuentran inmersos en una matriz arenosa media a gruesa sin asociación de estructuras sedimentarias o trazas fósiles (Fig. 7.11).

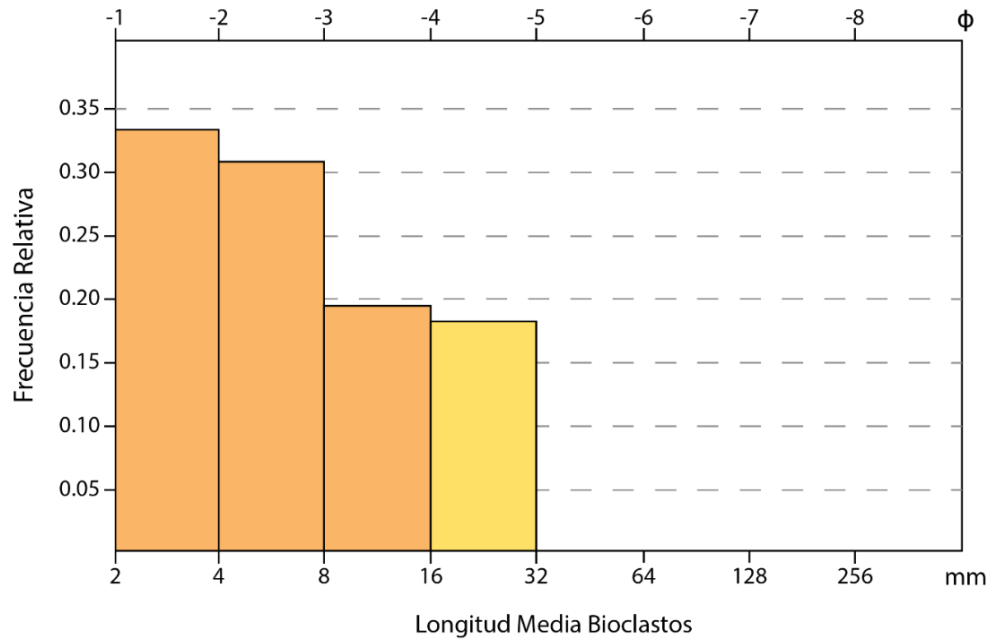


Figura 7.10: Histograma de distribución de tamaño para los bioclastos de la tafofacies Tipo 4. En color naranja las clases que concentran el 80% de las mediciones.

Las concentraciones se presentan en geometría de pavimentos, con espesores de hasta 10 cm. El ordenamiento interno en sección transversal muestra un ordenamiento preferencial, donde el 82% de los bioclastos ocurren en posición subparalela a la estratificación. De estos, la concavidad de un 39% se presenta hacia arriba, mientras que un 43% hacia abajo. La fracción restante se dispone de manera oblicua. La estructura interna se clasifica como compleja, mostrando variaciones en la densidad de los bioclastos.



Figura 7.11: Concentraciones fósiles altamente fragmentadas de Tf4.

7.4.2. Rasgos paleontológicos

Se reconocieron 145 bioclastos, donde debido al alto grado de fragmentación de los restos esqueléticos, la mayor parte de ellos solo pudo ser clasificado a nivel de clase. Entre los gastrópodos mejor preservados, es posible atribuirlos a las familias Turritellidae, Olividae y Naticidae, sin lograr una asignación certera a nivel de género (Tabla 7.4). No obstante, dentro de los fragmentos de bivalvos y gastrópodos indeterminados se infiere la representación de múltiples familias taxonómicas adicionales. La tafofacies se clasifica como politípica, al mostrar una diversidad relativa tanto de bivalvos como gastrópodos.

Tabla 7.4: Composición taxonómica de la tafofacies Tipo 4

Taxón	n	%	Taxón	n	%
Bivalvia indet.	108	74,5%	Olividae	9	6,2%
Gastropoda indet.	11	7,6%	Naticidae	7	4,8%
Turritellidae	10	6,9%			
n Total:				145	

Debido al bajo grado de preservación de la mayor parte de los bioclastos, no es posible asignarlos de manera certera a familias taxonómicas. Entre aquellas familias taxonómicas que sí fueron identificadas, solo se reconocen organismos de sustrato blando y ambientes comúnmente someros. No se identificaron restos que pudiesen pertenecer a organismos exclusivos de sustrato duro o ambientes profundos.

7.4.3. Rasgos tafonómicos

Las señales tafonómicas de los bioclastos muestran tendencias muy elevadas y marcadas en todos sus atributos (Fig. 7.12). Casi la totalidad de los bioclastos muestran un notorio grado de fragmentación, con un 82% clasificado en el intervalo. Solo en un 2% la fragmentación se consideró baja o nula. Solo se registraron gastrópodos con grado de fragmentación bajo o moderado. En el caso de los bivalvos, la totalidad de los restos corresponden a fragmentos de valvas aisladas.

La corrosión es apreciable en todos los restos esqueléticos que componen la concentración fósil. No obstante, su grado es variable entre los distintos bioclastos. La mayor pérdida de ornamentación es más común en los restos de bivalvos. La corrosión de los bioclastos se asocia únicamente a procesos de abrasión física; no se registra evidencia de disolución ni bioerosión u organismos incrustantes.

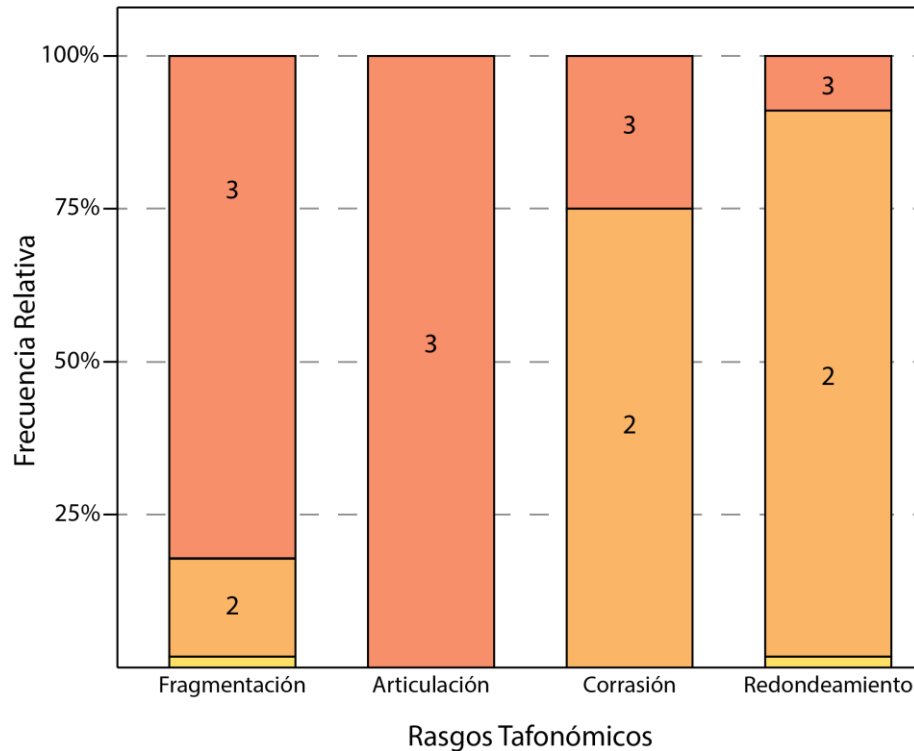


Figura 7.12: Gráficos de frecuencia acumulada para los rasgos tafonómicos medidos en los bioclastos de la tafofacies Tipo 4. Fragmentación: (1) baja, (2) moderada, (3) elevada. Articulación: (1) valvas articuladas, (2) valvas abiertas, (3) valvas desarticuladas. Corrosión: (1) baja, (2) moderada, (3) alta. Redondeamiento: (1) bordes sin alteración, (2) bordes angulosos, (3) bordes redondeados.

El grado de redondeamiento muestra una gran preponderancia de los restos con bordes angulosos. Solo un 11% de los bioclastos muestra bordes inalterados o redondeados. Los clastos con bordes redondeados o no alterados se asocian únicamente a restos de gastrópodos.

7.5. Tafofacies Tipo 5 (Tf5)

7.5.1. Rasgos sedimentológicos

Concentraciones fósiles identificadas en los bloques provenientes de los acantilados de la localidad RQK. Los bloques derivan de la secuencia superior de la formación, que ya no se encuentra preservada en la actualidad. Los bioclastos se encuentran mal seleccionados, con el 80% de las mediciones concentradas en al menos tres clases adyacentes (Fig. 7.13) y un predominio de conchas de grandes dimensiones.

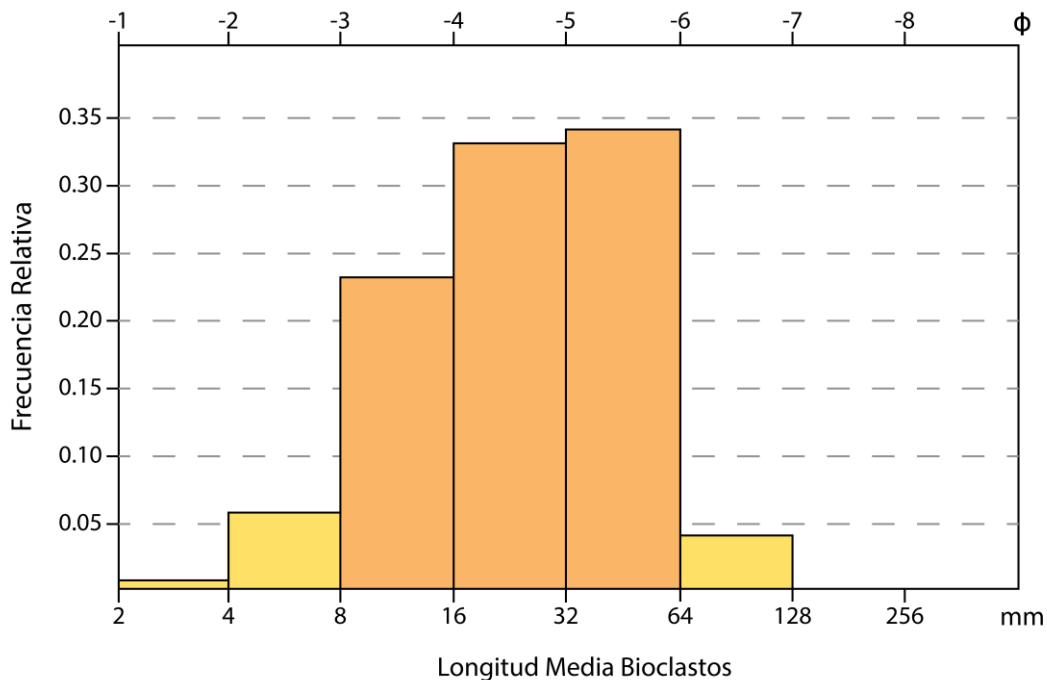


Figura 7.13: Histograma de distribución de tamaño para los bioclastos de la tafofacies Tipo 5. En color anaranjado las clases que concentran el 80% de las mediciones.

Dado que los bloques no fueron colectados *in situ*, no es posible determinar la orientación real de los bioclastos, aunque se estima una aparente disposición concordante a la estratificación. Los bioclastos se presentan notoriamente dispersos, con escasos puntos de contacto entre ellos (Fig. 7.14). Ocasionalmente las conchas más fragmentadas y de mayores dimensiones contienen otros fragmentos menores anidados en sus concavidades. La estructura interna es simple. Algunos bloques contienen concreciones de dimensiones centimétricas a decimétricas, a menudo con restos esqueléticos actuando como núcleo.



Figura 7.14: Concentraciones fósiles en bloques provenientes de acantilados costeros.

7.5.2. Rasgos paleontológicos

Se reconocieron 162 bioclastos, con 12 taxones a nivel de género o especie, pertenecientes a las clases Bivalvia y Gastropoda (Tabla 7.4). Una fracción de los bioclastos en peor estado de conservación se identificaron solamente a nivel de clase. La tafofacies se clasifica como politípica, al mostrar altas proporciones tanto de bivalvos como gastrópodos. Las concentraciones se encuentran dominadas por bivalvos del género *Retrotapes* (27%), y los gastrópodos *Penion* (25%) y *Neverita* (15%).

Tabla 7.4: Composición taxonómica de la tafofacies Tipo 5

Taxón	n	%	Taxón	n	%
<i>Retrotapes</i>	44	27,1%	<i>Lamprodomina</i>	7	4,3%
<i>Penion</i>	40	24,7%	<i>Ameghinomya</i>	4	2,5%
Bivalvia indet.	26	16,0%	<i>Chlamys</i>	3	1,9%
<i>Neverita</i>	25	15,4%	<i>Ficus</i>	3	1,9%
<i>Raeta</i>	8	4,9%	<i>Tellina</i>	2	1,2%
n Total:				162	

Pese al considerable volumen de roca estudiado, la diversidad taxonómica de los restos fósiles y su abundancia son relativamente bajas. La totalidad de los taxones reconocidos son habitantes de sustratos arenosos o limosos, con amplios rangos batimétricos. No se identificaron taxones exclusivos de zonas intermareales o ambientes profundos. Los modos de vida infaunal y semi-infaunal se encuentran equitativamente representados (44% c/u), mientras que como único representante de organismos epifaunales o de vida libre se tiene al género *Chlamys*.

7.5.3. Rasgos tafonómicos

Los bioclastos de la tafofacies Tf5 muestran indicadores tafonómicos relativamente bajos (Fig. 7.15). La mayor parte de las conchas (56%) presentan una fragmentación baja. De manera similar, el 62% de los clastos correspondientes a bivalvos conserva ambas valvas articuladas y cerradas. Solo 1% se manifestó con estas abiertas, en posición de mariposa. En el 65% de los especímenes el grado de corrosión es bajo. Por otra parte, el grado de redondeamiento no muestra una tendencia predominante, donde un 49% de los bioclastos conservan sus bordes sin alteración, mientras que el 45% los presenta fragmentados y angulosos.

De manera comparativa, el grado de fragmentación no evidencia tendencias preferenciales para ningún taxón en particular, mostrando distribuciones similares para todos los taxones relativamente abundantes ($n > 20$) en las concentraciones. Entre los bivalvos, el género *Retrotapes* es el único que registra valvas desarticuladas. No obstante, a nivel de este género sigue siendo predominante la presencia de ambas valvas articuladas.

El grado de corrosión es bajo a casi nulo en la mayor parte de los bioclastos, por lo que se conserva en gran medida la ornamentación original de los especímenes. Los valores moderados y altos para este atributo tienden a concentrarse en los venéridos *Retrotapes* y *Ameghinomya*, llegando a presentar superficies completamente obliteradas y reemplazadas por texturas terrosas (Fig. 7.16(A)).

