



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA

ESTRATIGRAFÍA DE DETALLE Y ANÁLISIS TAFONÓMICO DE LOS BIVALVOS PRESENTES  
EN LA LOCALIDAD TIPO DE LA FORMACIÓN LO VALDÉS (JURÁSICO SUPERIOR -  
CRETÁCICO INFERIOR), CHILE CENTRAL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE GEÓLOGO

RODRIGO ANDRÉS GONZÁLEZ SALAZAR

PROFESOR GUÍA:

CHRISTIAN SALAZAR SOTO

PROFESOR CO-GUÍA:

ALFONSO RUBILAR RODRÍGUEZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

REYNALDO CHARRIER GONZÁLEZ

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por Consultora GeoSalazar

SANTIAGO DE CHILE

2018

**RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR  
AL TÍTULO DE: Geólogo**

**POR:** Rodrigo Andrés González Salazar

**FECHA:** 20/12/2018

**PROFESOR GUÍA:** Christian Salazar Soto

**ESTRATIGRAFÍA DE DETALLE Y ANÁLISIS TAFONÓMICO DE LOS  
BIVALVOS PRESENTES EN LA LOCALIDAD TIPO DE LA FORMACIÓN  
LO VALDÉS (JURÁSICO SUPERIOR - CRETÁCICO INFERIOR), CHILE  
CENTRAL**

En el presente trabajo se realiza una sección de la Formación Lo Valdés en su localidad tipo con el fin de analizar en detalle la estratigrafía, paleontología y tafonomía presente en sus afloramientos.

En esta sección se mide una potencia total de 544 metros para la localidad tipo de la Formación Lo Valdés, en donde se reconocen los miembros Escalador (74 metros, litologías de arenitas líticas calcáreas y *wackas* líticas calcáreas), Placa Roja (191 metros, litologías de fangolitas, fangolitas calcáreas, *wackestone*, *floatstone* y *rudstone*) y Cantera (258 metros, litologías de *wackestone*, *packstone*, *rudstone* y *calci-mudstone*), además de un dique andesítico de 21 metros de potencia situado entre los dos primeros miembros.

En análisis de la fauna fósil recolectada (108 ejemplares) permite identificar, con diferente grado de certeza, 46 taxones correspondientes a anélidos (2) y moluscos (44). Estos últimos a su vez consisten en gastrópodos (2), bivalvos (33), nautiloideos (1) y amonites (8). Se comparan los taxones identificados de bivalvos con ejemplares morfológicamente afines y/o emparentados de la literatura, interpretándose los modos de vida que representan: epifaunal libre (3), epifaunal bisado (2), epifaunal (en general, 1), semi-infaunal (1), infaunal somero (10), infaunal profundo (8), infaunal (en general, 8).

Se describen las concentraciones fósiles presentes en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés a través de sus atributos paleontológicos, tafonómicos, sedimentológicos y estratigráficos, los cuales son utilizados (especialmente los rasgos tafonómicos) para la identificación de las tafofacies presentes en cada una de las concentraciones, obteniéndose un total de 8 tafofacies para la localidad tipo de la Formación Lo Valdés. El análisis paleoambiental de estas tafofacies permite inferir los ambientes sedimentarios de playa, plataforma interna, plataforma media y plataforma externa, además de un aumento del nivel del mar entre las edades del Titoniano superior al Valanginiano inferior (o incluso Hauteriviano inferior).

無限大な夢のあとの 何もない世の中じゃ  
そうさ愛しい 想いも負けそうになるけど  
Stayしがちなイメージだらけの 頼りない翼でも  
きっと飛べるさ ~oh yeah!

## Agradecimientos

Sin duda esta debe ser de las secciones más importantes de todo este trabajo -y de todo este proceso-. Como es de esperar, primero hay que partir por la familia. Gracias a mi madre Margarita y a mi padre Marco por apoyarme siempre en todo, en cada sueño, en cada meta, cada vez que quise volar y experimentar la vida, gracias por tenerme paciencia, por quererme y por guiarme, con todos mis defectos y virtudes. Gracias a mi hermana Andrea por compartir una infancia, una juventud y a partir de ahora, porque no, una adultez -¿esto me convierte en adulto!?. Gracias a César, más que gracias, ¡denle un premio!, aprecio mucho todo tu apoyo, tu interés y todo lo que te has preocupado por nosotros. Gracias a mis abuelitas Margarita y Sonia por siempre tratarme con tanto amor y cariño, por creer en mí y por toda la felicidad que siempre me han transmitido. Gracias a mi tata Roberto por quererme, por guiarme, por los dos años que compartimos como compañeros de departamento y, sobre todo, gracias por alejarme de las malvadas garras del programa “Caso cerrado”. En general, y teniendo a cada uno en mente, muchas gracias a mi familia por ser parte de mí.

Lo hermoso de mi historia es que no solo tengo una familia que me apoya, sino que tengo varias. Por eso quiero agradecer con mucho cariño a la señora María y su familia por estar conmigo en los momentos iniciales de mi vida, por cuidarme, quererme y guiarme. Sin duda parte de lo que soy hoy se debe a ellos. También quiero agradecer a la señora Juanita, a don César y a Freddy, que me han aceptado, me han querido tal como soy -con todo lo que eso conlleva- y que han creado conmigo momentos y recuerdos bonitos.

Gracias también a mis amigos, a mis compañeros de geología, a mis compañeros de la Sección 4 y a todos con los que compartí momentos en esta vida universitaria. Sobre todo quiero agradecer, sin un orden particular, a Huasito por estar presente todos estos años; a mis geoamigos todo terreno Tania, Heredi y Toto por estar en todas conmigo; a la Angu por aguantarme y apoyarme tanto en terreno y en este proceso; y a mi hermanito Felipe (*a.k.a* Chupetin) por todas las grandes historias que hemos vivido juntos desde tiempos inmemorables.

Gracias a los profesores Christian Salazar, Alfonso Rubilar y Reynaldo Charrier que se interiorizaron en este trabajo y me apoyaron mucho durante su transcurso. Gracias a la profesora Sylvia Palma, que junto con los profesores Christian y Alfonso han sido mis mentores en este hermoso mundo de la Paleontología. Gracias también a la familia que conocí en *Terra Ignota*, por sus enseñanzas y por todos los paleo-momentos que compartimos.

Por último, pero no menos importante, gracias a mi equipo de rugby *Diablos Ingeniería* por todos los momentos que hemos compartido, por todo el crecimiento que impulsaron en mí, por todas las historias y porque me enseñaron que: *¡Qué bonita es la amistad, eso si que va conmigo y los chicos de ingeniería.. ESOS SÍ QUE SON AMIGOS!*

Porque no sirve de nada un logro si no hay con quien compartirlo...

Muchas gracias a todos!



## Tabla de contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Problemática .....	1
1.2	Objetivos .....	1
1.2.1	Objetivo general .....	1
1.2.2	Objetivos específicos .....	2
1.3	Hipótesis .....	2
1.4	Ubicación y accesos .....	2
1.5	Metodología .....	4
1.5.1	Etapa de Terreno .....	4
1.5.2	Etapa de Gabinete .....	5
1.5.2.1	Estratigrafía.....	5
1.5.2.2	Identificación de taxones.....	11
1.5.2.3	Tafofacies.....	11
1.5.2.4	Análisis paleoambiental e interpretación de tafofacies.....	11
1.6	Trabajos anteriores .....	12
1.6.1	Trabajos en la Formación Lo Valdés.....	12
1.6.2	Trabajos en la cuenca Neuquina, Argentina .....	15
2	Marco Geológico .....	16
2.1	Contexto geotectónico .....	16
2.2	Unidades morfoestructurales .....	17
2.3	Evolución geológica .....	20
2.4	Rocas estratificadas.....	22
2.4.1	Formación Baños Morales (Titoniano temprano a medio) .....	23
2.4.2	Formación Lo Valdés (Titoniano tardío – Hauteriviano tardío).....	24
2.4.3	Unidad volcanoclástica indefinida .....	25
3	Estratigrafía .....	26
3.1	Ubicación .....	26
3.2	Descripción .....	27
3.2.1	Formación Baños Morales .....	27