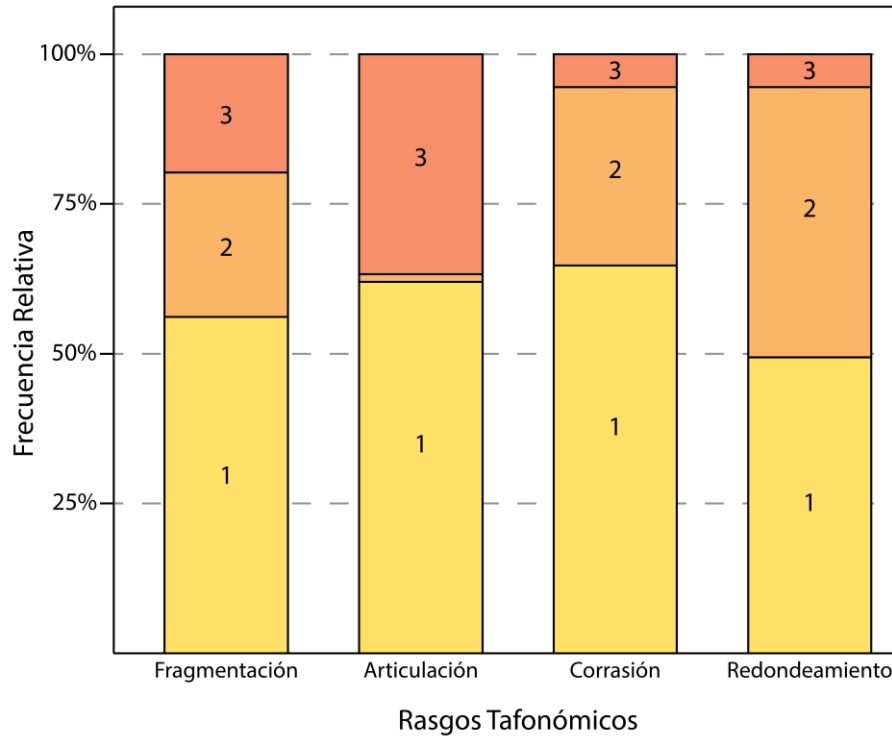


Figura 7.15: Gráficos de frecuencia acumulada para los rasgos tafonómicos medidos en los bioclastos de la tafofacies Tipo 5. Fragmentación: (1) baja, (2) moderada, (3) elevada. Articulación: (1) valvas articuladas, (2) valvas abiertas, (3) valvas desarticuladas. Corrosión: (1) baja, (2) moderada, (3) alta. Redondeamiento: (1) bordes sin alteración, (2) bordes angulosos, (3) bordes redondeados.

Las marcas de bioerosión son relativamente escasas. Los gastrópodos del género *Neverita* se ven frecuentemente afectados en sus superficies externas por trazas de *Pinaceocladichnus* isp. (Fig. 7.16(B)), y en menor medida *Oichnus* isp. Esta última se da también, de manera muy escasa, en las superficies de los bivalvos venéridos, junto a *Maeandropolydora* isp. (Fig. 7.16(C)). Un número reducido de ejemplares de bivalvos, en particular aquellos contenidos dentro de concreciones, se encuentran recristalizados en sus superficies internas (Fig. 7.16(D)).

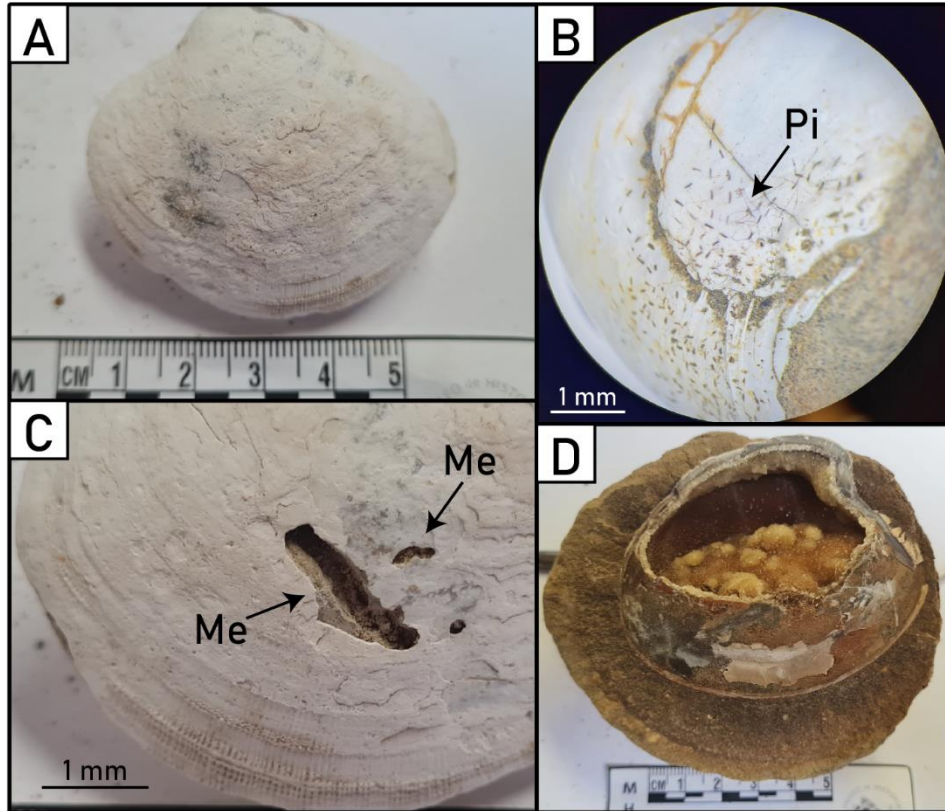


Figura 7.16: Rasgos tafonómicos de algunos restos fósiles presentes en Tf5. A: Alteración superficial por disolución en valva de *Ameghinomya meridionalis*. **B:** Trazas de *Pinaceocladichnus* isp. en callo umbilical de *Neverita (Glossaulax) pachystoma*. **C:** Trazas de *Maeandropolydora* isp. (Me) en valva de *Ameghinomya meridionalis*. **D:** Valva de *Retrotapes navidadis* con recristalización interna de calcita.

8. Discusión

8.1. Interpretación genética de tafofacies

8.1.1. Tafofacies Tipo 1 (Tf1)

La tafofacies Tf1, representada por las concentraciones fósiles de la unidad LEB, muestra señales tafonómicas relativamente altas en todos sus atributos. La mala selección, fábrica granosoportada, y textura mayoritariamente arenosa de la matriz, así como sus atributos tafonómicos, evidencian procesos de transporte y acumulación típicos de ambientes costeros (*foreshore-shoreface*) y elevado régimen de energía (Kidwell & Bosence, 1991).

Dada la presencia casi exclusiva de valvas desarticuladas y el relleno sedimentario de algunas valvas de gastrópodos, los restos esqueléticos debieron permanecer durante un período de tiempo significativo en la zona tafonómicamente activa. El elevado grado de fragmentación es indicativo de la dominancia de la abrasión mecánica como proceso de corrosión y deterioro de las superficies. Considerando además la baja presencia de bioerosión en las superficies de las conchas, se infiere un retrabajo prolongado y continuo de los restos esqueléticos, dificultando la colonización de los restos por parte de organismos. La presencia de restos esqueléticos con diverso grado de deterioro, así como moldes internos fragmentados, sugiere un historial complejo, con al menos un ciclo de enterramiento y exhumación (Lazo, 2006; Bressan & Palma, 2010).

El complejo historial de enterramiento es adicionalmente corroborado por el contenido fosilífero, representado por una mezcla de faunas propias de diversos ambientes y modos de vida. Se infiere la presencia de al menos dos asociaciones faunísticas: la primera dominada por organismos epifaunales típicos de costas rocosas (*Trochita*, *Discina*, *Diodora*, *Ostrea*); y la segunda, representada por taxones infaunales y semi-infaunales de sustrato blando (natícidos, máctridos, *Flabellum*, *Turritella*, *Tegulorhynchia*, entre otros). Dentro de la segunda asociación se contemplan géneros que pueden representar ambientes y rangos batimétricos considerablemente variables, por lo que es posible la existencia de más asociaciones faunísticas originales. El braquiópodo *Tegulorhynchia* y el coral solitario *Flabellum* representan los taxones con mayor rango batimétrico registrado en especies actuales. Los menores grados de fragmentación y corrosión evaluados en

estos géneros son concordantes con un hábitat más alejado de la costa, de manera que sus restos esqueléticos habrían sufrido un menor efecto de parte de los agentes erosivos.

El braquiópodo *Tegulorhynchia squamosa* representa la mayor excepción a las tendencias tafonómicas de Tf1, con señales tafonómicas comparativamente inferiores a los demás géneros presentes, donde se destaca la preponderancia de esqueletos articulados y superficies con bajo grado de corrosión. Por lo general, la condición de valvas articuladas sugiere elevadas tasas de sedimentación y un reducido tiempo de permanencia en la zona tafonómicamente activa. No obstante, ciertos grupos de braquiópodos (*e.g.* Orden Rhynchonellida, en el cual se incluye *Tegulorhynchia*) presentan dentaciones en sus charnelas que les otorgan una mayor resistencia a la desarticulación, en comparación a otros organismos con esqueleto articulado. En consecuencia, sus valvas pueden permanecer unidas por períodos de tiempo más prolongados tras su muerte (Brett & Baird, 1986). La presencia del género *Tegulorhynchia* puede ser conflictiva con una interpretación somera para esta unidad, dado que los representantes actuales de este género solo han sido registrados a mayores profundidades (>100 m). No obstante, la evidencia sedimentológica dificulta una interpretación profunda, de manera que la incoherencia batimétrica de este taxón puede atribuirse a cambios en sus hábitos de vida durante su rango de existencia.

Las tendencias tafonómicas generales muestran mayor concordancia con una génesis ligada a un ambiente somero y de alta energía (*foreshore*), donde el oleaje de tiempo normal habría sido el principal agente en la acumulación de las concentraciones (Kidwell & Bosence, 1991; Fürsich & Oschmann, 1993).

8.1.2. Tafofacies Tipo 2 (Tf2)

La tafofacies Tf2 considera los restos fósiles asociados principalmente a las lutitas de la unidad RQT. No se identificaron concentraciones fósiles asociadas a esta tafofacies. Este tipo se caracteriza por la presencia de fósiles aislados, en los cuales predomina un buen grado de preservación de los restos esqueléticos. Las bajas señales tafonómicas, así como la litología de textura fina y las trazas fósiles asociadas, sugieren la sedimentación de los restos en un ambiente profundo y de baja energía que permitió la conservación *in situ* de los organismos.

Entre el contenido fosilífero registrado existen sesgos en los atributos tafonómicos. Estos son correlacionables a los hábitos paleoecológicos de los organismos, notándose diferencias entre aquellos con modos de vida infaunales y aquellos epifaunales o semi-infaunales. Los organismos infaunales, representados principalmente por bivalvos y escafópodos (*Lucinoma*, *Tellina*, *Neilo*, *Dentallium*, entre otros), muestran el mejor grado de conservación de la asociación faunística. Las señales tafonómicas de los organismos infaunales son significativamente bajas, lo cual se ve reflejado en la preservación de las valvas completas, el bajo a nulo deterioro de la ornamentación superficial y la ausencia de organismos incrustantes o trazas de bioerosión en las valvas. Estos rasgos son indicativos de que los moluscos infaunales fueron preservados *in situ* en posición de vida, sin sufrir mayor transporte o exposición superficial a la zona tafonómicamente activa.

Por otra parte, los organismos semi-infaunales y epifaunales (*Penion*, *Echinophoria*, *Lamprodomina*, *Pachycymbiola*, entre otros) muestran un mayor deterioro esquelético e índices tafonómicos más elevados. No obstante, no llegan a acumularse y formar concentraciones fósiles, por lo que se infiere que debido a sus hábitos superficiales se hallaron expuestos a la zona tafonómicamente activa durante un tiempo significativo, pero debido a las condiciones ambientales de baja energía no sufrieron mayor transporte. En las superficies de los organismos semi-infaunales y epifaunales, particularmente en los gastrópodos *Penion* y *Pachycymbiola*, el grado de bioerosión es elevado, con un predominio de la incrustación por parte de corales y cirrípedos, y una menor proporción de tubos de serpulidos y trazas de briozoos. Entre los cirrípedos se registran tanto restos esqueléticos de balánidos como trazas de *Rogerella* isp. La colonización por parte de briozoos se ve reflejada por la abundancia de trazas de *Pennatichnus* isp., mientras que las trazas de *Meandropolydora* isp. evidencian la acción de poliquetos. Por otra parte, la colonización interna de los restos esqueléticos de gastrópodos se evidencia en el relleno de *pellets* fecales de *Coprulus* isp. La abundante y diversa colonización de los restos esqueléticos por parte de organismos sugiere una baja tasa de sedimentación en el ambiente, corroborando los largos períodos de exposición en la zona tafonómicamente activa.

Entre el contenido fosilífero registrado no se identifican taxones restringidos a rangos batimétricos acotados. Si bien los integrantes actuales de ciertas familias taxonómicas reconocidas tienden a tener una mayor representación en ambientes determinados, todas ellas incluyen representantes que

extienden ampliamente sus condiciones ambientales. No obstante, géneros de gastrópodos de aguas exclusivamente profundas, como *Exilia*, han sido registrados anteriormente en la unidad RQT (Nielsen, 2003; Finger *et al.*, 2007). Por otra parte, los bivalvos quimiosimbiontes de la familia Lucinidae, en la cual se incluye *Lucinoma promaucana*, tienden a encontrarse asociados a *seeps* de hidrocarburos (Glover *et al.*, 2016). Si bien los *seeps* pueden formarse en ambientes tanto someros como profundos, el género *Lucinoma* ha sido registrado extensamente en *seeps* de profundidades batiales en distintos océanos del planeta (Amano *et al.*, 2018). En la localidad RQT, *Lucinoma promaucana* solo fue registrado de manera dispersa y aislada tanto en lutitas como en las intercalaciones arenosas de la unidad, aunque la existencia de fósiles de esta especie asociados a *seeps* de hidrocarburos sí ha sido descrita en la Formación Navidad (Contardo-Berrios *et al.*, 2017).

Los rasgos tafonómicos discutidos para la asociación faunística presente en RQT denotan la ausencia de transporte de los restos esqueléticos, y la ocurrencia de su preservación *in situ*, lo cual es atribuible a un ambiente profundo y de baja energía. La asociación de esta fauna a lutitas laminadas con intercalaciones arenosas y bioturbadas por icnogéneros típicos de la icnofacies *Zoophycos*, sugiere su sedimentación en un ambiente marino profundo asociado a corrientes de turbidez (Buatois & Mangano, 2011), las cuales darían origen a las secuencias de Bouma parciales. Esto es concordante con las interpretaciones paleoambientales realizadas para esta unidad en trabajos previos (Finger *et al.*, 2007; Le Roux *et al.*, 2008; Finger, 2013).

8.1.3. Tafofacies Tipo 3 (Tf3)

La tafofacies Tf3 se encuentra conformada por las concentraciones fósiles de turrítelidos en las areniscas glauconíticas de la unidad RAN. Su asociación a areniscas glauconíticas gruesas, empaquetamiento granosoportada y composición monotípica de turrítelidos, así como los rasgos tafonómicos bajos a moderados, sugieren su formación en un ambiente somero de alta energía, probablemente asociados a eventos de tormentas en la plataforma interna o media (Kidwell & Bosence, 1991; Kidwell & Holland, 1991).

La falta de orientaciones presenciales en la disposición de las conchas, así como su posicionamiento predominantemente concordante con respecto al plano de estratificación, reflejan el efecto condiciones de flujo muy turbulentas durante la removilización de los esqueletos (Kidwell

& Bosence, 1991). El muy elevado grado de empaquetamiento de los bioclastos indica la remoción de la matriz por efecto de la removilización del material. La ocurrencia de superficies lisas con extensa pérdida de ornamentación en la parte de los bioclastos sugiere la preponderancia de la abrasión mecánica como principal mecanismo de corrosión. Tal proceso es característico de condiciones turbulentas y exposición significativa en la zona tafonómicamente activa. En cambio, la corrosión por bioerosión es nula. Esto es concordante con las condiciones de alta turbulencia, las cuales normalmente imposibilitan la colonización por parte de organismos externos (Brett & Baird, 1986; Kidwell & Bosence, 1991). El cierto grado de heterogeneidad en la abrasión superficial de los turrítelidos sugiere que su removilización ocurrió durante un período de tiempo prolongado, de manera que las conchas que muestran ornamentación más notoria en su superficie representarían un aporte de bioclastos más tardío. De esta manera, la tafofacies Tf3 refleja un grado de condensación temporal en su contenido de bioclastos (Kidwell & Holland, 1991; Fürsich & Oschmann, 1993; Simoes & Kowalewski, 1998).

Taxonómicamente, las concentraciones de Tf3 se caracterizan por su carácter monoespecífico, representado únicamente por turrítelidos del género *Incatella*. Las asociaciones con gran abundancia relativa de turrítelidos han sido ampliamente denominadas como ‘ensambles dominados por turrítelidos’ (TDAs, por sus siglas en inglés) en la literatura (Allmon, 2007; Allmon, 2011). Los turrítelidos actuales habitan principalmente ambientes someros (10 – 100 m), aunque un número de especies se encuentran en zonas intermareales o muy profundas (Allmon, 2011), de manera que no pueden ser utilizados como indicadores paleobatimétricos completamente fiables. No obstante, las grandes acumulaciones actuales de turrítelidos tienden a ocurrir en rangos acotados y someros, entre los 10 y 100 m de profundidad. Los ambientes donde ocurren estas concentraciones se relacionan a condiciones de abundancia de nutrientes, producto de corrientes de surgencia. Los TDAs también tienden a ser más comunes en arenas gruesas, mientras que su ocurrencia en granulometrías finas es relativamente rara (Anderson *et al.*, 2017). Concentraciones de TDAs con una muy elevada densidad de bioclastos y ordenamiento caótico se asocian normalmente a acumulaciones por efecto de tormentas (Anderson *et al.*, 2017; Nebelsick *et al.*, 2019). La muy elevada abundancia monoespecífica de las concentraciones se atribuye, en parte, a los hábitos ecológicos de los turrítelidos, los cuales tienden a asentarse en comunidades gregarias de alta densidad (Allmon, 1988).

Sobre la base de las tendencias tafonómicas generales y los rasgos ecológicos característicos de los turritélidos, se estima que la tafofacies Tf3 se formó en condiciones someras de alta energía y turbulencia (*shoreface*), asociadas al oleaje en tiempos de tormenta como principal agente formador (Kidwell & Bosence, 1991; Fürsich & Oschmann, 1993). Las concentraciones producidas por tormentas tienden a reflejar eventos de corta duración, lo cual se ve representado por las señales tafonómicas bajas a moderadas, y la ausencia de bioerosión (Fürsich & Oschmann, 1993).

8.1.4. Tafofacies Tipo 4 (Tf4)

La tafofacies Tf4 se encuentra definida por concentraciones fósiles contenidas en las areniscas glauconíticas de la unidad RAN. De manera similar a Tf3, la asociación a areniscas glauconíticas gruesas, empaquetamiento granosoportado, ordenamiento caótico y elevadas señales tafonómicas, son indicativas de una génesis ligada a un elevado régimen de energía en un ambiente somero, asociado a la acción del oleaje (Kidwell & Bosence, 1991; Kidwell & Holland, 1991; Fürsich & Oschmann, 1993).

La gran predominancia de valvas altamente fragmentadas y densamente empaquetadas, pero con un ordenamiento interno caótico donde los bioclastos no muestran un ordenamiento preferencial, sugieren la influencia de un flujo turbulento y de alta energía (Kidwell & Bosence, 1991; Fürsich & Oschman, 1993). Los rasgos tafonómicos son similares a aquellos de Tf3, donde destacan la baja proporción de matriz entre los bioclastos, la moderada corrosión de las superficies de las conchas por efecto de la abrasión física y la ausencia de trazas de bioerosión u organismos incrustantes. No obstante, difiere de la anterior en el muy elevado grado de fragmentación presente en Tf4. Tal rasgo es característico de las zonas marinas más someras, donde el oleaje en tiempo normal retrabaja y fragmenta continuamente los restos esqueléticos. Sin embargo, las concentraciones fósiles asociadas a la influencia del oleaje en tiempo normal tienden a estabilizar hidrodinámicamente sus componentes, de modo que las valvas se ordenan predominantemente con su convexidad hacia arriba (Kidwell & Bosence, 1991; Fürsich & Oschmann, 1993). En cambio, el ordenamiento caótico exhibido por los bioclastos de Tf4 es indicativo de condiciones de elevada turbulencia, ligadas al oleaje en tiempos de tormenta (Kidwell & Bosence, 1991).

Dado el elevado grado de fragmentación de los bioclastos, el reconocimiento taxonómico a nivel genérico es incierto. No obstante, entre las familias taxonómicas identificadas a partir de los restos mejor preservados, es posible identificar familias que comúnmente representan ambientes someros y de sustrato blando (Naticidae, Turritellidae, Olividae). Esto es concordante con el ambiente inferido a partir de los rasgos sedimentológicos y tafonómicos medidos en la tafofacies. La ausencia de organismos incrustantes o trazas de bioerosión sugiere condiciones de alta turbulencia y energía, así como un reducido tiempo de exposición a la zona tafonómicamente activa previo al enterramiento final de la concentración (Kidwell & Bosence, 1991).

Los rasgos sedimentológicos y tafonómicos generales evidencian un origen similar al de las concentraciones fósiles de Tf3, en un ambiente costero de alta energía e influencia del oleaje, atribuible a la plataforma interna. No obstante, los rasgos tafonómicos de Tf4 sugieren un historial deposicional más complejo. El extremo grado de fragmentación evidencia las primeras etapas de removilización y desgaste de los restos esqueléticos por efecto del oleaje en tiempo normal, propio de la zona más somera de un ambiente costero (*foreshore*). Posteriormente, las concentraciones de bioclastos desarticulados y fragmentados habrían sido removilizados por acción del oleaje de tormenta hacia zonas más profundas (*shoreface* medio-inferior), lo cual se ve reflejado en su ordenamiento caótico.

8.1.5. Tafofacies Tipo 5 (Tf5)

La tafofacies Tf5 se encuentra representada por las concentraciones fósiles contenidas en los bloques caídos de la unidad RQK. Actualmente esta se encuentra altamente erosionada, por lo que no es posible identificar certeramente la geometría original de las concentraciones. Esta tafofacies muestra indicios de transporte y acumulación de restos fósiles, pero señales tafonómicas relativamente bajas. El empaquetamiento matrizsoportado, el bajo grado de desarticulación de las valvas, así como su excelente grado de preservación, evidencian procesos de transporte y sedimentación rápida, a la acción de tormentas (Fürsich & Oschmann, 1993).

A diferencia de Tf3 y Tf4, las cuales también se atribuyen a flujos de tormenta, Tf5 se caracteriza por un grado de preservación notoriamente mayor, así como un empaquetamiento más disperso.

Tales rasgos sugieren que Tf5 habría sufrido un mayor grado de transporte y tendría un historial tafonómico más simple, sin la acción previa del retrabajo por olas de tiempo normal. La presencia de fragmentos esqueléticos anidados dentro de bioclastos de mayores dimensiones es también indicativo de la turbulencia del flujo durante el transporte del material (Brett & Baird, 1986; Kidwell & Bosence, 1991). Los bajos grados de fragmentación, desarticulación y corrosión concuerdan con un evento de transporte y sedimentación rápida, donde destaca la abundancia de valvas articuladas o abiertas en el umbo. La baja proporción de corrosión en las superficies de los bioclastos sugieren un período relativamente corto de exposición a la zona tafonómicamente activa (Brett & Baird, 1986). Como procesos de diagénesis temprana se identifica la ocurrencia de algunas superficies afectadas por disolución química y la presencia de concreciones calcáreas con restos esqueléticos en su interior. Tales rasgos pueden ser indicativos de un enterramiento rápido en condiciones reductoras, asociadas a la descomposición de las partes blandas y el efecto que esta tiene en el aumento de pH del medio (Brett & Baird, 1986).

El contenido fosilífero de las concentraciones se encuentra conformado por organismos que representan diversos modos de vida. No obstante, las tendencias en los atributos tafonómicos no muestran diferencias notorias entre los distintos organismos. Esta ausencia de sesgos tafonómicos evidencia el retrabajo de todos los restos fósiles, de manera que inclusive los organismos infaunales como *Retrotapes* o *Ameghinomya* fueron exhumados hasta quedar expuestos a la zona tafonómicamente activa, junto a los semi-infaunales y epifaunales. Sin embargo, el bajo grado de bioerosión o colonización por organismos incrustantes, así como la buena preservación general de los bioclastos, permite inferir que su permanencia en la zona tafonómicamente activa fue considerablemente breve (Brett & Baird, 1986; Kidwell & Bosence, 1991).

Los atributos mencionados son indicativos de un origen asociado a condiciones de alta energía en la plataforma interna, donde la acción de tormentas sería el principal agente en la formación de esta tafofacies. El excelente grado de preservación de la mayor parte de los bioclastos, así como la baja abundancia de elementos desarticulados, es indicativo de que no hubo retrabajo previo por parte del oleaje en tiempo normal. En consecuencia, las comunidades representadas en Tf5 probablemente se originaron en la zona de *shoreface*, donde eventos esporádicos de tormenta habrían ocasionado su transporte y rápida sedimentación.

8.2. Clasificación genética de tafofacies

Las diferencias sedimentológicas, paleontológicas y tafonómicas identificadas entre las distintas tafofacies presentes en la Formación Ranquil, permite clasificarlas genéticamente de acuerdo a los modelos propuestos por Kidwell *et al.* (1986) y Fürsich & Oschmann (1993). Estas clasificaciones no aplican para Tf2, la cual no constituye una concentración fósil.

Kidwell *et al.* (1986) clasifican las concentraciones fósiles de acuerdo a la proveniencia de los componentes de sus asociaciones faunísticas (asociaciones autóctonas, parautóctonas o alóctonas), y según los principales procesos o agentes que permitieron su acumulación (concentraciones biogénicas, sedimentológicas, diagenéticas o mixtas). La representación gráfica de las tafofacies en el triángulo genético de Kidwell *et al.* (1986) se ilustra en la Figura 8.1. Las concentraciones de Tf1 se consideran como una mezcla parautóctona-alóctona, debido a que todos sus componentes muestran indicios de haber sido exhumados y re TRABAJADOS, mientras que las diferencias en los atributos tafonómicos y hábitos de vida de los distintos organismos corrobora la mezcla de comunidades de distintas procedencias. Por otra parte, los elevados atributos tafonómicos reflejan un extenso historial de re trabajo y transporte, sin grandes influencias de la acción de organismos incrustantes o bioerosión. En consecuencia, la formación de estas concentraciones se atribuye únicamente a agentes sedimentológicos de transporte y concentración por procesos hidráulicos (Fig. 8.1).

Las concentraciones de Tf3, en cambio, reflejan la acción mixta de procesos sedimentológicos y biogénicos. Los rasgos sedimentológicos y tafonómicos son indicativos del transporte y acumulación hidráulica de los bioclastos. No obstante, la densa asociación monoespecífica de turritélidos se relaciona directamente a los hábitos gregarios que tiende a presentar esta familia. Por lo tanto, las concentraciones de Tf3 se clasifican como origen mixto sedimentológico-biogénico (Fig. 8.1), cuya asociación faunística se considera de tipo parautóctona, debido al transporte sufrido.

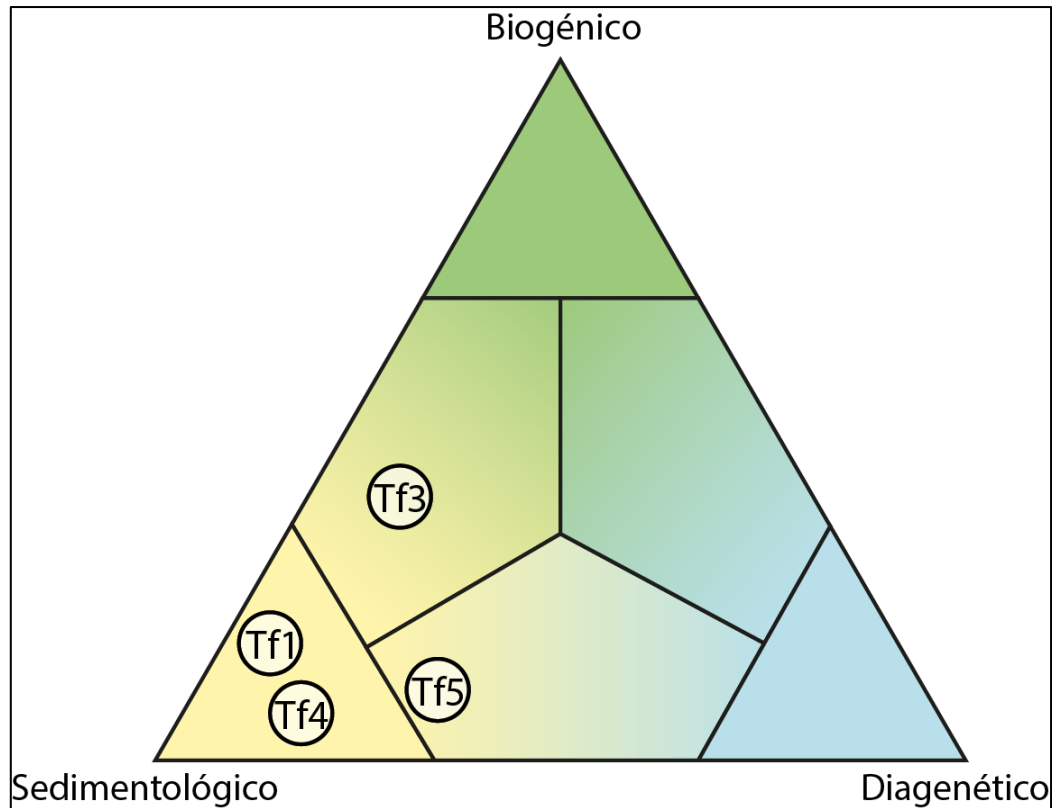


Figura 8.1: Clasificación genética de las concentraciones fósiles en las tafofacies identificadas (Kidwell *et al.*, 1986). Campos extremos indican génesis asociada a un único agente predominante. Campos intermedios indican génesis mixta.

De manera similar a Tf1, las concentraciones de Tf4 se clasifican como sedimentológicas (Fig. 8.1), ya que solo evidencian la acción de procesos hidráulicos en su transporte y acumulación, con una ausencia completa de influencia biogénica en sus atributos tafonómicos. Si bien su contenido taxonómico no es completamente reconocible, los taxones identificados son concordantes con un ambiente somero, por lo que la asociación faunística es de probable origen parautóctono.