3.2.2 Formación Lo Valdés .....	30
3.2.2.1 Miembro Escalador .....	30
3.2.2.2 Miembro Placa Roja .....	36
3.2.2.3 Miembro Cantera.....	44
3.2.3 Unidad de Brecha volcanoclástica .....	51
4 Paleontología .....	54
4.1 Identificación taxonómica.....	54
4.2 Paleoecología .....	64
4.3 Distribución en la columna .....	69
5 Análisis tafonómico .....	72
5.1 Fundamentos .....	72
5.1.1 Tafonomía y sesgo en el registro fósil.....	72
5.1.2 Concentraciones fósiles y su caracterización.....	73
5.1.3 Facies tafonómicas .....	78
5.1.4 Análisis paleoambiental de las concentraciones fósiles .....	78
5.2 Concentraciones fósiles y tafofacies en la Formación Lo Valdés.....	79
5.3 Análisis paleoambiental e interpretación .....	92
6 Discusión y conclusiones .....	99
6.1 Estratigrafía.....	99
6.2 Paleontología .....	101
6.3 Análisis tafonómico .....	103
7. Bibliografía .....	107
Anexo 1: Descripción de cortes transparentes .....	1 (Anexos)
Anexo 2: Descripción de muestras macroscópicas .....	24 (Anexos)

## Índice de figuras

Figura 1.1. Mapa de ubicación y rutas de acceso al área de estudio.....	3
Figura 1.2. Sección de la localidad tipo de la Formación Lo Valdés (70°02'52"W y 39°49'50"S).....	4
Figura 1.3. Diagrama de clasificación composicional para rocas volcánicas .....	6
Figura 1.4. Diagrama de clasificación para rocas piroclásticas .....	7
Figura 1.5. Diagrama de clasificación composicional de rocas silisiclásticas.....	7
Figura 1.6. Tabla de clasificación granulométrica de rocas silisiclásticas .....	8
Figura 1.7. Tabla de clasificación textural para rocas sedimentarias carbonáticas .....	8
Figura 1.8. Criterios de clasificación composicional para rocas sedimentarias carbonáticas.....	9
Figura 1.9. Criterios de esfericidad y redondez para granos .....	9
Figura 1.10. Simbología utilizada en las columnas estratigráficas de este estudio. ....	10
Figura 2.1. Evolución tectónica del margen occidental de Sudamérica desde el Cretácico hasta el Holoceno.....	17
Figura 2.2. Reconstrucción cinemática de la Placa de Nazca (Farallón) en dos puntos desde el Cretácico Superior al Holoceno. ....	17
Figura 2.3. Mapa de las unidades morfoestructurales presentes entre las latitudes 33° y 35°S, mostrando la ubicación de la localidad estudiada en este trabajo (Lo Valdés).....	19
Figura 2.4. Subdivisiones del ciclo tectónico Andino.....	20
Figura 2.5. Reconstrucción de la paleogeografía durante ambas subetapas del ciclo Andino I en Chile central, entre los 32°– 33°S .....	21
Figura 2.6. Distribución paleogeográfica durante la primera etapa del ciclo Andino, segunda sub-etapa (Jurásico Superior – Cretácico Inferior) .....	22
Figura 2.7. Panorámica de la ladera sur del valle del río Volcán en la localidad de Lo Valdés mostrando las unidades geológicas presentes.....	23
Figura 3.1. Trazado esquemático de la sección levantada en este trabajo. ....	26
Figura 3.2. Niveles de andesita porfídica pertenecientes a la Formación Baños Morales .....	28
Figura 3.3. Techo de la Formación Baños Morales en la localidad Lo Valdés (últimos 5 metros) .....	29
Figura 3.4. Miembro Escalador entre los metros 0 – 12.....	31
Figura 3.5. Miembro Escalador entre los metros 27 – 43.....	32

Figura 3.6. Miembro Escalador entre los metros 51 – 61 .....	33
Figura 3.7. Litologías observadas en los cortes transparentes correspondientes al Miembro Escalador .....	34
Figura 3.8. Columna del Miembro Escalador en la localidad de Lo Valdés.....	35
Figura 3.9. Dique andesítico entre los metros 74 – 95 .....	36
Figura 3.10. Miembro Placa Roja entre los metros 95 – 97. ....	37
Figura 3.11. Miembro Placa Roja entre los metros 97 – 196.....	38
Figura 3.12. Miembro Placa Roja entre los metros 196 – 240.....	39
Figura 3.13. Miembro Placa Roja entre los metros 255 – 286.....	41
Figura 3.14. Litologías observadas en los cortes transparentes correspondientes al Miembro Placa Roja .....	42
Figura 3.15. Columna del Miembro Placa Roja en la localidad de Lo Valdés .....	43
Figura 3.16. Miembro Cantera entre los metros 286 – 301 .....	44
Figura 3.17. Miembro Cantera entre los metros 286 – 376.....	45
Figura 3.18. Miembro Cantera entre los metros 376 – 421 .....	46
Figura 3.19. Miembro Cantera entre los metros 460 – 544 .....	48
Figura 3.20. Litologías observadas en los cortes transparentes correspondientes al Miembro Cantera.....	49
Figura 3.21. Columna del Miembro Cantera en la localidad de Lo Valdés .....	50
Figura 3.22. Unidad de brecha volcanoclástica.....	52
Figura 3.23. Columna total de la Formación Lo Valdés en su localidad tipo .....	53
Figura 4.1. Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés .....	59
Figura 4.2. Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés .....	60
Figura 4.3. Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés .....	61
Figura 4.4. Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés. ....	62
Figura 4.5. Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés .....	63
Figura 4.6. Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés .....	64
Figura 4.7. Ilustración de modos de vida epifaunales .....	66

Figura 4.8. Ilustración del modo de vida semi-infaunal .....	66
Figura 4.9. Ilustración de los modos de vida infaunal somero y profundo .....	67
Figura 4.10. Distribución de los taxones identificados en la columna de Lo Valdés.....	71
Figura 5.1. Procesos tafonómicos que actúan durante la transición de los restos biológicos al registro fósil (sin escala) .....	73
Figura 5.2. Rasgos y correspondientes parámetros de las concentraciones fósiles que son abordados en este trabajo con el objetivo de inferir información paleoambiental y paleoecológica .....	74
Figura 5.3. Tipos de orientación que pueden presentar los bioclastos en las concentraciones fósiles .....	76
Figura 5.4. Posibles geometrías que pueden formar las concentraciones fósiles.....	77
Figura 5.5. Tendencias batimétricas de los rasgos tafonómicos de una concentración fósil .....	79
Figura 5.6. Tafofacies Bfa (bivalvos altamente fragmentados en areniscas) y Tr (trigoniidos retrabajados).....	84
Figura 5.7. Tafofacies Or (ostras retrabajadas) y Blr (bivalvos infaunales retrabajados) .....	86
Figura 5.8. Tafofacies Bfd (bivalvos altamente fragmentados en diversas litologías) y OAr (ostras y anélidos retrabajados) .....	88
Figura 5.9. Tafofacies Bb (bivalvos con bioerosión e incrustación) y Bfc (bivalvos altamente fragmentados en calizas).....	90
Figura 5.10. Distribución de las tafofacies propuestas en la columna de Lo Valdés .....	91
Figura 5.11. Distribución ambiental de las tafofacies identificadas en este estudio según el modelo de Kidwell & Bosence (1991), complementado con datos litológicos y estudios previos.....	93
Figura 5.12. Transición paleoambiental propuesta para la localidad tipo de la Formación Lo Valdés, en base al análisis de tafofacies realizado .....	98

## Índice de tablas

Tabla 4.1. Listado de taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés (continúa en las tablas 4.2 y 4.3) .....	56
Tabla 4.2. Listado de taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés (continuación de la Tabla 4.1).....	57
Tabla 4.3. Listado de taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés (continuación de la Tabla 4.2).....	58
Tabla 4.4. Modos de vida propuestos para los taxones identificados en este estudio ...	68
Tabla 5.1. Caracterización de las concentraciones fósiles presentes en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés.....	80
Tabla 5.2. Caracterización de las concentraciones fósiles presentes en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés (continuación) .....	81
Tabla 5.3. Caracterización de las concentraciones fósiles presentes en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés (continuación) .....	82
Tabla 5.4. Correlación entre las escalas utilizadas por este trabajo y las propuestas en Kidwell & Bosence (1991) para ponderar los rasgos tafonómicos .....	92

# 1 Introducción

## 1.1 Problemática

La transición Jurásico – Cretácico se caracteriza por la ausencia de eventos distintivos que permitan establecer correlaciones a nivel global, lo que ha provocado la discusión internacional sobre la definición de un estratotipo para este límite o, equivalentemente, una base para el Berriasiano (Salazar 2012; Reboulet *et al.* 2018).

Diferentes enfoques son necesarios para resolver esta discusión, siendo la investigación bioestratigráfica una posible herramienta para profundizar en las posibles correlaciones faunísticas internacionales y así detectar cambios ambientales durante la transición Jurásico – Cretácico (Salazar 2012). Sin embargo, la fidelidad de la información biológica y paleoecológica contenida en el registro fósil puede ser alterada en diferentes medidas por la acción de procesos de modificación *post-mortem*, los que a su vez dejan en los restos orgánicos una impresión característica que refleja las condiciones paleoambientales a las que estuvieron sometidos durante su transición al registro fósil (Kidwell & Bosence 1991). Por esto, a través del estudio tafonómico de concentraciones fosilíferas es posible determinar los sesgos de la información paleoecológica obtenida por estudios bioestratigráficos, a la vez que permite realizar nuevas inferencias paleoambientales (Kidwell & Bosence 1991).

Esto se suma al interés internacional que ha presentado actualmente la sucesión Jurásico Superior – Cretácico Inferior en Chile, ya que esta transición se encuentra bien representada en los afloramientos la Formación Lo Valdés (Salazar 2012; Salazar & Stinnesbeck 2015; Reboulet *et al.* 2018). Por ello, este trabajo tiene la finalidad de generar información desde estos enfoques, aportando así nuevos antecedentes a la problemática desde una localidad con relevantes afloramientos continuos de la sucesión Jurásico tardío – Cretácico temprano como lo es la Formación Lo Valdés.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

El objetivo principal de este trabajo es el estudio de la transición Jurásico – Cretácico en Chile central mediante el análisis estratigráfico, taxonómico, tafonómico y paleoambiental de las concentraciones fosilíferas presentes en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés (*sensu stricto*, Salazar & Stinnesbeck 2015).

## 1.2.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos son:

- Estudio estratigráfico detallado de la localidad tipo de la Formación Lo Valdés.
- Identificación taxonómica de los invertebrados fósiles existentes en la sección.
- Caracterización de las concentraciones fósiles.
- Determinación de las tafofacies presentes.
- Interpretación del contexto paleoambiental de las tafofacies.

## 1.3 Hipótesis

Tomando en cuenta los enfoques de este trabajo, así como la base del conocimiento actual para la estratigrafía y paleontología de la Formación Lo Valdés (detallada más adelante), se plantea para este estudio la siguiente hipótesis:

“El análisis tafonómico de las concentraciones fosilíferas en la Formación Lo Valdés indica una transición ambiental durante el Jurásico Superior – Cretácico Inferior en Chile central que podría relacionarse a fenómenos globales”.

## 1.4 Ubicación y accesos

La zona de estudio se emplaza en la alta cordillera de la comuna de San José de Maipo (Región Metropolitana), en la zona denominada Cajón del Maipo, particularmente en la localidad de Lo Valdés. Esta localidad se encuentra en la ladera sur del valle del río Volcán, 70 kilómetros al sureste de la ciudad de Santiago, en las coordenadas 70°02'52" W y 39°49'50" S. La principal vía de acceso a la zona de estudio es el camino G-25 Santiago – San José de Maipo – Baños Morales (Biro 1964; Salazar & Stinnesbeck 2015) (Figura 1.1). El asentamiento más cercano es el pueblo de Baños Morales, ubicado en la ladera opuesta del valle a 5 kilómetros en vehículo de la localidad de Lo Valdés (Salazar 2012).



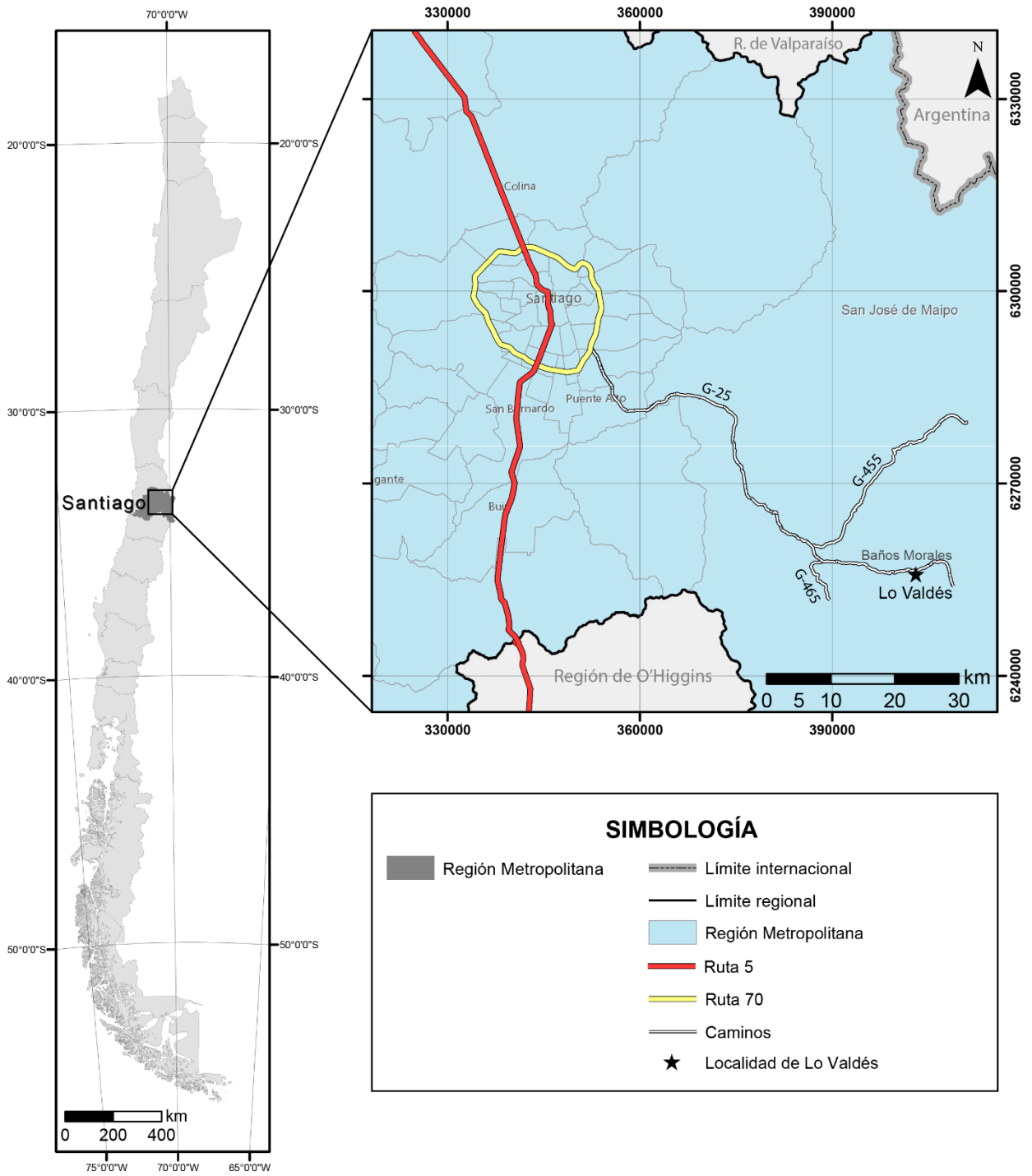
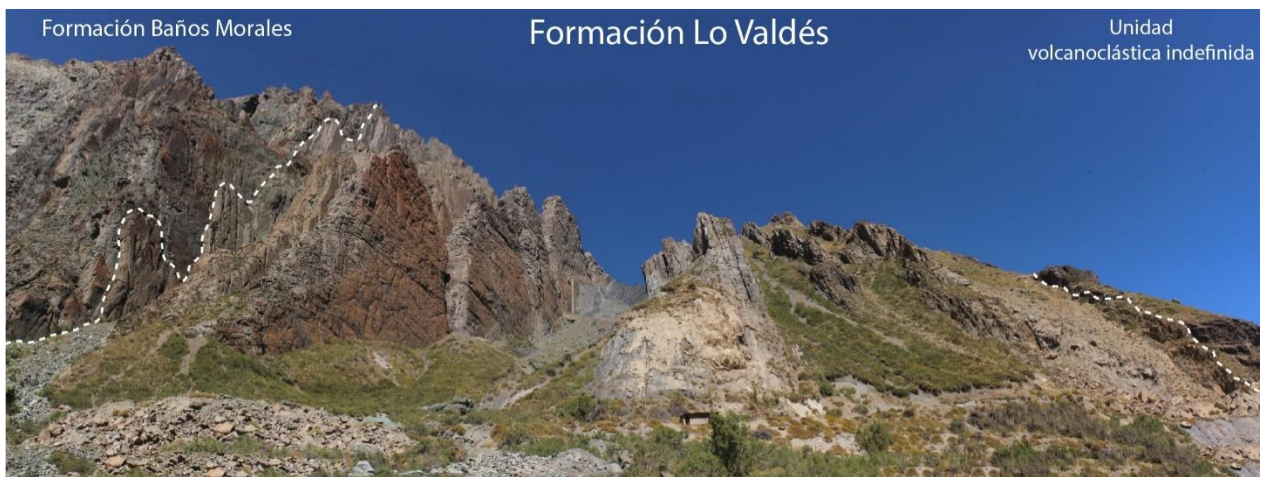


Figura 1.1. Mapa de ubicación y rutas de acceso al área de estudio.