En Tf5 se evidencian de igual manera los procesos de transporte hidráulico, con la exhumación, transporte y rápido enterramiento de sus restos esqueléticos. No obstante, la presencia de algunas superficies disueltas, así como la formación de concreciones calcáreas a partir de los bioclastos, sugieren además la acción de procesos de diagénesis temprana durante la formación de las concentraciones, de manera que Tf5 tiene un origen mixto sedimentológico-diagenético. Sin embargo, la influencia de los procesos diagenéticos se considera leve en relación al efecto de los sedimentológicos (Fig. 8.1). Taxonómicamente, Tf5 se compone únicamente de organismos

asociados a sustratos blandos y batimetrías someras, lo cual es concordante con los rasgos sedimentológicos. Considerando las evidencias de exhumación y transporte de todos los bioclastos, incluyendo aquellos correspondientes a organismos originalmente infaunales, esta tafofacies se clasifica como parautóctona.

Por otra parte, Fürsich & Oschmann (1993) confeccionan un modelo genético basado en los procesos que dan origen a determinadas concentraciones fósiles, considerando también su posible historial tafonómico previo. Esta clasificación se basa principalmente en la biofábrica, la cual registra el proceso de concentración final, y las señales tafonómicas, las cuales entregan indicios sobre los eventos que ocurrieron previo a la sedimentación final de las concentraciones. Los nueve tipos de concentraciones fósiles definidos reflejan procesos hidráulicos y biológicos. Esto permite estimar la duración relativa de los procesos, así como su batimetría.

De acuerdo con esta clasificación, las concentraciones de Tf1 se identifican como concentraciones por oleaje en tiempo normal, con señales tafonómicas que evidencian procesos relacionados al oleaje en zonas someras de *foreshore-shoreface*. El predominio de bioclastos densamente empaquetados y con elevadas señales tafonómicas, en particular su gran grado de fragmentación, son atributos característicos de concentraciones formadas por el oleaje en tiempo normal. La presencia de faunas de diferentes modos de vida, las cuales a su vez evidencian distintos valores en sus señales tafonómicas, se atribuye a la mezcla de asociaciones faunísticas provenientes tanto de la porción más somera (costa rocosa-*foreshore*) del ambiente costero, como de secciones levemente más profundas, probablemente asociadas al *shoreface*.

Las concentraciones de Tf3 exhiben rasgos típicos de depósitos asociados a la acción de tormentas; empaquetamiento granosoportado, señales tafonómicas relativamente bajas, y un ordenamiento caótico de los bioclastos, por lo que muestra mayores similitudes con las concentraciones de olas de tormenta (*sensu* Fürsich & Oschmann, 1993). Estas características son propias de procesos de corta duración y alta turbulencia. El buen estado de preservación general de los bioclastos, así como la inexistencia de bioerosión o elementos incrustantes, evidencia el rápido enterramiento de los restos tras su transporte.

Las concentraciones de Tf4 comparten ampliamente los rasgos e interpretación genética de Tf3, de modo que también son consideradas como concentraciones de olas de tormenta (*sensu* Fürsich & Oschmann, 1993). No obstante, su historial tafonómico es más complejo, de manera que el muy elevado grado de fragmentación corresponde a una señal tafonómica previa asociada a procesos de desgaste por oleaje en tiempo normal, los cuales tuvieron lugar antes de su acumulación por medio de flujos de tormenta.

En Tf5 se identifican igualmente evidencias de acumulación por efecto de flujos de tormenta, entre las cuales se considera el buen estado de preservación de los bioclastos y su ordenamiento caótico. No obstante, difieren particularmente en su empaquetamiento menos denso, que frecuentemente llega a ser matrizsoportado. Las concentraciones de Tf5 muestran mayor concordancia con la clasificación de tempestitas distales (Fürsich & Oschmann, 1993). Estas difieren de las concentraciones de olas de tormenta por presentar evidencia de mayor transporte y ocasionalmente un ordenamiento interno más estructurado, con predominio de las convexidades en posición superior. El menor grado de empaquetamiento de los bioclastos sugiere también condiciones de menor energía durante la sedimentación. Tal rasgo se relaciona a condiciones más profundas y probablemente bajo el nivel de base de las olas de tormentas, lo cual permite además diferenciar las tempestitas distales de las proximales, donde estas últimas evidencian condiciones de mayor energía.

8.3. Modelo genético

Los atributos tafonómicos muestran, de manera generalizada, un cierto grado de tendencia con respecto a la variación batimétrica del ambiente. Los ambientes marinos de plataforma externa y talud suelen presentar los restos esqueléticos mejor preservados, mientras que los costeros reflejan condiciones opuestas, donde la preservación de los organismos tiende a ser baja. Ciertos ambientes, donde se incluye la zona intermareal, las costas protegidas y la plataforma intermedia, registran una elevada variedad en sus tendencias tafonómicas (Kidwell & Bosence, 1991; Fürsich & Oschmann, 1993).

En la Figura 8.2 se ilustra el gradiente *onshore – offshore* para las tafofacies determinadas en la Formación Ranquil. La distribución espacial y batimétrica de las concentraciones se basa

principalmente en el modelo de Fürsich & Oschmann (1993). No obstante, esta representación considera únicamente las relaciones espaciales y batimétricas durante su sedimentación como concentraciones fósiles, ya que posteriormente las litologías de la Formación Ranquil podrían haber sido afectadas por procesos de flujos de gravedad que las transportarían hacia zonas de profundidad batial (~ 1.500 m), como es postulado por las aproximaciones batimétricas de Finger (2013).

Para las concentraciones de Tf1 se estima una sedimentación probable en la zona del *nearshore*, debido a sus características de concentraciones de oleaje en tiempo normal. Tf2 se considera un evento de sedimentación *in situ* de sus componentes fósiles en zonas tranquilas y de baja energía propias de la zona de *offshore* (plataforma externa o talud), debido a los restos fósiles en gran estado de preservación, sin evidencias de transporte.

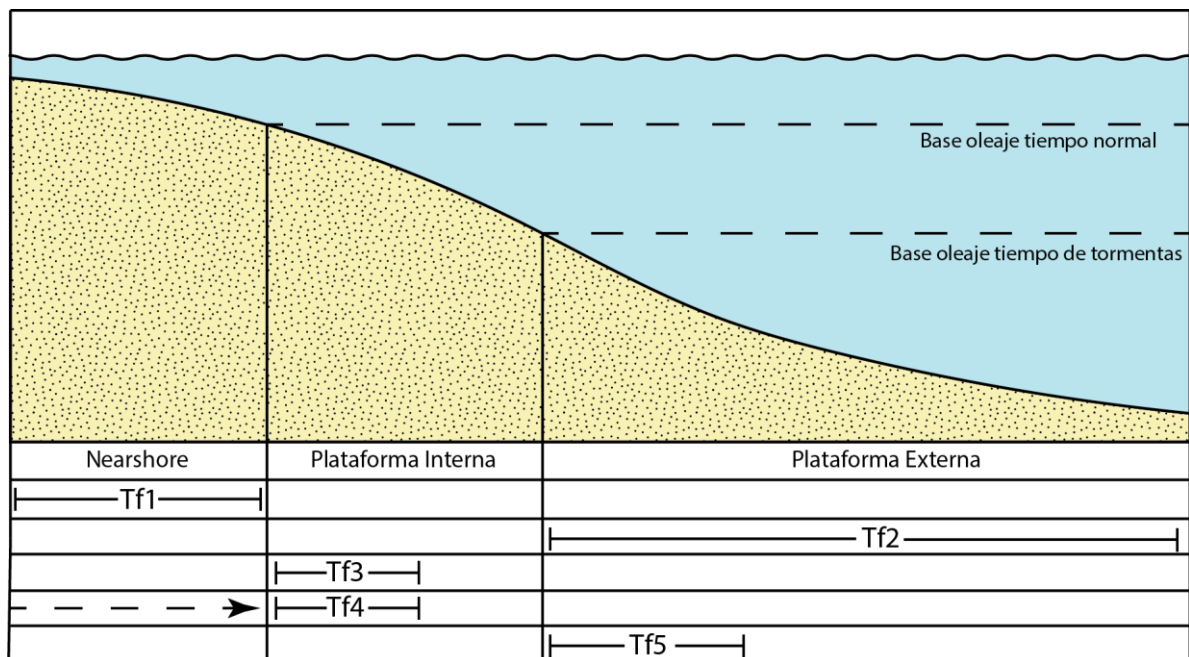


Figura 8.2: Distribución esquemática de tafofacias a lo largo del gradiente *onshore* – *offshore*. Flechas segmentadas indican procedencia de las señales tafonómicas heredadas en las concentraciones durante las primeras etapas de su historial tafonómico. Líneas continuas indican rango más probable en su sedimentación final.

Las concentraciones de Tf3 y Tf4 reflejan la acción de olas de tormenta, las cuales normalmente transportan su carga hasta la zona de transición *shoreface* – *offshore*, donde los sedimentos más gruesos solo son acarreados intermitentemente durante eventos de tormenta. Debido al aumento de

la profundidad y la progresiva disminución de energía en la zona de transición, las concentraciones tienden a ser transportadas solo hasta las secciones más proximales de esta zona (Fürsich & Oschmann, 1993). Adicionalmente, el elevado grado de fraccionamiento de los bioclastos de Tf4 es un indicio certero de la herencia tafonómica presente en esta tafofacies, la cual sufrió de sus primeros procesos erosivos en la zona más somera, por acción del oleaje en tiempos normales. Finalmente, Tf5 se asocia directamente a la sedimentación por flujos de tormenta, los cuales, a diferencia del oleaje de tormentas, pueden movilizar material hacia mayores profundidades, inclusive por debajo de la base del oleaje en tiempos de tormenta. Los productos de tales flujos se caracterizan, en general, por un transporte más extenso y prolongado. Si bien no existe herencia de procesos tafonómicos asociados a zonas más someras, debido a su composición taxonómica y las condiciones ambientales y ecológicas representadas por sus integrantes, sí es posible que los organismos provengan de ambientes más proximales.

El ambiente de sedimentación de la Formación Ranquil, así como sus equivalentes en el centro-sur de Chile y en particular la Formación Navidad, ha sido objeto de extenso debate, donde se han propuesto ambientes tanto someros como profundos (Finger *et al.*, 2013; Gutiérrez *et al.*, 2013; Le Roux *et al.*, 2013; Encinas *et al.*, 2014). Las tafofacies definidas en la Formación Ranquil reflejan un amplio rango de condiciones ambientales en la génesis de sus asociaciones fósiles, abarcando toda la extensión del gradiente *onshore – offshore*. No obstante, este análisis no considera los posibles procesos de remoción en masa que podrían haber gatillado un transporte de las unidades litológicas y su posterior re-sedimentación en ambientes más profundos.

De acuerdo con los estudios micropaleontológicos efectuados a partir de foraminíferos bentónicos, se estima que todas las unidades de la Formación Ranquil, independiente de sus ambientes de sedimentación original, sufrieron transporte hasta zonas batiales para su sedimentación final (Finger *et al.*, 2007; Finger, 2013). En los márgenes continentales activos, la presencia de plataformas marinas angostas y taludes de alto ángulo representan condiciones favorables para la mezcla de faunas a causa de procesos de remoción y re-sedimentación del material (Schwarzhan & Nielsen, 2021). La presencia de eventos sísmicos en el margen puede gatillar la ocurrencia de flujos de gravedad que transportan los sedimentos a través de cañones submarinos hasta alcanzar zonas topográficamente estables, las cuales se dan a profundidades batiales (Finger, 2013). Posibles

mecanismos de transporte por flujos de gravedad incluyen flujos de barro, *sandy debris flows* o corrientes de turbidez. Estas últimas son capaces de movilizar restos fósiles de manera que conservan un excepcional grado de preservación (Finger *et al.*, 2013). Tales eventos permiten explicar la mezcla de elementos faunales de diversas procedencias batimétricas, así como la conservación de sus rasgos preservacionales pese al extenso desplazamiento sufrido.

Las interpretaciones genéticas inferidas a partir de las concentraciones fósiles son un reflejo del ambiente de sedimentación inicial, previo a su posterior removilización por flujos de gravedad. El presente estudio constituye un aporte a la reconstrucción paleoambiental de las unidades de Formación Ranquil durante estas etapas iniciales, confirmando una génesis ligada a las condiciones someras de *nearshore* a plataforma interna en las unidades LEB (Tf1) y RAN (Tf3 y Tf4), y de plataforma externa para la unidad RQK (Tf5). La presencia de foraminíferos bentónicos que indican rangos batimétricos batiales sugiere que estas unidades deben haber sido transportadas posteriormente por flujos de gravedad. Sin embargo, tales profundidades son incoherentes con la génesis de las concentraciones fósiles que las representan, de manera que el origen propuesto por Finger (2013) se considera poco factible. Por otra parte, la unidad RQT (Tf2) evidencia la sedimentación *in situ* de sus restos fosilíferos, asociados probablemente a un ambiente profundo de *offshore* (plataforma externa o talud). Debido a la presencia de ciertos taxones que tienden a tener mayor representación en batimetrías más someras, es posible que esta unidad también haya sido transportada por flujos de gravedad. No obstante, no se hallaron evidencias certeras que corroboren tal evento.

9. Conclusiones

La Formación Ranquil ofrece una amplia diversidad de asociaciones faunísticas distribuidas en sus distintas litologías. Estas asociaciones tienden a formar las acumulaciones denominadas ‘concentraciones fósiles’ (*sensu* Kidwell *et al.*, 1986), las cuales han servido como herramienta de interpretación paleoambiental mediante el estudio tafonómico de sus componentes. En los afloramientos de esta formación se identificaron diversas concentraciones fósiles, cuyo estudio sirvió como aporte al complejo y debatido historial de discusión respecto al ambiente de sedimentación de esta formación.

En relación al contenido paleontológico de las distintas unidades, se identificaron 33 especies, incluyendo 13 de gastrópodos, 8 de bivalvos, y 12 pertenecientes a otros grupos. No se identificaron nuevas especies en las unidades estudiadas. No obstante, el estudio cumplió con el objetivo de actualizar el registro paleontológico de la formación, aportando con nuevos registros para especies anteriormente descritas. En particular se destaca la descripción de taxones externos al phylum Mollusca, los cuales en su mayoría han recibido escasa atención durante las últimas décadas.

Mediante el análisis tafonómico de las asociaciones faunísticas presentes en la Formación Ranquil, reflejadas en su mayoría por la presencia de concentraciones fósiles, se definieron cinco tafofacies distribuidas en las unidades estudiadas. Se propone que las distintas unidades representan diversos ambientes de sedimentación a lo largo del gradiente *onshore – offshore*. La unidad LEB, representada por las concentraciones fósiles de la tafofacies Tf1, evidencia la acumulación de asociaciones someras en la zona de *nearshore*. La unidad RQT está representada por la tafofacies Tf2, la cual denota condiciones profundas y de baja energía, asociadas a la sedimentación *in situ* de sus elementos faunísticos. La unidad RAN contiene distintas concentraciones fósiles, entre las cuales se definieron las tafofacies Tf3 y Tf4. Ambas sugieren condiciones de sedimentación de alta energía y profundidades someras asociadas a la plataforma interna, donde además habría recibido aporte de material bioclástico desde la zona de *nearshore*, como es indicado por el historial tafonómico que evidencian las concentraciones. Finalmente, la unidad RQK representa condiciones de sedimentación en las zonas más proximales de la plataforma externa, asociadas a las concentraciones fósiles de la tafofacies Tf5, la cual es indicativa de procesos de transporte por

debajo del oleaje de tormentas. Las interpretaciones paleoambientales específicas de cada unidad coinciden con las condiciones batimétricas estimadas por Nielsen (2003) y Finger *et al.* (2007), al menos en relación a las condiciones de sedimentación iniciales. No obstante, los trabajos mencionados no detallan el historial tafonómico y de mezcla de faunas para cada asociación. Por otra parte, el estudio tafonómico discrepa de las inferencias batimétricas realizadas por Finger (2013) a partir del contenido micropaleontológico.