**Figura 1.2.** Sección de la localidad tipo de la Formación Lo Valdés (70°02'52"W y 39°49'50"S). Las líneas segmentadas marcan los límites de la Formación Lo Valdés en su base y techo con la Formación Baños Morales y una unidad volcanoclástica indefinida, respectivamente.

## 1.5 Metodología

Este estudio comprende dos ejes principales: campaña de terreno y trabajo de gabinete. Estas etapas se describen a continuación.

### 1.5.1 Etapa de Terreno

El trabajo de terreno es realizado por siete días durante el mes de Marzo y dos días durante Octubre de 2018. Las labores generales consisten en la inspección *in situ* de la geología, paleontología y tafonomía presente a lo largo de la columna de la localidad tipo de la Formación Lo Valdés.

En la primera salida a terreno se realiza una descripción detallada de las litologías presentes a lo largo de la sección y se caracterizan las concentraciones fósiles observadas de acuerdo a sus rasgos sedimentológicos y estratigráficos, efectuando además una identificación taxonómica preliminar. En apoyo de estas descripciones se toman fotografías representativas de lo observado en cada punto, se extraen muestras de roca y se recolectan muestras fósiles de ejemplares *in situ* y *ex situ* para su identificación. La escala de detalle de los datos adquiridos es decimétrica a métrica.

La segunda salida a terreno tiene la finalidad de estudiar los rasgos tafonómicos de las concentraciones fósiles descritas en la primera salida, chequeando además la identificación taxonómica preliminar con el listado taxonómico obtenido luego del análisis de las muestras fósiles. Para el estudio tafonómico *in situ* se identifican previamente las

concentraciones fósiles que presentan características similares a lo largo de la columna y se elige un representante de cada grupo. En cada concentración representante se realiza (en terreno) un censo a aproximadamente 20 ejemplares para cuantificar sus rasgos tafonómicos de la siguiente manera: 1, Identificación taxonómica (basada en los taxones identificados en este trabajo); 2, Orientación (convexo hacia arriba/ convexo hacia abajo/ concordante/ vertical/ en posición de vida); 3, Articulación (articulado/ desarticulado/ bivalvo en mariposa/ indeterminada); 4, Fragmentación (entero: bivalvo o valva con tamaño >50% del tamaño original/ fragmento: bivalvo o valva con tamaño <50% del tamaño original); 5, Corrosión superficie externa/interna (sin alteración/ corrosión menor: es posible distinguir la ornamentación/ corrosión mayor: no presenta ornamentación); y 6, Bioerosión/Incrustación (sin bioerosión o incrustación/ con bioerosión o incrustación: debe cubrir >2% de la conchilla). Con los datos censados se calcula la magnitud de cada rasgo en la concentración de forma que un porcentaje <10% representa un grado muy bajo, un 10-30% un grado bajo, un 30-60% un grado moderado y >60% un grado alto.

## 1.5.2 Etapa de Gabinete

Esta etapa contempla el desarrollo de las cuatro temáticas principales de este trabajo: estratigrafía, paleontología, descripción tafonómica y análisis genético-paleoambiental. Cada una de estas labores fue realizada basándose en la literatura pertinente para su desarrollo, la cual es detallada en cada segmento. Complementario a esto, se utiliza el software ArcMap10.2.2, Photoshop CS6 y Adobe Illustrator CC 2017 para la confección de mapas, figuras y columnas. Como etapa final se procede a integrar toda la información obtenida para su posterior discusión y formulación conclusiones. A continuación se profundiza en la metodología aplicada para cada una de las principales temáticas de este estudio.

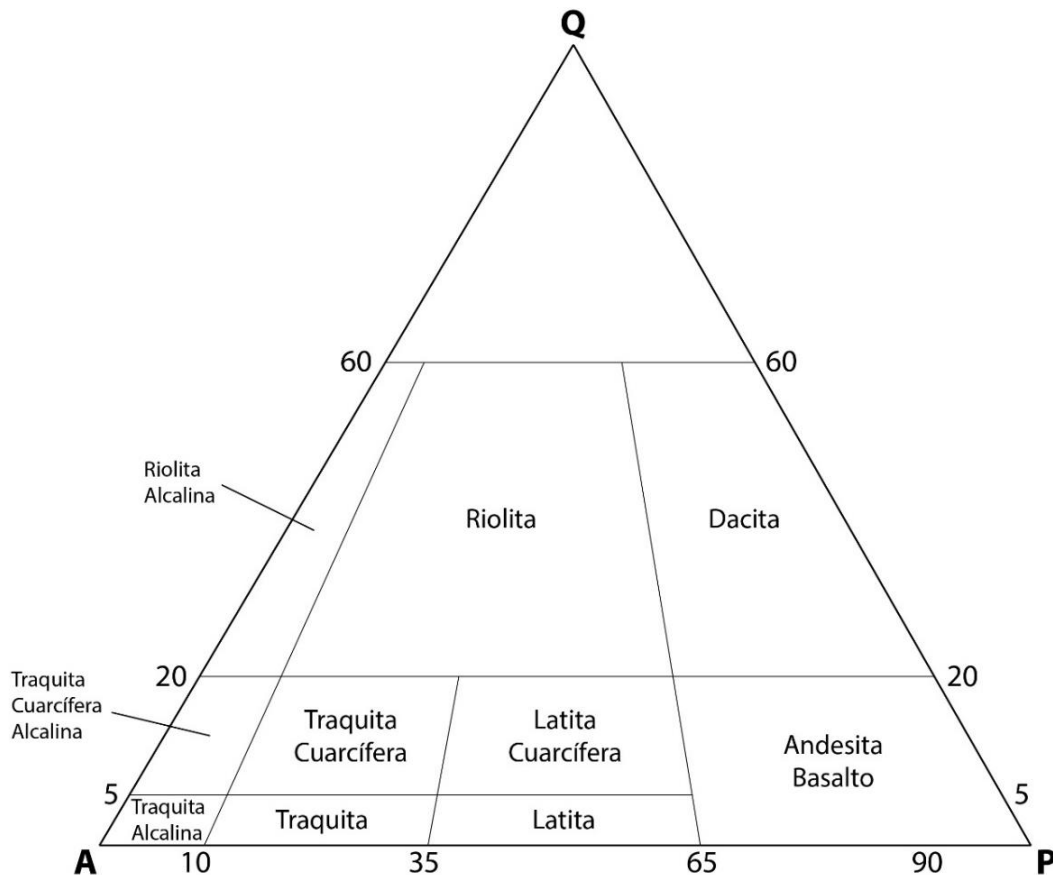
### 1.5.2.1 Estratigrafía

Se integran y resumen las observaciones litológicas realizadas en las diferentes unidades estudiadas, manteniendo el nivel de detalle a una escala decimétrica-métrica cuando fuera necesario. Esta información es complementada con el análisis en microscopio de 23 cortes transparentes de rocas extraídas de la zona de estudio (1 realizado durante este trabajo y 22 realizados por Salazar 2012), las cuales presentan sus metrajes de recolección bien detallados. En las unidades litológicas para las que no se cuenta con láminas delgadas se analizan muestras de roca extraídas *in situ* del afloramiento rocoso. Los análisis y descripciones, tanto de láminas delgadas como de muestras macroscópicas de roca, se realizan en base a las siguientes referencias:

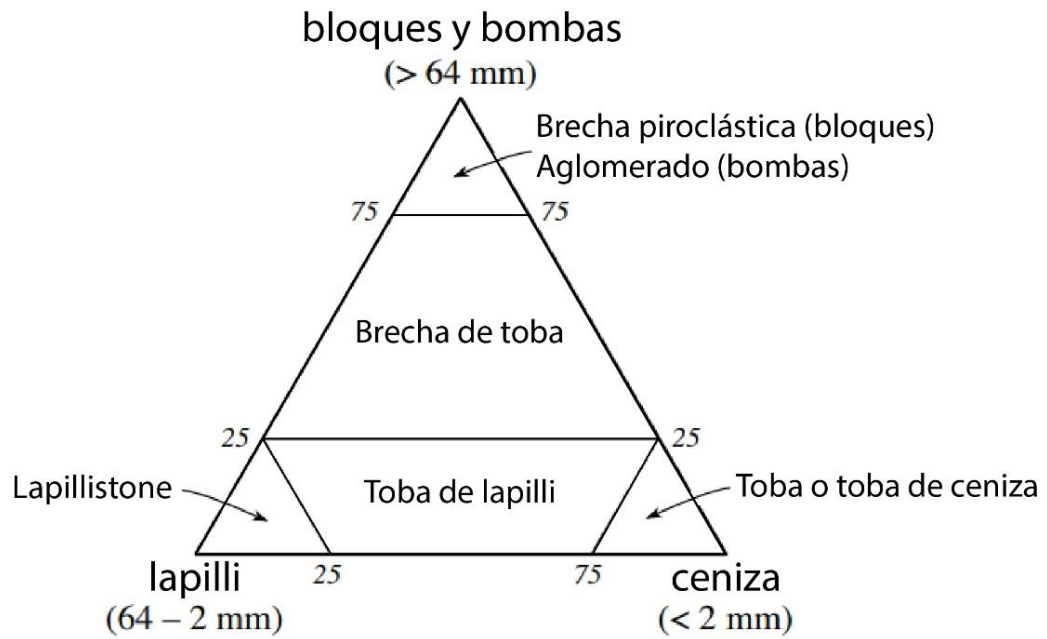
Para las rocas volcánicas se aplica la clasificación de Streckeisen (1979) (Figura 1.3). La nomenclatura de rocas piroclásticas se basa en lo propuesto por Le Maitre *et al.* (2002) (Figura 1.4). Las rocas sedimentarias silisiclásticas se clasifican de acuerdo a su

composición y granulometría, basándose en los esquemas expuestos en Hallsworth & Knox (1999) (Figura 1.5 y 1.6). Las rocas sedimentarias carbonáticas se clasifican respecto a su textura y composición de acuerdo con Wright (1992) y Folk (1962), respectivamente (Figura 1.7 y 1.8). En la descripción de los granos terrígenos presentes en los cortes transparentes se utilizan los criterios de esfericidad y redondez de Hallsworth & Knox (1999) (Figura 1.9). Para la identificación de los fósiles y aloquímicos presentes en las láminas delgadas se compara con lo ilustrado en Scholle & Ulmer-Scholle (2003).

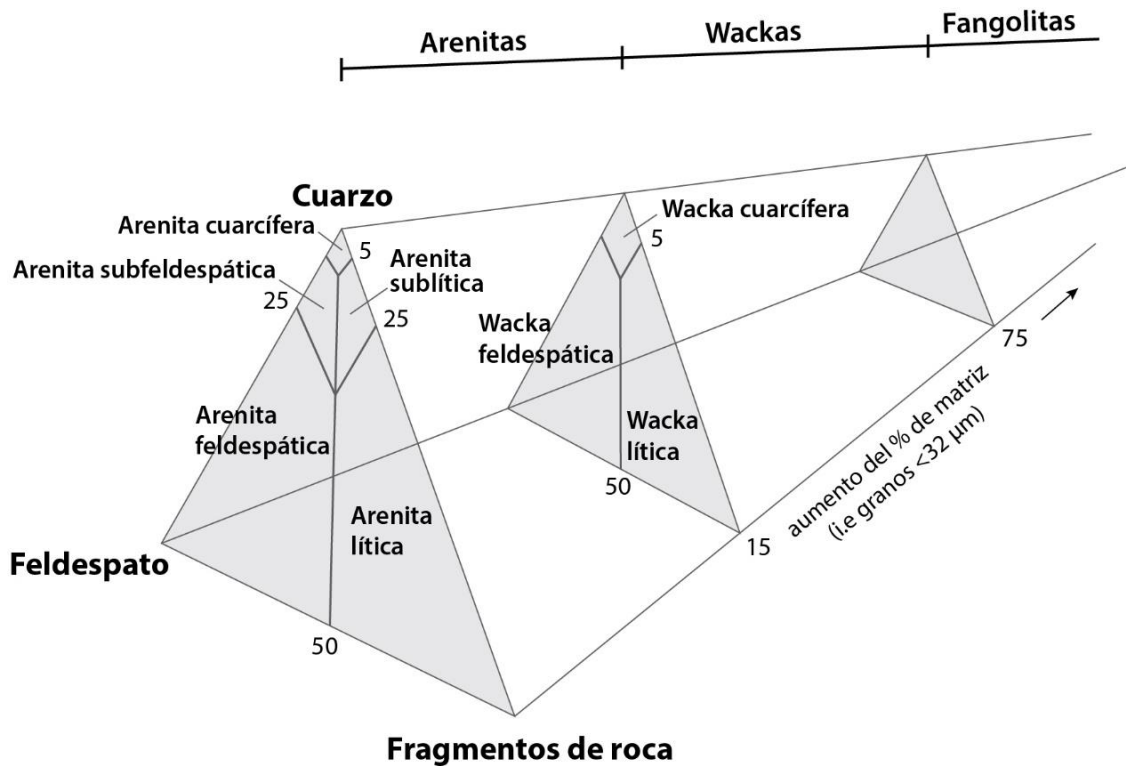
Por último, se realiza para cada miembro una columna estratigráfica reuniendo toda la información entregada, además de una columna resumen de toda la localidad tipo de la Formación Lo Valdés. El formato de las columnas estratigráficas está guiado por lo propuesto en Nichols (2009), mientras que las edades de referencia están basadas en Salazar (2012). La simbología utilizada en las columnas estratigráficas se muestra en la Figura 1.10.



**Figura 1.3.** Diagrama de clasificación composicional para rocas volcánicas. Traducido de Streckeisen (1979).



**Figura 1.4.** Diagrama de clasificación para rocas piroclásticas de acuerdo a su contenido de bloques, lapilli y ceniza. Traducido de Le Maitre *et al.* (2002).



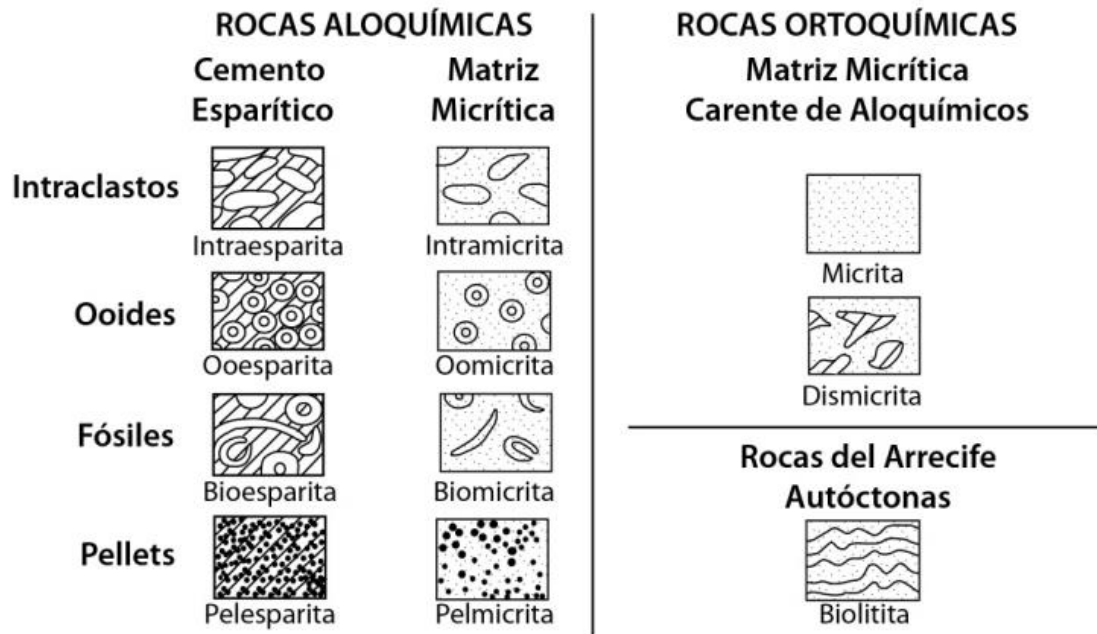
**Figura 1.5.** Diagrama de clasificación composicional de rocas siliciclásticas (traducido). Adaptado de Pettijohn *et al.* (1987) por Hallsworth & Knox (1999).