Referencias

- AGUIRRE, L.; HERVÉ, F. & GODOY E. 1972. Distribution of metamorphic facies in Chile, an outline. *Kristalinikum*. Vol. **9**: 7-19.
- AKTIPIS, S.; BOEHM, E. & GIRIBET, G. 2011. Another step towards understanding the slit-limpets (Fissurellidae, Fissurelloidea, Vetigastropoda, Gastropoda): a combined five-gene molecular phylogeny. *Zoologica Scripta*. Vol. **40**(3): 238-259.
- ALEJANDRINO, A.; PUSLEDNIK, L. & SERB, J. 2011. Convergent and parallel evolution in life habitat of the scallops (Bivalvia: Pectinidae). *BMC Evolutionary Biology*. Vol. **11**(1): 164.
- ALLMON, W. 1988. Ecology of Recent Turritelline Gastropods (Prosobranchia, Turritellidae): Current Knowledge and Paleontological Implications. *Palaios*. Vol. **3**: 259-284.
- ALLMON, W. 2007. Cretaceous Marine Nutrients, Greenhouse Carbonates, and the Abundance of Turritelline Gastropods. *The Journal of Geology*. Vol. **115**(5): 509-523.
- ALLMON, W. 2011. Natural History of Turritelline Gastropods (Cerithioidea: Turritellidae): A Status Report. *Malacologia*. Vol. **54**(1-2): 159-202.
- ALVAREZ, M. 2019. Phylogenetic analysis of the genus *Retrotapes* del Río, 1997 (Bivalvia, Veneridae) and systematic analysis of its taxa from Chile. *Journal of Paleontology*. Vol. **93**(4): 685-701.
- AMANO, K.; LITTLE, C. & CAMPBELL, K. 2018. Lucinid bivalves from Miocene hydrocarbon seep sites of eastern North Island, New Zealand, with comments on Miocene New Zealand seep faunas. *Acta Paleontologica Polonica*. Vol. **63**(2): 371-382.
- ANDERSON, B.; HENDY, A.; JOHNSON, E. & ALLMON, W. 2017. Paleoecology and paleoenvironmental implications of turritellinegastropod-dominated assemblages from the Gatun Formation (Upper Miocene) of Panama. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*. Vol. **470**(16): 132-146.
- BECERRA, J.; CONTRERAS-REYES, E. & ARRIAGADA C. 2013. Seismic structure and tectonics of the southern Arauco Basin, south-central Chile (~38° S). *Tectonophysics*. Vol. **592**: 53–66.
- BEHRENSMEYER, A. 1984. Taphonomy and the Fossil Record. *American Scientist*. Vol. **72**: 558-566.
- BEHRENSMEYER, A. & KIDWELL, S. 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology*. Vol. **11**: 105-119.
- BEU, A. 2005. Recent deep-water Cassidae of the world. A revision of *Galaeodea*, *Oocorys*, *Sconsia*, *Echinophoria* and related taxa, with new genera and species (Mollusca,

- Gastropoda), en HEROS, V.; COWIE, R. & BOUCHET, P. (eds). Tropical Deep-Sea Benthos 25. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*. Vol. **196**: 269-387.
- BIELER, R.; CARTER, J. G. & COAN, V. 2010. Classification of Bivalve Families. Pp. 113-133, en: BOUCHET, P. & ROCROI, J. P. 2010. Nomenclator of Bivalve Families. *Malacologia*. Vol. **52**(2): 1-184.
- BIRÓ-BAGÓCZKY, L. 1982. Revisión y redefinición de los “Estratos de Quiriquina”, Campaniano - Masstrichtiano, en su localidad tipo en la Isla Quiriquina, 36° - 35° Lat. S., Chile, Sudamérica, con un perfil complementario en Cocholgue. *III Congreso Geológico Chileno, Concepción*.
- BOUCHET, P.; ROCROI, J. P.; HAUSDORF, B.; KAIM, A.; KANO, Y.; NÜTZEL, A.; PARKHAEV, P.; SCHRÖDL, M. & STRONG, ELLE. 2017. Revised Classification, Nomenclator and Typification of Gastropod and Monoplacophoran Families. *Malacologia*. Vol. **61**(1-2): 1-526.
- BRESSAN, G.S. & PALMA R.M. 2010. Taphonomic analysis of fossil concentrations from La Manga Formation (Oxfordian), Neuquén Basin, Mendoza Province, Argentina. *Journal of Iberian Geology*. Vol. **36**(1): 55-71.
- BRETT, C. & BAIRD, G. 1986. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*. Vol. **1**(3): 207-227.
- BUATOIS, L. & ENCINAS, A. 2011. Ichnology, sequence stratigraphy and depositional evolution of an Upper Cretaceous rocky shoreline in central Chile: Bioerosion structures in a transgressed metamorphic basement. *Cretaceous Research*. Vol. **32**: 203-212.
- CAIRNS, S. 1989. A Revision of the Ahermatypic Scleractinia of the Philippine Islands and Adjacent Waters, Part 1: Fungiacyathidae, Micrabaciidae, Turbinoliinae, Guyniidae, and Flabellidae. *Smithsonian Contributions to Zoology*. Vol. **486**: 1-136.
- CAMACHO, H. 2008. Mollusca. Los Invertebrados Fósiles Tomo I. (Camacho H. & Longobucco M.) Vazquez Mazzini Editores: 526 pp. Buenos Aires.
- CASTRO, N. 2018. Estratigrafía y paleontología de la Formación Quiriquina, en la localidad de Loanco, Región del Maule, Chile Central. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Andrés Bello, Santiago, Chile.
- CHARRIER, R.; PINTO, L. & RODRÍGUEZ, M. 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. The Geology of Chile. Moreno, T.; Gibbons, W.. Geological Society, Special Publications: 21-114. London.
- CONTARDO-BERRÍOS, X.; MENA-HODGES, E. & QUIROGA, E. 2017. Hallazgo del primer *seep* fósil en la costa emergida de Chile central (33°56'). Caracterización e implicancias. *Andean Geology*. Vol. **44**(2): 213-228.

- COVACEVICH, V. & FRASSINETTI, C. 1986. El género *Cancellaria* en el Mioceno de Chile, con descripción de cuatro especies nuevas (Gastropoda: Cancellaridae). *Revista Geológica de Chile*. Vol. **28-29**: 33-67.
- DARRAGH, T. 1988. A revision of the tertiary Volutidae (Mollusca: Gastropoda) of the south-eastern Australia. *Memoirs of the Museum of Victoria*. Vol. **49**(2): 195-307.
- DECKART, K.; HERVÉ, F.; FANNING, C.; RAMÍREZ, V.; CALDERÓN, M. & GODOY, E. 2014. U-Pb Geochronology and Hf-O Isotopes of zircons from the Pennsylvanian Coastal Batholith, South Central Chile. *Andean Geology*. Vol. **41**(1): 49-82.
- DEL RÍO, C. 1994. Middle Miocene bivalves of the Puerto Madryn Formation, Valdés Peninsula Chubut Province, Argentina (Lucinidae - Pholadidae). *Paleontographica*. Vol. **231**: 93-132.
- DELL'ANGELO, B.; SOSSO, M.; ANISTRATENKO, O. & ANISTRATENKO, V. 2017. Limpet-shaped gastropods of the genus *Diodora* (Vetigastropoda: Fissurellidae) from the Middle Miocene of Western Ukraine. *Acta Geologica Polonica*. Vol. **67**(2): 235-247.
- DELL'APA, A.; GRAZIA, M. & BONZEK, C. 2016. Modeling the habitat distribution of spiny dogfish (*Squalus acanthias*), by sex, in coastal waters of the northeastern United States. *Fishery Bulletin - National Oceanic and Atmospheric Administration*. Vol. **115**(1): 89-100.
- DEVRIES, T. & FRASSINETTI, D. 2003. Range Extensions and Biogeographic Implications of Chilean Neogene Mollusks found in Peru. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*. Vol. **52**: 119 -135.
- DEVRIES, T. 2007. Cenozoic Turritellidae (Gastropoda) from Southern Peru. *Journal of Paleontology*. Vol. **81**(2): 331-351.
- EL-MEKAWY, H.; EL-SAYED, A.; AMER, M. & SARHAN, M. 2019. Ecological studies on families Veneridae and Mactridae (Mollusca: Bivalvia) inhabiting the western coasts of the Suez Gulf, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. Vol. **23**(4): 347-364.
- ENCINAS, A.; LE ROUX, J.P.; BUATOIS, L.A.; NIELSEN, S.N.; FINGER, K.L.; FOURTANIER, E. & LAVENU, A. 2006. Nuevo esquema estratigráfico para los depósitos marinos mio-pliocenos del área de Navidad (33°00'-34°30'), Chile central. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **33**: 221-246.
- ENCINAS, A.; FINGER, K.L.; NIELSEN, S.N.; LAVENU, A.; BUATOIS, L.A.; PETERSON, D.E. & LE ROUX, J.P. 2008. Rapid and major coastal subsidence during the late Miocene in south-central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **25**: 157-175.
- ENCINAS, A.; FINGER, K.; NIELSEN, S.N. & CONTARDO, X. 2014. Comment on Reply to Comment of Finger *et al.* (2013) on: 'Evidence for an Early-Middle Miocene age of the Navidad Formation (central Chile): Paleontological, paleoclimatic and tectonic implications' of Gutiérrez *et al.* (2013, *Andean Geology* 40 (1): 66-78). *Andean Geology*. Vol. **41**(3): 639- 656.

- ENCINAS, A.; FOLGUERA, A.; BECHIS, F.; FINGER, K.; ZAMBRANO, P.; PÉREZ, F.; BERNABÉ, P.; TAPIA, F.; RIFFO, R.; BUATOIS, L.; ORTS, D.; NIELSEN, S.; VALENCIA, V.; CUITIÑO, J.; OLIVEROS, V.; DE GIROLAMO, L. & RAMOS, V. 2018. The Late Oligocene-Early Miocene Marine Transgression of Patagonia. *The Evolution of the Chilean-Argentinian Andes*: 443-474.
- ENCINAS, A.; SAGRIPANTI, L.; RODRÍGUEZ, M.; ORTS, D.; ANAVALÓN, A.; GIROUX, P.; OTERO, J.; ECHAURREN, A.; ZAMBRANO, P. & VALENCIA, V. 2021. Tectonosedimentary evolution of the Coastal Cordillera and Central Depression of south-central Chile (36°30'-42°S). *Earth-Science Reviews*. Vol. **213**: 103465.
- EVERAERT, S.; MUNSTERMAN, D.; DE SCHUTTER, P.; BOSSELAERS, M.; VAN BOECKEL, J.; CLEEMPUT, G. & BOR, T. 2020. Stratigraphy and palaeontology of the lower Miocene Kiel Sand Member (Berchem Formation) in temporary exposures in Antwerp (northern Belgium). *Geologica Belgica*. Vol. **23**(3-4): 167-198.
- FELDMANN, R.; SCHWEITZER, C. & ENCINAS, A. 2005. New Decapods from the Navidad Formation (Miocene) of Chile. *Journal of Crustacean Biology*. Vol. **25**(3): 247-449.
- FELDMANN, R.; SCHWEITZER, C. & ENCINAS, A. 2010. Neogene Decapod Crustacea from Southern Chile. *Annals of Carnegie Museum*. Vol. **78**(4): 337-366.
- FINGER, K.L. 2013. Miocene foraminifera from the south-central coast of Chile. *Micropaleontology*. Vol. **59**(4-5): 341-492.
- FINGER, K.L.; NIELSEN, S.N.; DEVRIES, T.J.; ENCINAS, A. & PETERSON, D.E. 2007. Paleontologic evidence for sedimentary displacement in Neogene forearc basins of central Chile. *Palaios*. Vol. **22**: 3-16.
- FINGER, K.; ENCINAS, A. & NIELSEN, S. 2013. Comment on 'Evidence for an Early-Middle Miocene age of the Navidad Formation (central Chile): Paleontological, paleoclimatic and tectonic implications' of Gutiérrez et al. (2013, *Andean Geology*. Vol. 40 (1): 66-78). *Andean Geology*. Vol. **40**(3): 571-579.
- FLEMING, J. 1822. Addendum to volume fifth. Mollusca. Supplement to the fourth, fifth and sixth editions of the Encyclopaedia Britannica, vol. 5. Edimburgh, Archibald Constable & co.: 567-584. London.
- FLORES, F. 2014. Identificación de macroinvertebrados fósiles de la Cuesta Santo Domingo, Formación Santo Domingo, Mioceno Inferior, Chile. Tesis de pregrado. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- FOLK, R.; ANDREWS, P. & LEWIS, D. 1970. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*. Vol. **13**(4): 937-968.

- FRASSINETTI, D. 2001. Moluscos bivalvos y gastrópodos del Mioceno marino de Isla Stokes, Sur de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile*. Vol. **50**: 73–90.
- FRASSINETTI, D. 2004. Moluscos fósiles del Mioceno marino de Isla Ipún, Sur de Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile*. Vol. **53**: 71–83.
- FRASSINETTI, D. 2006. Moluscos fósiles del Mioceno marino de Islas Crosslet y Hereford (Golfo Tres Montes, Aisén, Chile). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile*. Vol. **55**: 61–74.
- FÜRSICH, F. & OSCHMANN, W. 1993. Shell beds as tools in basin analysis: the Jurassic of Kachchh, western India. *Journal of the Geological Society, London*. Vol. **150**: 169-185.
- GARCÍA, F. 1968. Estratigrafía del Terciario de Chile central. En: G. Cecioni (Ed.), *Simposio Terciario de Chile, Zona Central*. Editorial Andrés Bello: 33 pp. Santiago
- GARCÍA-RAMOS, D.; CORIC, S.; JOACHIMSKI, M. & ZUSCHIN, M. 2020. The environmental factors limiting the distribution of shallow-water terebratulid brachiopods. *Paleobiology*. Vol. **46**(2): 1-25.
- GAYÓ, E.; HINOJOSA, L. & VILLAGRÁN, C. 2005. On the persistence of Tropical Paleofloras in central Chile during the Early Eocene. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Vol. **137**(1-2): 41-50.
- GLODNY, J.; ECHTLER, H.; COLLAO, S.; ARDILLES, M.; BURÓN, P. & FIGUEROA, O. 2008. Differential Late Paleozoic active margin evolution in South-Central Chile (37°S-40°S) – the Lanalhue Fault Zone. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **26**: 397-411.
- GLOVER, E.; WILLIAMS, S. & TAYLOR, J. 2016. Lucinid bivalves of Singapore and their relationships (Bivalvia: Lucinidae). *Raffles Bulletin of Zoology*. Vol. **34**: 539-565.
- GRIFFIN, M. & NIELSEN, S.N. 2008. A revision of the type specimens of Tertiary molluscs from Chile and Argentina described by d'Orbigny (1842), Sowerby (1846) and Hupé (1854). *Journal of Systematic Paleontology*. Vol. **6**: 251–316.
- GRIFFIN, M. & PASTORINO, G. 2013. Cenozoic Ampullinidae and Naticidae (Mollusca, Gastropoda) from Patagonia, Argentina. *Journal of Paleontology*. Vol. **87**(3): 502-525.
- GUTIÉRREZ, N.; HINOJOSA, L.; LE ROUX, J. & PEDROZA, V. 2013. Evidence for an Early-Middle Miocene age of the Navidad Formation (central Chile): Paleontological, paleoclimatic and tectonic implications. *Andean Geology*. Vol. **40**(1): 66-78.
- HARASEWYCH, M. & PETIT, R. 2014. *Cancellaria (Cancellaria) coltrorum*, a new species of Cancellariidae (Gastropoda: Neogastropoda) from Brazil. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. Vol. **127**(2): 400-405.