Unidad de phi	Tamaño del clasto o cristal en mm.	Clastos sedimentarios		Roca
-8	256	bloque	G	Conglomerado de bloques
		canto		Conglomerado de cantos
-6	64	guijarro	R	Conglomerado de guijarros
			A	
-4	16	guijarro	V	Conglomerado de guijarros
			A	
-2	4	gránulo		Conglomerado de gránulos
-1	2	arena muy gruesa		
0	1	arena gruesa	A	Arenisca muy gruesa
1	0.5 (1/2)	arena gruesa	R	Arenisca gruesa
2	0.25 (1/4)	arena media	E	Arenisca media
3	0.125 (1/8)	arena fina	N	Arenisca fina
5	0.032 (1/32)	limo	A	Limolita
			F	
8	0.004 (1/256)	arcilla	O	Lutita
			N	Fangolita

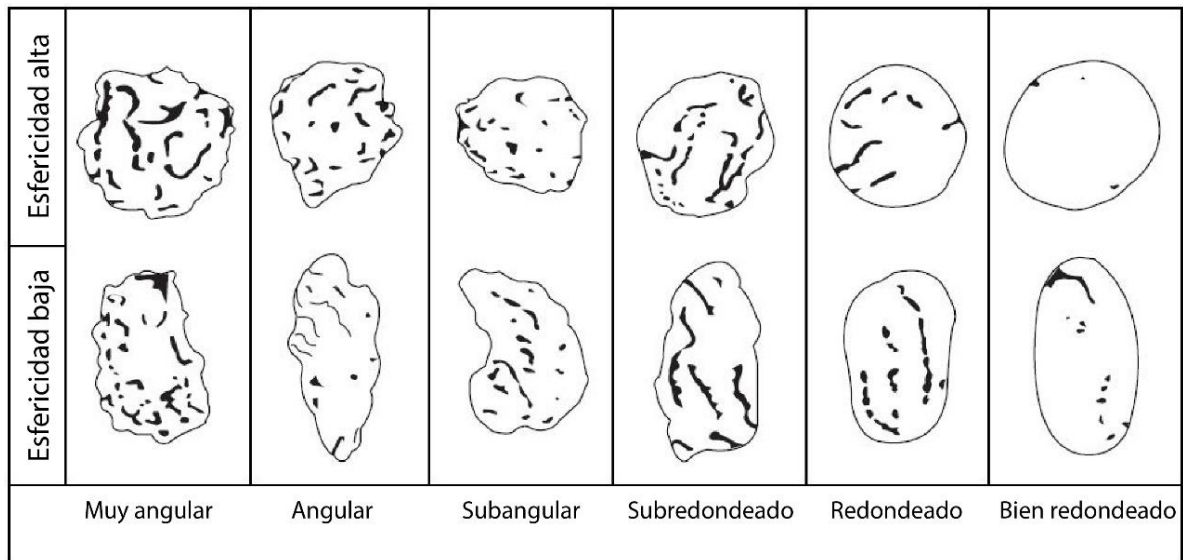
**Figura 1.6.** Tabla de clasificación granulométrica de rocas siliciclásticas. Adaptado y traducido de Hallsworth & Knox (1999) y Wentworth (1922).

DEPOSITIONAL				BIOLOGICAL			DIAGENETIC			
Matrix-supported (clay & silt grade)		Grain-supported		In situ organisms			Non-obliterative			Obliterative
<10% grains	>10% grains	With matrix	No matrix	Encrusting binding organisms	Organisms acted to baffle	Rigid organisms dominant	Main component is cement	Many grains contacts are microstylolites	Most grains contacts are microstylolites	Crystals >10 um
Calcimudstone	Wackestone	Packstone	Grainstone	Boundstone	Bafflestone	Framestone	Cementstone	Condensed grainstone	Fitted grainstone	Sparstone
	Floatstone	Rudstone								Crystals <10 um
Grains >2 mm										Microsparstone

**Figura 1.7.** Tabla de clasificación textural para rocas sedimentarias carbonáticas. Adaptado de Dunham (1962) por Wright (1992).



**Figura 1.8.** Criterios de clasificación composicional para rocas sedimentarias carbonáticas. Traducido por Maldonado (2016) de Folk (1962).



**Figura 1.9.** Criterios de esfericidad y redondez para granos. Traducido de Hallsworth & Knox (1999).




## Litologías

	Arenisca calcárea
	Fangolita
	Fangolita calcárea
	Caliza fangolítica
	Caliza arenosa
	Andesita
	Toba de lapilli / Brecha de toba

## Fósiles

	Fragmentos de conchillas
	Ostras
	Trigonias
	Amonites
	Bivalvos
	Gastrópodos
	Anélidos

## Límites

	Límite litológico
	Límite interno
	Intercalación de litologías

## Cortes Transparentes

• LVX-XX	Realizado por Salazar (2012)
◦ BM-755	Realizado por este trabajo

**Figura 1.10.** Simbología utilizada en las columnas estratigráficas de este estudio.



### 1.5.2.2 Identificación de taxones

Se asigna un código a cada muestra fósil considerando el miembro al que pertenece (*ES*: Escalador, *PR*: Placa Roja o *CN*: Cantera), el metraje en el cual fue recolectado (con respecto a la base de la Formación Lo Valdés) y el número del ejemplar respectivo a la cantidad de ejemplares recolectados en dicho metraje. Posterior a esto, los ejemplares son preparados en el laboratorio de Paleontología de la Universidad del Desarrollo mediante técnicas mecánicas y de *air pen*, con el objetivo de facilitar su análisis e identificación.

La identificación de cefalópodos se realiza con el apoyo del Dr. Christian Salazar y se basa en el trabajo de paleontología sistemática de amonites efectuado por Salazar (2012). Por otro lado, la identificación de bivalvos, gastrópodos y anélidos se desarrolla en conjunto con el Dr. Alfonso Rubilar tomando como referencia los trabajos de Weaver (1931), Biro (1964), Lazo (2004) y las descripciones taxonómicas entregadas en “*Treatise of Invertebrate Paleontology*” parte N, Bivalvia (capítulos de Cox *et al.* 1969 y Stenzel 1971), entre otros que serán citados respectivamente.

### 1.5.2.3 Tafofacies

En base a las características de las concentraciones fósiles presentes en la zona de estudio, especialmente sus rasgos tafonómicos, se identifican y describen las tafofacies presentes en cada una de ellas. La identificación de tafofacies se lleva a cabo de acuerdo a las definiciones entregadas por Brett & Speyer (1990) y Brett & Braid (1986).

### 1.5.2.4 Análisis paleoambiental e interpretación de tafofacies

Se utiliza el modelo propuesto por Kidwell & Bosence (1991) para determinar los paleoambientes que representan las tafofacies identificadas en la zona de estudio. Este modelo relaciona estilos de preservación particulares con diferentes ambientes sedimentarios marinos a lo largo de una sección costa adentro – costa afuera. Se entrega además una interpretación genética a cada tafofacie utilizando la información obtenida por el modelo, datos litológicos recopilados en este trabajo e interpretaciones paleoambientales propuestas por Lazo (2004), Kietzmann & Palma (2009) y Salazar (2012).

## 1.6 Trabajos anteriores

Diferentes autores han estudiado la transición Jurásico – Cretácico en Chile en las rocas de la Formación Lo Valdés (e.g Tavera 1951; Biro 1964; Hallam *et al.* 1986; Salazar 2012; Salazar & Stinnesbeck 2015). Estos estudios han abordado diferentes temáticas tales como estratigrafía, bioestratigrafía, paleofauna y paleoambiente (entre otras) y han instaurado la base del conocimiento en estas áreas. Sumado a esto, trabajos como Hallam *et al.* (1986), González (1963) y Biro (1964) han aportado a la correlación de la Formación Lo Valdés con rocas presentes en el territorio Argentino, particularmente con las unidades relacionadas al Jurásico Tardío – Cretácico Temprano de la cuenca Neuquina, la cual ha sido ampliamente estudiada desde perspectivas tanto geológicas como paleontológicas.

A continuación se describen los estudios más relevantes en Chile y Argentina para la problemática abordada en este trabajo.

### 1.6.1 Trabajos en la Formación Lo Valdés

A mediados del siglo XX, Tavera (1951) realiza un primer informe sobre materiales paleontológicos provenientes de la localidad de Lo Valdés, determinando 24 taxones correspondientes a 5 especies de amonites y 8 de bivalvos. En cuanto a ammonoideos, son identificados los taxones (tal como los documenta el autor) *Steuroceras subfasciatum* Steuer, *S. permulticostatum* Steuer, *S. lamellicostatum* Burk, *Berriasella keollikeri* Opp, *Spiticeras? tripartitus* Hupé, *Berriasella* sp., y *Lytoceras* sp. Por el lado de los bivalvos, se reconocen las especies *Trigonia picunensis* Weaver, *T. transitoria?* Steinn, *Anatina carteroni* D'Orb, *Pina quintucoensis* Weaver, *Panopaea dupiniana* D'Orb, *Pholadomya? saneta-crucis* Weaver, *P. elongata* Weaver, *Inoceramus labiatus cedroensis* Maury, *Eryphila* sp. 1 y 2, *Isocardia* sp. y *Perna* sp. De acuerdo al autor, la fauna de bivalvos identificada puede ser asignada al Cretácico, mientras que la fauna de amonites representa edades no concluyentes, pero acotadas al rango Titoniano superior – Neocomiano basal.

En un segundo informe, Tavera (1952) registra seis taxones de bivalvos (*Pholadomya elongata* Weaver, *Trigonia picunensis* Weaver, *Myoconcha valencianessi* Bay, *Isocardia* sp., *Eryphila* sp. 1 y 2), además de una especie de ammonoideo (*Spiticeras triplicatus* Hupé). Este último taxón sería el de mayor interés en la colección debido a su abundancia, junto con el género 'Steuroceras', en las capas "limitrofes" de Lo Valdés (Titoniano superior – "Infracretáceo").

González (1963), en sus observaciones geológicas del valle del Río Volcán, define a las rocas que afloran en la localidad de Lo Valdés como la Formación Lo Valdés, proponiendo a esta misma como su localidad tipo. Las litologías presentes son tanto de carácter

volcánico (andesitas y brechas) como sedimentario marino fosilífero, particularmente calizas finas, areniscas medias a gruesas, lutitas y areniscas calcáreas. El autor divide la formación en tres miembros, siendo los miembros inferior y superior de carácter transgresivo, mientras que el miembro medio es interpretado como de facies regresivas. Sus límites son concordantes en base y techo con las formaciones Río Damas y Colimapu, respectivamente. La potencia de la formación alcanzaría 1.800 metros en el sector de Lo Valdés, donde los estratos poseen un rumbo N10°E y manteo de 80°W, e incluiría un conjunto importante de brechas verdes y filones que representarían un 40% de la potencia total estimada. Las interpretaciones paleofaunísticas realizadas por Tavera (1951, 1952) anteriormente mencionadas, indicarían que esta formación representa edades de Titoniano Superior – Neocomiano o incluso Valanginiano. Por último, el paleoambiente de sedimentación correspondería a aguas poco profundas en los miembros inferior y superior, y a ambientes costeros en el miembro medio.

Biro (1964) realiza estudios paleofaunísticos en la Formación Lo Valdés, proponiendo una potencia de 1.456 metros en su localidad tipo y asignándola al lapso Titoniano inferior – Hauteriviano (o posible Barremiano) mediante la bioestratigrafía de ammonioideos. Este autor divide la formación en tres miembros: miembro de ‘espilitas’ (rocas basálticas muy alteradas, 762), miembro arenáceo (72 metros) y miembro calcáreo (622 metros). Las asociaciones faunísticas permiten interpretar un ambiente de depositación de mar poco profundo, con profundidades máximas de 350 metros. Por otro lado, se establece que la transgresión marina comienza durante el Titoniano inferior y que la regresión ocurre después del Hauteriviano. Por último, en este trabajo se determinan 59 especies de bivalvos, 59 especies de cefalópodos, 13 especies de gastrópodos, 5 especies de anélidos y 1 especie de equinoideos, formando 8 zonas faunísticas que son bien correlacionables con estudios previos realizados en Argentina.

Hallam *et al.* (1986) recopilan y discuten los estudios realizados con anterioridad en la transición Titoniano – Neocomiano en Chile, focalizándose principalmente en la Formación Lo Valdés. A partir de las 8 zonas estratigráficas definidas por Biro (1980), los autores interpretan 3 facies principales para esta unidad: 1. Calizas biosparíticas con espículas de *Rhaxella* y calizas arenosas (Titoniano); 2. Calizas biosparíticas con crinoideos y ostras; 3. Calizas y lutitas microsparíticas ricas en materia orgánica (Titoniano basal – Berriasiano a Hauteriviano). El análisis de estas facies permite determinar un ambiente de aguas neríticas poco profundas para las primeras dos facies y de aguas tranquilas más profundas con deficiencia de oxígeno para la tercera. Por otro lado, se compara la fauna y facies presentes en Lo Valdés con formaciones relacionadas de las cuencas Andina, Magallanes, Neuquén y Antártica occidental, además de regiones en Europa e Indo-África. De esta manera se pone en duda una afinidad faunística con Europa para edades del Jurásico Tardío – Cretácico Temprano y, en cambio, se propone una afinidad Indo-Africana en donde el control actuando sobre la distribución de la fauna y facies es principalmente batimétrico, influenciado por cambios globales del nivel del mar, y que a su vez interactúa con factores tectónicos relacionados a una cuenca de tras-arco.

Salazar (2012) realiza un estudio paleontológico, paleoecológico, bioestratigráfico y estratigráfico secuencial en cinco secciones de las formaciones Baños del Flaco y Lo Valdés, con la finalidad de precisar las edades y facies de depositación de dichas unidades, además de identificar eventos biológicos significativos a lo largo de la transición Jurásico – Cretácico. En la Formación Lo Valdés se determinan sistemáticamente 39 especies de ammonoideos pertenecientes a 22 géneros, en donde una de estas especies es un nuevo registro para la unidad (*Frenguelliceras magister*), 17 de ellas son registradas por primera vez en Chile (*Pterolytoceras exoticum*, *Aspidoceras rogoznicense*, *Micracanthoceras microcanthum*, *M. vetustum*, *Corongoceras lotenoense*, *C. mendozanum*, *Spiticerias acutum*, *S. pricei*, *S. spitiense*, *Groebericeras rocardi*, *Berriasella (Berriasella) jacobi*, *Malbosiceras malbosi*, *Chigaroceras bardensis*, *Tirnovella kayseri*, *Thurmaniceras thurmanni*, *Crioceratites perditum* y *Bochianites* sp.) y 4 son nuevas especies (*Lytohoplites paredesi* n. sp., *L. zambranoi* n. sp., *L. varelae* n. sp. y *L. rauloi* n. sp.). Un total de 6 biozonas de amonites son identificadas en la Formación Lo Valdés (Zona 1: *Micracanthoceras microcanthum* / *Corongoceras alternans*, Zona 2: *Substeueroceras koeneni*, Zona 3: *Thurmaniceras thurmanni* / *Argentiniceras fasciculatum*, Zona 4, Zona 5 y Zona 6: *Crioceratites diamantense*), permitiendo asignar a esta unidad una edad del Titoniano superior alto al Hauteriviano superior. Por último, el autor determina que la similitud faunística entre el Titoniano superior y el Berriasiano inferior es baja, lo que implica la existencia de importantes bioeventos entre estas edades.