- HARASEWYCH, M.; SEI, M. & URIBE, J. 2020. The complete mitochondrial genome of *Harpovouta chacorti* (Gastropoda: Neogastropoda: Volutidae). *Mitochondrial DNA Part B Resources*. Vol. **5**(2): 1986-1987.
- HERM, D. 1969. Marines Pliozän und Pleistozän in Nord- und Mittel-Chile unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklung der Mollusken-Faunen. *Zitteliana*. Vol. **2**: 1-159.
- HERVÉ, F.; MUNIZAGA, F.; PARADA, M.; BROOK, M.; PANKHURST, R.; SNELLING, N. & DRAKE, R. 1988. Granitoids of the Coast Range of central Chile: Geochronology and geologic setting. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **1**(2): 185-194.
- HERVÉ, F.; CALDERÓN, M.; FANNING, C.; PANKHURST, R. & GODOY, E. 2013. Provenance variations in the Late Paleozoic accretionary complex of central Chile as indicated by detrital zircons. *Gondwana Research*. Vol. **23**: 1122-1135.
- HOLTUEUER, J.; ALDEA, C.; SCHORIES, D. & GALLARDO, C. 2018. The natural history of *Calyptraea aurita* (Reeve, 1859) from southern Chile (Gastropoda, Calyptraeidae). *Zookeys*. Vol. **798**(2): 1-22.
- HUELSKEN, T.; MAREK, C.; SCHREIBER, S.; SCHMIDT, I. & HOLLMAN, M. 2008. The Naticidae (Mollusca: Gastropoda) of Giglio Island (Tuscany, Italy): Shell characters, live animals, and a molecular analysis of egg masses. *Zootaxa*. Vol. **1770**: 1-40.
- HUELSKEN, T.; TAPKEN, D.; DAHLMANN, T.; WÄGELE, H.; RIGINOS, C. & HOLLMANN, M. 2012. Systematics and phylogenetic species delimitation within *Polinices s.l.* (Caenogastropoda: Naticidae) based on molecular data and shell morphology. *Organisms Diversity & Evolution*. Vol. **12**: 349-375.
- HUTTON, F. 1873. Catalogue of the Tertiary Mollusca and Echinodermata of New Zealand in the Collection of the Colonial Museum. G. Didsbury, Government Printer: 48 pp. Wellington.
- IHERING, H. von. 1907. Les Mollusques fossiles du Tertiaire et du Crétacé Supérieur de l'Argentine. *Anales del Museo Nacional de Historia Natural*. Vol. **37**: 1-611.
- JAIN, S. 2017. Fundamentals of Invertebrate Palaeontology. Springer Geology: 411 pp. Nueva Delhi.
- KANTOR, Y.; FEDOSOV, A.; PUILLANDRE, N.; BONILLO, C. & BOUCHET, P. 2017. Returning to the roots: morphology, molecular phylogeny and classification of the Olivoidea, (Gastropoda: Neogastropoda). *Zoological Journal of the Linnean Society*. Vol. **180**: 493-541.
- KAIZUKA, S.; MATSUDA, T.; NOGAMI, M. & YONEKURA, N. 1973. Quaternary tectonic and recent seismic crustal movements in the Arauco Peninsula and its environs, Central Chile. *Geographical Reports Tokyo Metropolitan University*. Vol. **8**: 1-49.

- KIEL, S. & NIELSEN, S. N. 2010. Quaternary origin of the inverse latitudinal diversity gradient among southern Chilean mollusks. *Geology*. Vol. **38**(10): 955-958.
- KIDWELL, S.; FUERISCH, F. & AIGNER, T. 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios*. Vol. **1**: 228-238.
- KIDWELL, S. & HOLLAND, S. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaios*. Vol. **6**(1): 426-434.
- KIEL, S. & NIELSEN, S.N. 2010. Quaternary origin of the inverse latitudinal diversity gradient among southern Chilean mollusks. *Geology*. Vol. **38**: 955–958.
- KOHN, A. & ARUA, I. 1999. An Early Pleistocene molluscan assemblage from Fiji: gastropod faunal composition, paleoecology and biogeography. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology*. Vol. **146**: 99-145.
- KUHN, P.; ECHTLER, H.; LITTKE, R. & ALFARO, G. 2010. Thermal basin modelling of the Arauco forearc basin, south central Chile — Heat flow and active margin tectonics. *Tectonophysics*. Vol. **495**: 111-128.
- LAZO, D. 2004. Análisis de concentraciones fósiles del Cretácico Inferior de Cuenca Neuquina. Tesis para optar al Grado de Doctor. Universidad de Buenos Aires, Departamento de Ciencias Geológicas: 337 pp.
- LAZO, D. 2006. Análisis tafonómico e inferencia del grado de mezcla temporal y espacial de la macrofauna del Miembro Pilmatué de la Formación Agrio, Cretácico Inferior de cuenca Neuquén, Argentina. *Ameghiniana*. Vol. **43**(2): 311-326.
- LE ROUX, J.P. & ELGUETA, S. 1997. Paralic parasequences associated with Eocene sea-level oscillations in an active margin setting: Trihueco Formation of the Arauco Basin, Chile. *Sedimentary Geology*. Vol. **110**: 257-276.
- LE ROUX, J.P.; NIELSEN, S.N.; KEMNITZ, H. & HENRÍQUEZ, A. 2008a. A Pliocene megatsunami deposit and associated features in the Ranquil Formation, southern Chile. *Sedimentary Geology*. Vol. **203**(1-2): 164-180.
- LE ROUX, J.P.; NIELSEN, S.N. & HENRÍQUEZ, A. 2008b. Depositional environment of *Stelloglyphus llicoensis* isp. nov.: a new radial trace fossil from the Neogene Ranquil Formation, south-central Chile. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **35**: 307–319.
- LEE, D. 1980. Cenozoic and Recent Rhynchonellide Brachiopods of New Zealand: Systematics and Variation in the Genus *Tegulorhynchia*. *Journal of the Royal Society of New Zealand*. Vol. **10**(3): 223-245.
- MANGANO, M. & BUATOIS, L. 1992. Análisis genético de concentraciones fósiles en una secuencia volcanoclástica de plataforma, Formación Suri (Ordovícico del Sistema de Famatinia). *Ameghiniana*. Vol. **29**(2), 135-151.

- MARTIN, R. 1999. Taphonomy: a process approach. Cambridge University Press, 508 pp.
- MARTÍNEZ, R. 1976. Hallazgo de *Sphaeroidinella deshicens deshicens* (Parker and Jones) en el Plioceno de Arauco: su significado para la reinterpretación del Neógeno Superior en Chile. *I Congreso Geológico Chileno*. Santiago.
- MARTÍNEZ-PARDO, R.; MARTÍNEZ-GUZMÁN, R. & VILCHES-GUZMÁN, G. 1997. El límite Paleoceno-Eoceno en la Cuenca Carbonífera de Arauco-Concepción, Chile Central. *VIII Congreso Geológico Chileno*. Antofagasta.
- MELNICK, D.; BOOKHAGEN, B.; STRECKER, M. & ECHTLER, H. 2009. Segmentation of megathrust rupture zones from fore-arc deformation patterns over hundreds to millions of years, Arauco península, Chile. *Journal of Geophysical Research*. Vol. **114**: 1-23.
- MERGL, M.; FRYDA, J. & KUBAJKO, M. 2018. Response of organophosphatic brachiopods to the mid-Ludfordian (late Silurian) carbon isotope excursion and associated extinction events in the Prague Basin (Czech Republic). *Bulletin of Geosciences*. Vol. **93**(3): 369-400.
- MIKKELSEN, P. & BIELER, R. 2008. Seashells of Southern Florida: Bivalves. Princeton University Press: 503 pp. Princeton.
- MODICA, M.; BOUCHET, P.; CRUAUD, C.; UTGE, J. & OLIVEIRO, M. 2011. Molecular phylogeny of the nutmeg shells (Neogastropoda, Cancellariidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. **59**: 685-697.
- MUÑOZ-CRISTI, J. 1946. Estado actual del conocimiento sobre la Geología de la provincia de Arauco. *Anales de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (Universidad de Chile)*. Vol. **3**(3): 30-63.
- MUÑOZ-CRISTI, J. 1956. Handbook of South American Geology. *Geological Society of America Memoirs*. Vol. **65**: 186-214.
- MUÑOZ-CRISTI, J. 1968. Contribución al conocimiento geológico de la región situada al sur de Arauco y participación de material volcánico en los sedimentos eocenos. El Terciario de Chile, Zona Central. Sociedad Geológica de Chile. Editorial Andrés Bello: 63-94. Santiago.
- NEBELSICK, J.; RASSER, M.; HÖLTKE, O.; THOMPSON, J. & BIEG, U. 2019. Turritelline mass accumulations from the Lower Miocene of southern Germany: implications for tidal currents and nutrient transport within the North Alpine Foreland Basin. *Lethaia*. Vol. **53**(2): 280-293.
- NEO, M. 2010. The taxonomic status of fig shells, with notes on *Ficus variegata* (Röding, 1798) (Mollusca: Gastropoda: Ficoidea: Ficidae). *Nature in Singapore*. Vol. **3**: 117-123.
- NIELSEN, S. 2003. Die marinen Gastropoden (exklusive Heterostropha) aus dem Miozän von Zentralchile. Tesis de doctorado. Universität Hamburg, Hamburgo, Alemania.

- NIELSEN, S. 2005. Cenozoic Strombidae, Aporrhaidae, and Struthiolariidae (Gastropoda: Stromboidea) from Chile: their significance to the interpretation of southeast Pacific biogeography and climate. *Journal of Paleontology*. Vol. **79**: 1120–1130.
- NIELSEN, S. 2013. A new Pliocene mollusk fauna from Mejillones, northern Chile. *Paläontologische Zeitschrift*. Vol. **87**: 33–66.
- NIELSEN, S. & FRASSINETTI, D. 2007a. The Miocene Architectonicidae (Gastropoda) of Chile. *Paläontologische Zeitschrift*. Vol. **81**: 291–303.
- NIELSEN, S. & FRASSINETTI, D. 2007b. The Neogene Volutidae (Gastropoda: Neogastropoda) from the Pacific Coast of Chile. *Journal of Paleontology*. Vol. **81**(1): 82–102.
- NIELSEN, S.; FRASSINETTI, D. & BANDEL, K. 2004. Miocene Vetigastropoda and Neritimorpha (Mollusca, Gastropoda) of central Chile. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **17**: 73–88.
- NIELSEN, S. & GLODNY, J. 2009. Early Miocene subtropical water temperatures in the southeast Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. **280**: 480–488.
- NIELSEN, S. & VALDOVINOS, C. 2008. Early Pleistocene mollusks of the Tubul Formation, South-Central Chile. *The Nautilus*. Vol. **122**(4): 201–216.
- O’SULLIVAN, J.; MCCONNAUGHEY, R. & HUBER, N. 1987. A blood-sucking snail: the Cooper’s Nutmeg, *Cancellaria cooperei* Gabb, parasitizes the California Electric Ray, *Torpedo californica* Ayres. *Biological Bulletin*. Vol. **172**(3): 362–366.
- OLIVEROS, V.; VÁSQUEZ, P.; CREIXELL, C.; LUCASSEN, F.; DUCEA, M.; CIOCCA, I.; GONZÁLEZ, J.; ESPINOZA, M.; SALAZAR, E.; COLOMA, F. & KASSEMAN, S. 2020. Lithospheric evolution of the Pre- and Early Andean convergent margin, Chile. *Gondwana Research*. Vol. **80**: 202–227.
- OROZCO, D. & GÓMEZ, F. 2016. New record of *Squalus cubensis* Howell Rivero, 1936 (Chondrichthyes, Squalidae) in Colombia. *Universitatis Scientiarum*. Vol. **21**(2): 159–166.
- ORTMANN, A. 1902. Paleontology Part II. Tertiary Invertebrates. Reports of the Princeton University Expeditions to Patagonia, 1896–1899. Vol 4 Paleontology I, part 2. Scott, W.B.: 45–332. Princeton.
- OTERO, R.; SOTO-ACUÑA, S.; ROBIN, F.; O’GORMAN, J.; STINNESBECK, W.; SUÁREZ, M.; RUBILAR-ROGERS, D.; SALAZAR, C. & QUINZIO-SINN, L. 2014. *Aristonectes quiriquinensis*, sp. nov., a new highly derived elasmosaurid from the Upper Maastrichtian of Central Chile. *Journal of Vertebrate Paleontology*. Vol. **34**(1): 100–125.
- PAREDES, C. & CARDOSO, F. 2007. La Familia Calyptraeidae en el Perú (Gastropoda: Caenogastropoda). *Revista Peruana de Biología*. Vol. **13**(3): 177–184.

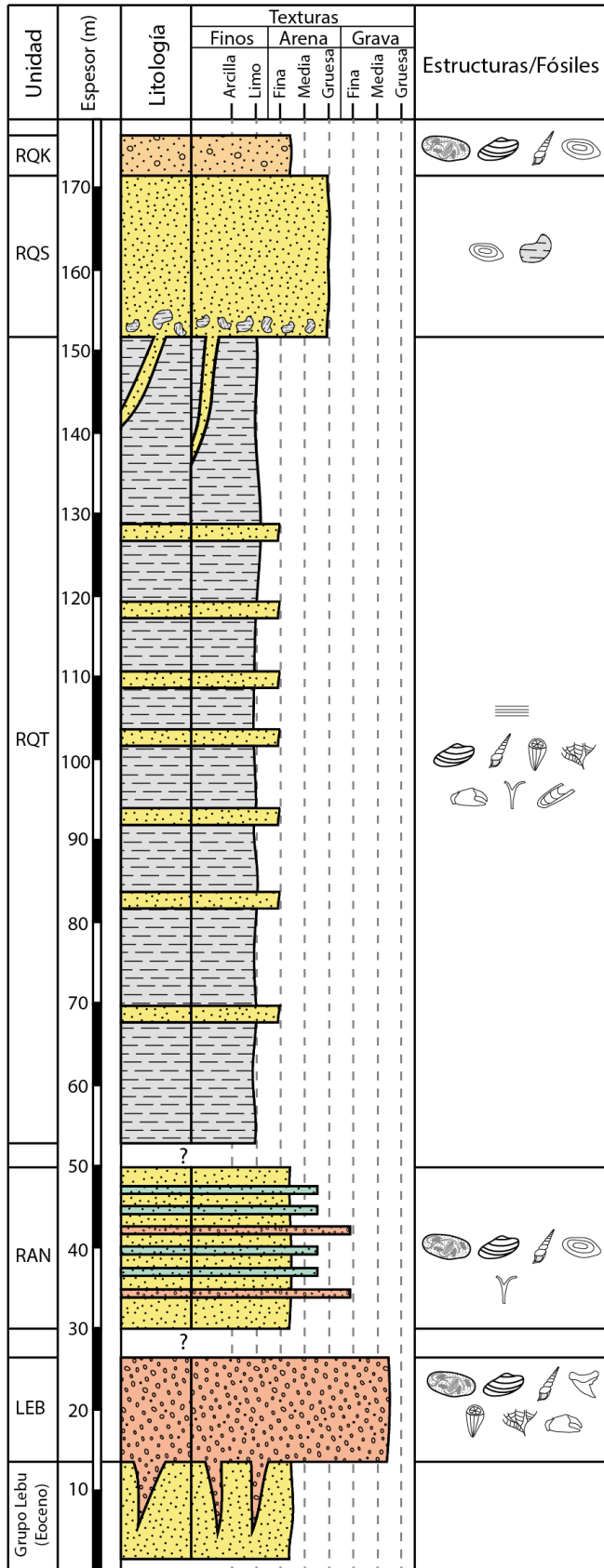
- PÉREZ-BARRÍA, L. & NIELSEN, S.N. 2019. Solemydae (Bivalvia, Protobranchia) from the lower Miocene of south-central Chile, with description of a new species. *Journal of Paleontology*. Vol. **94**(1): 56-63.
- PÉREZ, D.; DEL RÍO, C. & NIELSEN, S.N. 2013. Sistemática y filogenia del género *Ameghinomya* Ihering, 1907 (Bivalvia: Chioninae) del Cenozoico de Argentina y Chile. *Ameghiniana*. Vol. **50**(3): 354-374.
- PHILIPPI, R.A. 1887. Los fósiles terciarios y cuaternarios de Chile. Brockhaus, Leipzig, 256 pp.
- PINEDA, V. 1983. Evolución paleogeográfica de la Península de Arauco durante el Cretácico Superior - Terciario. Tesis de Pregrado. Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- PINEDA, G. 2020. Análisis de concentraciones fósiles en la Formación Monte León (Mioceno inferior), en la costa de la provincia de Santa Cruz. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de La Plata. La Plata, Argentina.
- PONDER, W., LINDBERG, D. & PONDER, J. 2020. Biology and Evolution of the Mollusca. Volume Two. Taylor & Francis Group: 890 pp. Boca Raton.
- RAGAINI, L.; DI CELMA, C. & CANTALAMESSA, G. 2008. Warm-water mollusc assemblages from northern Chile (Mejillones Peninsula): new evidence for permanent El Niño-like conditions during Pliocene warmth?. *Journal of the Geological Society*. Vol. **165**(6): 1075-1084.
- REHAK, K.; STRECKER, M. & ECHTLER, H. 2008. Morphotectonic segmentation of an active forearc, 37° - 41°S, Chile. *Geomorphology*. Vol. **94**(1-2): 98-116.
- REOLID, M.; GARCÍA, F.; TOMASOVYCH, A. & SORIA, J. 2012. Thick brachiopod shell concentrations from prodelta and siliciclastic ramp in a Tortonian Atlantic–Mediterranean strait (Miocene, Guadix Basin, southern Spain). *Facies*. Vol. **58**: 549-571.
- RIBEIRO, P.; PINTOR DE ARRUDA, E. & DIAS, F. 2011. The biology and functional morphology of *Macoma biota* (Bivalvia: Tellinidae: Macominae). *Zoologia*. Vol. **28**(3): 321-333.
- RICHTER, P.; RING, U.; WILLNER, A. & LEISS, B. 2007. Structural contacts in subduction complexes and their tectonic significance, *Journal of the Geological Society of London*. Vol. **164**: 203-214.
- SALAZAR, C.; STINNESBECK, W. & QUINZIO-SINN, A. 2010. Ammonites from the Maastrichtian (Upper Cretaceous) Quiriquina Formation in central Chile. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*. Vol. **257**(2): 181-236.
- SALAZAR, C.; STINNESBECK, W.; QUINZIO-SINN, A. & ÁLVAREZ, M. 2015. Sequence Stratigraphy affinities of the Quiriquina Formation (Late Cretaceous) from central Chile. *XV Congreso Geológico Chileno*. La Serena, Chile.

- SCHÖNING, M. & BANDEL, K. 2004. A diverse assemblage of fossil hardwood from the Upper Tertiary (Miocene?) of the Arauco Peninsula, Chile. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **17**: 59-71.
- SCHWARZHANS, W. & NIELSEN, S. 2021. Fish otholiths from the early Miocene of Chile: a window into the evolution of marine bony fishes in the Southeast Pacific. *Swiss Journal of Palaeontology*. Vol. **140**: 16.
- SEDORKO, D.; PINTO, E.; PINANI, R.; MYSZYNSKI, L.; COSTA, R. & SCHEFFLER, S. 2019. Paleoenvironments of a regressive Devonian section from Paraná Basin (Mato Grosso do Sul state) by integration of ichnologic, taphonomic and sedimentologic analyses. *Brazilian Journal of Geology*. Vol. **48**(4): 805-820.
- SIGNORELLI, J. 2019. The Superfamily Mactroidea (Mollusca: Bivalvia) in American Waters. Springer Nature Switzerland: 151 pp. Puerto Madryn.
- SIGOVINI, M.; KEPPE, E. & TAGLIAPIETRA, D. 2016. Open Nomenclature in the biodiversity era. *Methods in Ecology and Evolution*. Vol. **7**(10): 1217-1225.
- SIMÕES, M. & KOWALEWSKI, M. 1998. Shell Beds as Paleoecological Puzzles: a Case Study from the Upper Permian of the Paraná Basin, Brazil. *Facies*. Vol. **38**: 175-196.
- SIMONE, L. 2002. Comparative morphological study and phylogeny of representatives of the superfamily Calyptraeidea (Including Hipponicoidea) (Mollusca, Caenogastropoda). *Biota Neotropica*. Vol. **2**(2): 1-137.
- SIMONE, L. & WILKINSON, S. 2008. Comparative morphological study of some Tellinidae from Thailand (Bivalvia: Tellinoidea). *The Raffles Bulletin of Zoology*. Vol. **18**: 151-190.
- SMITH, J. & JACKSON, J. 2009. Ecology of extreme faunal turnover of tropical American scallops. *Paleobiology*. Vol. **35**(1): 77-93.
- SOWERBY, G. 1846. Descriptions of Tertiary fossil shells from South America. Geological Observations on South America. Smith, Elder & Co.: 279 pp. Londres.
- SPEYER, S. & BRETT, C. 1986. Trilobite Taphonomy and Middle Devonian Taphofacies. *Palaios*. Vol. **1**(3): 312-327.
- SQUIRES, D. 1964. Biological Results of The Chatham Islands 1954 Expedition. Part 6: Scleractinia. *New Zealand Oceanographic Institute Memoir*. Vol. **29**: 1-32.
- STEINER, G. & KABAT, A. 2001. Catalogue of supraspecific taxa of Scaphopoda (Mollusca). *Zoosystema*. Vol. **23**(3): 433-460.
- SUÁREZ, M.; ENCINAS, A. & WARD, D. 2006. An Early Miocene elasmobranch fauna from the Navidad Formation, Central Chile, South America. *Cainozoic Research*. Vol. **4**(1-2): 3-18.

- TAYLOR, J. & GLOVER, E. 2000. Functional anatomy, chemosymbiosis and evolution of the Lucinidae. *Geological Society of London Special Publications*. Vol. **177**(1): 207-225.
- TAVERA, J. 1942. Contribución al estudio de la estratigrafía y la paleontología del Terciario de Arauco. *Congreso Panamericano de Ingeniería de Minas y Geología* (Santiago), *Anales* **1**(2): 580–632.
- TAVERA, J. 1979. Estratigrafía y paleontología de la Formación Navidad, Provincia de Colchagua, Chile (Lat 30° 50'–34°S). *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural de Chile*. Vol. **36**: 176 pp.
- TAVERA, J. 1990. Formación Ranquil (Ranquil (Arauco) lat. 37° 32' e Isla Mocha lat. 38° 21'): Estratotipos y Fauna. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito).
- TOKUDA, Y.; IKENO, T.; GOTO, S.; NUMATA, H. & EZAKI, Y. 2010. Influence of different substrates on the evolution of morphology and life-history traits of azooxanthellate solitary corals (Scleractinia: Flabellidae). *Biological Journal of the Linnean Society*. Vol. **101**: 184-192.
- VAUGHAN, T. 1907. Recent Madreporaria of the Hawaiian Islands and Laysan. *Bulletin of the United States National Museum*. Vol. **59**: 1-427.
- VAUX, F.; CRAMPTON, J.; MARSHALL, B.; TREWICK, S. & MORGAN-RICHARDS, M. 2017. Geometric morphometric analysis reveals that the shells of male and female siphon whelks *Penion chathamensis* are the same size and shape. *Molluscan Research*. Vol. **37**(3): 194-201.
- VAUX, F.; TREWICK, S.; CRAMPTON, J.; MARSHALL, B.; BEU, A.; HILLS, S. & MORGAN-RICHARDS, M. 2018. Evolutionary lineages of marine snails identified using molecular phylogenetics and geometric morphometric analysis of shells. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. Vol. **127**: 626-637
- VELIZ, D. & VÁSQUEZ, J. 2000. La Familia Trochidae (Mollusca: Gastropoda) en el norte de Chile: consideraciones ecológicas y taxonómicas. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol. **73**: 757-769.
- VERHECKEN, A. 2007. Revision of the Cancellariidae (Mollusca, Neogastropoda, Cancellarioidea) of the eastern Atlantic (40°N-40°S) and the Mediterranean. *Zoosystema*. Vol. **29**(2): 281-364.
- VERMEIJ, G. 2017. Life in the Arena: Infaunal Gastropods and the Late Phanerozoic Expansion of Marine Ecosystems into sand. *Palaeontology*. Vol. **60**(5): 649-661.
- VILLAFANA, J.; NIELSEN, S.; KLUG, S. & KRIWET, J. 2019. Early Miocene cartilaginous fishes (Chondrichthyes: Holocephali, Elasmobranchii) from Chile: Diversity and

- paleobiogeographic implications. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **96**: 1-20.
- VISAGGI, C.; DIETL, G. & KELLEY, P. 2013. Testing the influence of sediment depth on drilling behaviour of *Neverita duplicata* (Gastropoda: Naticidae), with a review of alternative modes of predation by naticids. *Journal of Molluscan Studies*. Vol. **79**(4): 310-322.
- WANG, Y.; YANG, Y.; LIU, H.; KONG, L.; YU, H.; LIU, S. & LI, Q. 2020. Phylogeny of Veneridae (Bivalvia) based on mitochondrial genomes. *Zoologica Scripta*. Vol. **50**(1): 58-70.
- WATTERS, W. & FLEMING, C. 1972. Contributions to the Geology and Palaeontology of Chiloe Island, Southern Chile. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. Vol. **263**: 369-408.
- WENTWORTH, C. 1922. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. *The Journal of Geology*. Vol. **30**(5): 377-392.
- WILLNER, A. 2005. Pressure Temperature evolution of a Late Paleozoic paired metamorphic belt in North-Central Chile (34°-35°30'S). *Journal of Petrology*. Vol. **46**(9): 1805-1833.
- ZABINI, C.; FURTADO, A.; DO CARMO, D. & ASSINE, M. 2019. A new discinoid *Kosoidea australis* sp. nov. from the Iapó and Vila Maria Formations, NE Paraná Basin, Brazil. *Historical Biology*.

Anexo 1: Columna estratigráfica generalizada



Leyenda

	Conglomerado		Lutita
	Arenisca calcárea		Arenisca
	Arenisca glauconítica		

Simbología

	Concentración fósil		Concreción
	Intraclasto		Laminación paralela
	Bivalvo		Gastrópodo
	Cnidario		Briozoo
	Crustáceo		Elasmobranquio
	Traza de habitación		Traza de alimentación

Anexo 2: Láminas

Lámina 1

- Figura A: *Neverita (Glossaulax) pachystoma* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0002-2. Proveniente de unidad RQK. Alto: 34 mm.
- Figura B: *Neverita (Glossaulax) pachystoma* (Vista dorsal). Muestra MHNC.38.0002-2
- Figura C: *Echinophoria monilifera* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0004-1. Proveniente de unidad RQK. Alto: 29 mm.
- Figura D: *Echinophoria monilifera* (Vista dorsal). Muestra MHNC.38.0004-1.
- Figura E: *'Trochita' araucana* (Vista posterior). Muestra MHNC.38.0065-1. Proveniente de unidad LEB. Diámetro: 15 mm.
- Figura F: *'Trochita' araucana* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0065-1. Alto: 14 mm.
- Figura G: *'Trochita' costellata* (Vista posterior). Muestra MHNC.38.0066-1. Proveniente de unidad LEB. Diámetro: 34 mm.
- Figura H: *Turritella* cf. *pseudosuturalis* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0067-1. Proveniente de unidad LEB. Alto: 19 mm. Valva incompleta.
- Figura I: *Incatella chilensis* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0068-2. Proveniente de unidad RAN. Alto: 35 mm.
- Figura J: *Penion macsporrani* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0001-14. Proveniente de unidad RQK. Alto: 54 mm.
- Figura K: *Penion macsporrani* (Vista dorsal). Muestra MHNC.38.0001-14
- Figura L: *Penion oncodes* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0026-1. Proveniente de unidad RQK. Alto: 80 mm.

Lámina 1

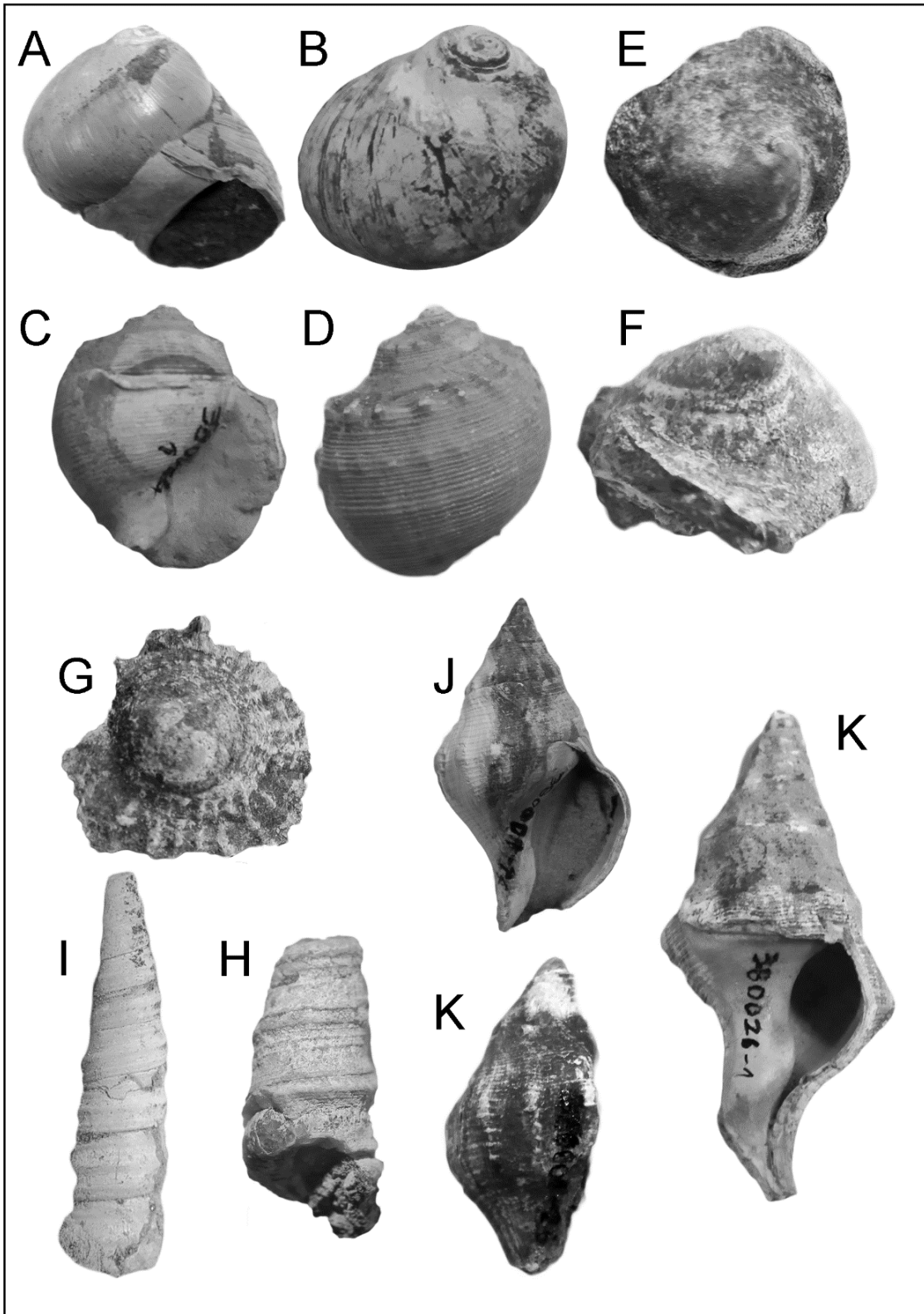


Lámina 2

- Figura A: *Lamprodomina dimidiata* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0003-1. Proveniente de unidad RQK. Alto: 39 mm.
- Figura B: *Lamprodomina dimidiata* (Vista dorsal). Muestra MHNC.38.0003-1.
- Figura C: *Pachycymbiola vidali* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0069-1. Proveniente de unidad RQT. Alto: 73mm.
- Figura D: '*Cancellaria*' *medinae* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0070-1. Proveniente de unidad RQK. Alto: 41 mm.
- Figura E: '*Cancellaria*' *medinae* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0070-1.
- Figura F: '*Ficus*' *exigua* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0005-1. Proveniente de unidad RQT. Alto: 15 mm.
- Figura G: '*Ficus*' *exigua* (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0005-1.
- Figura H: cf. *Gibbula poeppigii* (Vista posterior). Muestra MHNC.38.0009-1. Proveniente de unidad RQK. Diámetro: 2 mm
- Figura I: cf. *Gibbula poeppigii* (Vista dorsal). Muestra MHNC.38.0009-1. Alto: 2 mm.
- Figura J: *Diodora* sp. (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0071-1. Proveniente de unidad LEB. Largo: 52 mm.
- Figura K: *Diodora* sp. (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0071-1. Alto: 18 mm.

Lámina 2

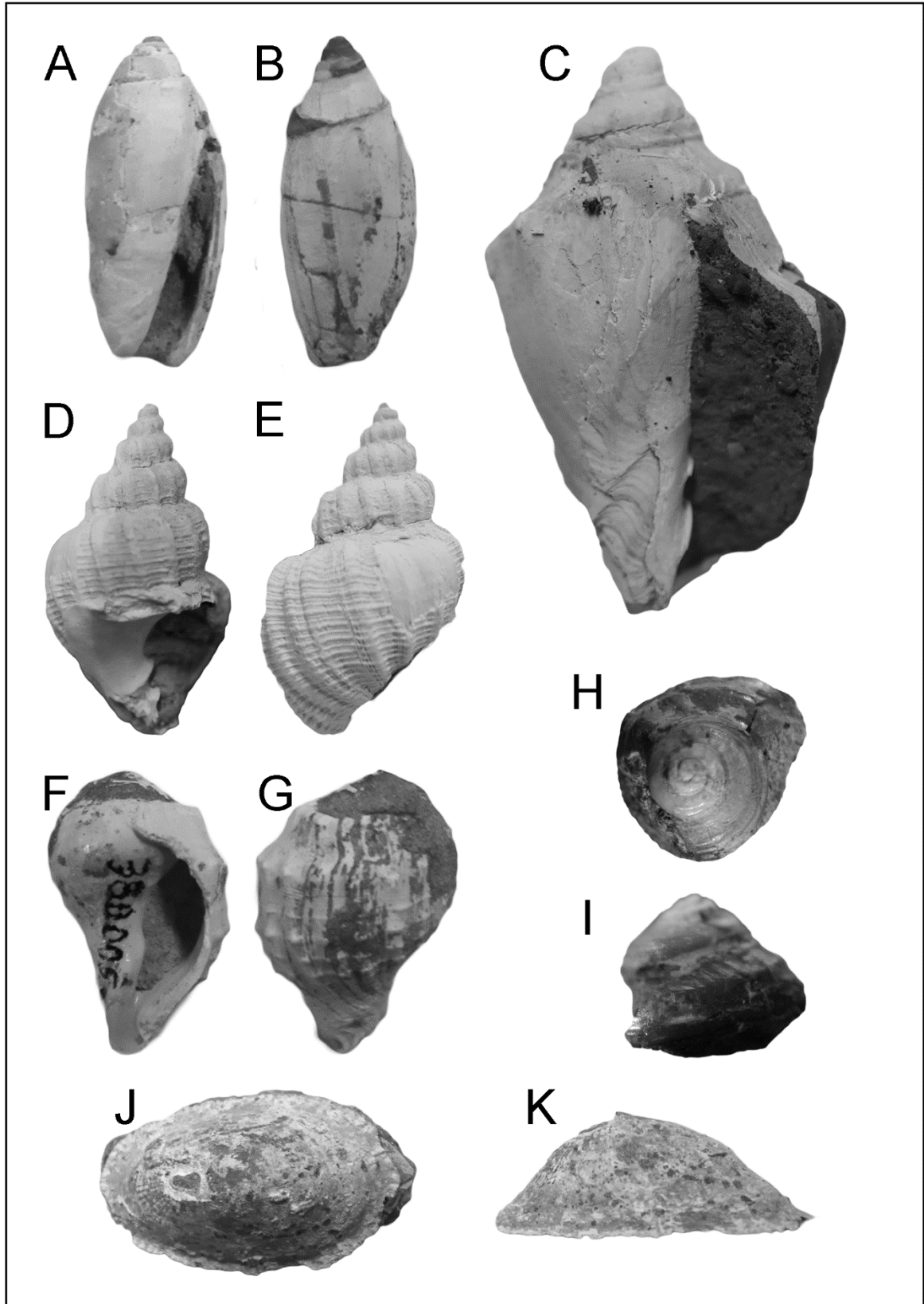


Lámina 3

- Figura A: *Ameghinomya volckmanni* (Valva derecha). Muestra MHNC.38.0072-1. Proveniente de unidad RQK. Alto: 45 mm. Largo: 42 mm.
- Figura B: *Ameghinomya volckmanni* (Vista dorsal). Muestra MHNC.38.0072-1.
- Figura C: *Ameghinomya meridionalis* (Valva derecha). Muestra MHNC.38.0073-1. Proveniente de unidad RQK. Alto: 45 mm. Largo: 53 mm.
- Figura D: *Ameghinomya meridionalis* (Valva derecha). Muestra MHNC.38.0073-1.
- Figura E: *Retrotapes navidadis* (Valva izquierda). Muestra MHNC.38.0074-1. Proveniente de unidad RQK. Alto: 65 mm. Largo: 60 mm.
- Figura F: *Retrotapes navidadis* (Vista dorsal). Muestra MHNC.38.0074-1.
- Figura G: *Raeta martini* (Valva izquierda). Muestra MHNC.38.0074-2. Proveniente de unidad RQK. Alto: 47 mm. Largo: 42 mm.
- Figura H: *Raeta martini* (Vista dorsal). Muestra MHNC.38.0074-2.
- Figura I: *'Chlamys'* cf. *simpsoni* (Valva izquierda). Muestra MHNC.38.0075-1. Proveniente de unidad RQK. Alto: 25 mm. Largo: 21 mm.
- Figura J: *Tellina* cf. *araucana* (Valva izquierda). Muestra MHNC.38.0074-2. Proveniente de unidad LEB. Alto: 30 mm. Largo: 46 mm.
- Figura K: *Tellina lebuensis* (Valva derecha). Muestra MHNC.38.0007-1. Proveniente de unidad RQK. Alto: 18 mm. Largo: 22 mm.
- Figura L: *Lucinoma promaucana* (Valva derecha). Muestra MHNC.38.0008-1. Proveniente de unidad RQT. Alto: 28 mm. Largo: 28 mm.
- Figura M: *Lucinoma promaucana* (Vista dorsal). Muestra MHNC.38.0008-1

Lámina 3

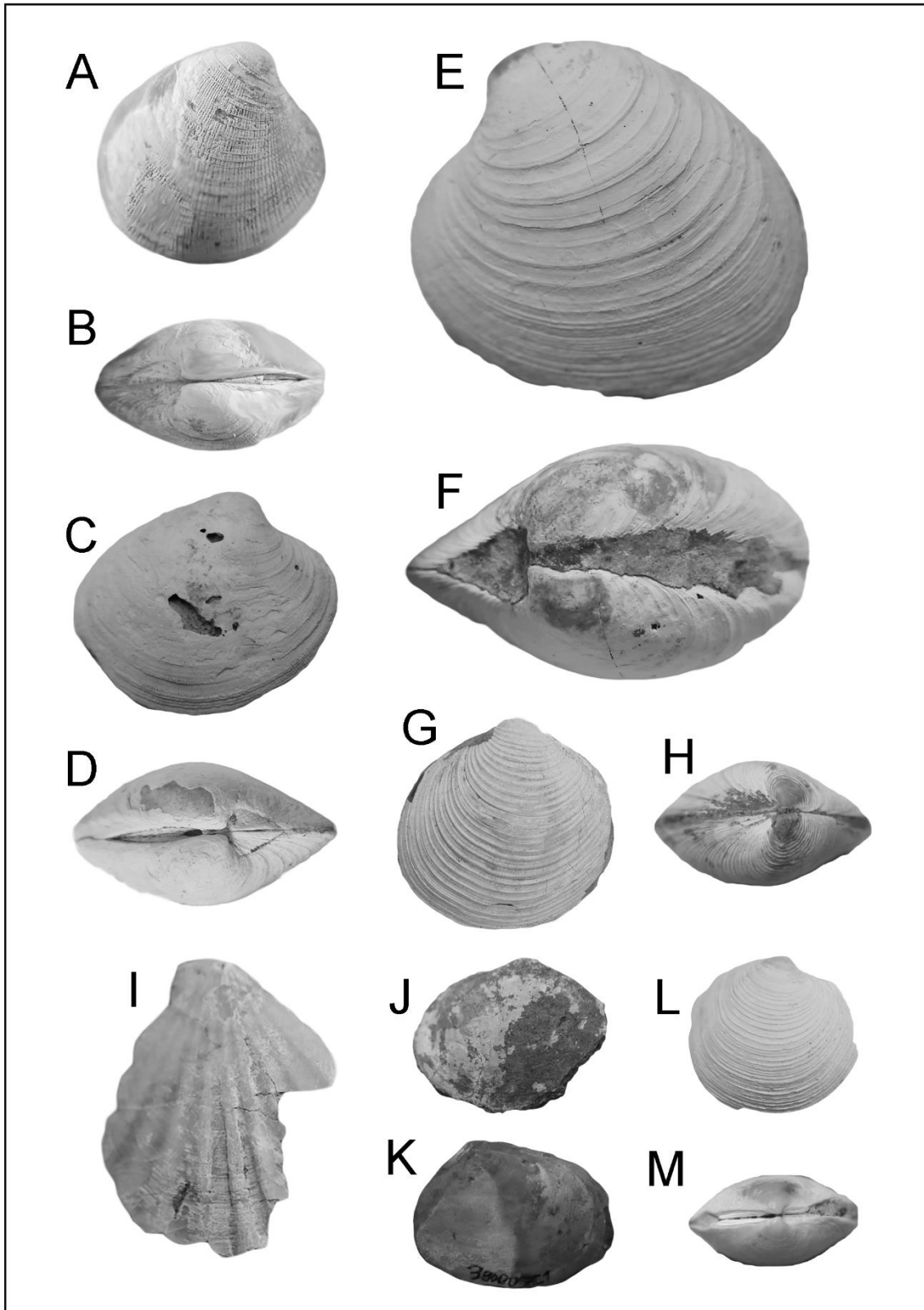


Lámina 4

- Figura A: *Fissidentalium subgiganteum* (Vista lateral). Muestra MHNC.38.0077-1. Proveniente de unidad RQT. Largo: 91 mm.
- Figura B: *Dentalium sulcosum* (Vista lateral). Muestra MHNC.38.0078-1. Proveniente de unidad RQT. Largo: 29 mm.
- Figura C: *Discina araucana* (Valva braquial). Muestra MHNC.38.0079-1. Proveniente de unidad LEB. Largo: 11 mm.
- Figura D: *'Terebratula'* sp. (Valva peduncular). Muestra MHNC.38.0080-1. Proveniente de unidad LEB. Largo: 19 mm.
- Figura E: *'Terebratula'* sp. (Vista lateral). Muestra MHNC.38.0080-1.
- Figura F: *Tegulorhynchia squamosa* (Valva peduncular). Muestra MHNC.38.0081-1. Proveniente de unidad LEB. Largo: 17 mm. Alto: 15 mm.
- Figura G: *Tegulorhynchia squamosa* (Vista lateral). Muestra MHNC.38.0081-1. Espesor: 20 mm.
- Figura H: *Tegulorhynchia squamosa*. (Vista ventral). Muestra MHNC.38.0081-1
- Figura I: *Brachyura* indet. Muestra MHNC.38.0082-1. Proveniente de unidad LEB. Largo: 20 mm.
- Figura J: *Flabellum striatum*. Muestra MHNC.38.0083-1. Proveniente de unidad LEB. Largo: 30 mm.
- Figura K: *Flabellum costellatus*. Muestra MHNC.38.0084-1. Proveniente de unidad RQT. Diámetro: 60 mm.
- Figura L: *Cellepora* sp. Muestra MHNC.38.0045-1. Proveniente de unidad LEB. Largo: 5 mm.
- Figura M: *Squalus* sp. (Vista lateral) Muestra MHNC.38.0085-1. Proveniente de unidad LEB. Largo: 3 mm.
- Figura N: *Charcaroides totuserratus* (Vista lateral) Muestra MHNC.38.0086-2. Proveniente de unidad LEB. Largo: 7 mm.

Lámina 4