Salazar & Stinnesbeck (2015) realizaron una re-definición de la Formación Lo Valdés, definida inicialmente por González (1963) y re-estudiada por Biro (1964, 1980). Esta formación se dividía informalmente en tres miembros: “Spilitas”, Arenáceo y Calcáreo, sin embargo la notable diferencia composicional que presentaba el miembro Spilitas respecto de las rocas que lo sobreyacían (miembros Arenáceo y Calcáreo) llevó a los autores a proponer la separación de éste de la Formación Lo Valdés, promoviénolo a la categoría de formación y nombrándolo como Formación Baños Morales, adecuándose al concepto establecido internacionalmente para una unidad litoestratigráfica. Así, la unidad “Formación Lo Valdés” se reserva para una sucesión sedimentaria fosilífera de edad Titoniano tardío - Hauteriviano tardío que sobreyace a una unidad predominantemente volcánica (Fm. Baños Morales). Se propone una potencia de 539 metros para la Formación Lo Valdés y la subdivisión de esta en tres miembros: Escalador, Placa Roja y Cantera. El miembro Escalador representa una unidad de areniscas calcáreas de grano fino de 73 metros de potencia. Por otro lado, el miembro Placa Roja presenta 193 metros de potencia y consiste en una intercalación de lutitas, lutitas calcáreas y calizas limosas. Por último, el miembro Cantera posee una potencia de 252 metros y está conformado por lutitas calcáreas y calizas limosas-arenosas. Los 21 metros restantes corresponden a un dique andesítico que corta tanto el tramo superior del Miembro Escalador como la parte basal del Miembro Placa Roja.

## 1.6.2 Trabajos en la cuenca Neuquina, Argentina

Lazo (2004) analiza la tafonomía y paleoecología de los depósitos fósiles presentes en tres secciones del miembro inferior de la Formación Agrio (cuenca Neuquina, Argentina). Estos depósitos contienen una fauna bentónica compuesta por 33 especies de bivalvos, tres especies de gastrópodos, dos especies de corales y dos especies de serpúlidos determinados sistemáticamente. De estos taxones, los corales, los gastrópodos, una especie de serpúlido y 7 especies de bivalvos son endémicas de la cuenca Neuquina, mientras que una especie de serpúlido y 11 especies de bivalvos presentan afinidades con la región del *Tethys*. De acuerdo a este autor, esta afinidad en los organismos de ambas regiones se produciría principalmente a través del transporte durante la fase larval planctónica cuando existía una conexión oceánica entre ellas. Por otro lado, las 15 especies restantes de bivalvos presentes en este miembro no muestran afinidades concluyentes con otras regiones, por lo que comparaciones con nuevos estudios en otras cuencas son necesarias. La fauna descrita es agrupada en 8 zonas asignadas a edades del Valanginiano superior y Hauteriviano inferior. Por último, el autor lleva a cabo estudios de litofacies, tafofacies y biofacies, los cuales son resumidos en trabajos posteriores (Lazo 2006 y 2007)

Lazo (2006) infiere el grado de mezcla temporal y espacial de la macrofauna de invertebrados (principalmente bivalvos y amonites) presente en el miembro Pilmatué (Valanginiano tardío) de la Formación Agrio en la zona central de la cuenca Neuquina, a través de la determinación de litofacies y tafofacies para este miembro. Las litofacies fueron definidas en función de las características litológicas y las estructuras sedimentarias presentes, en donde se determinó un modelo paleoambiental de *shoreface*-plataforma influido por tormentas sin la presencia de quiebres de pendiente hacia el offshore. Este modelo se divide en 5 litofacies agrupadas en 3 asociaciones principales: *shoreface*, zona de transición y plataforma media-externa. Utilizando los criterios tafonómicos y taxonómicos de trabajos anteriores, el autor determinó además un total de 9 tafofacies distribuidas a lo largo de las asociaciones, las cuales poseen en general poco transporte lateral y sólo en dirección hacia el *offshore*, además de una mezcla temporal que va desde asociaciones de censo (días-años) hasta asociaciones con un *time-averaging* de máximo 0.5 Ma.

Kietzmann & Palma (2009) realizan un estudio de tafofacies y biofacies para la Formación Vaca Muerta (Tithoniano inferior – Valanginiano superior) en la cuenca Neuquina, tomando en cuenta análisis previos de la macrofauna de invertebrados y microfauna (lámina delgada) presente. Se utilizan metodologías y clasificaciones tafonómicas propuestas en trabajos anteriores junto con datos estratigráficos y de tasas de sedimentación obtenidos por los autores para la Formación Vaca Muerta (Kietzmann 2007; Kietzmann & Palma 2008), determinándose así un total de 12 tafofacies y 10 biofacies diferentes en un modelo de rampa carbonática con 3 subambientes: Rampa media, Rampa externa y Cuenca.

## 2 Marco Geológico

En esta sección se detalla el contexto geológico general y local en cual se enmarca la zona de estudio, ubicada en la Cordillera de los Andes de Chile central, entre los 33° y 34°S. Para ello, se ahonda en el régimen geotectónico que domina en el margen occidental de Sudamérica, su evolución desde el Jurásico temprano, las morfologías hoy observables en el relieve de los Andes Centrales producto de estos mecanismos y, por último, en las características geológicas de las rocas estratificadas que influyen en el área de estudio.

### 2.1 Contexto geotectónico

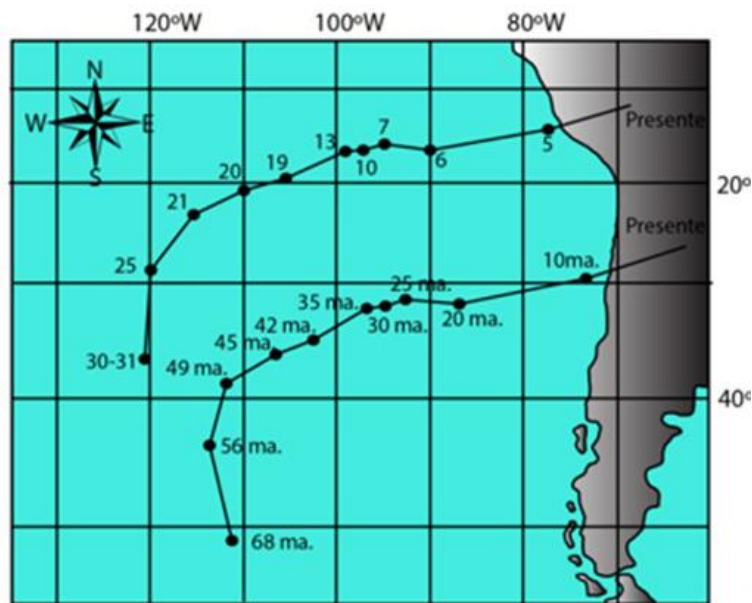
El margen occidental de Sudamérica presenta un extenso registro marcado por diferentes episodios de acreción y subducción que tuvieron lugar desde el Paleozoico hasta el Holoceno y que están relacionados a mecanismos globales de evolución de supercontinentes: separación de Pangea y formación/ruptura de Gondwana (Mpodozis & Ramos 1989; Charrier *et al.* 2007). Entre el Paleozoico y el Triásico la acreción de terrenos es el mecanismo dominante, mientras que la evolución posterior al Triásico se puede describir como erosional producto de procesos de subducción y está caracterizada por el retrocorrimiento del margen continental y del arco magmático hacia el este (Charrier *et al.* 2007). Si bien el proceso tectónico de subducción-erosión ha estado presente de forma continua (al menos) desde el Jurásico (Mpodozis & Ramos 1989), los factores que componen a su vector de convergencia (tasa y ángulo de convergencia), así como las placas que subductan bajo el continente han variado a lo largo del Mesozoico-Cenozoico hasta dar lugar a la conformación actual (Pardo-casas & Molnar 1987; Zonenshayn *et al.* 1984) (Figuras 2.1 y 2.2).

De esta manera, el margen occidental de Sudamérica representa en la actualidad un sistema activo caracterizado por la subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. En Chile esta convergencia presenta un ángulo principalmente perpendicular hacia el norte de la península de Taitao (47°S), mientras que hacia el sur de dicha latitud el ángulo se torna progresivamente oblicuo al margen continental, llegando a ser paralelo en Chile meridional (Charrier *et al.* 2007). Esta variación en el ángulo de convergencia tiene su origen en la existencia de un punto triple (punto triple de Taitao), producto de la subducción de la dorsal Chilena (límite entre las placas de Nazca y Antártica) bajo la placa Sudamericana (Charrier *et al.* 2007). Sumado a esto, la subducción del *ridge* de Juan Fernández bajo el continente en Chile central provoca la disminución del manteo de subducción (en general entre 25 y 30° al norte de los 47°S) hacia una subducción de *flat slab* con manteo <10° entre los 28 – 33°S, reconociéndose así dominios con diferentes tipos de subducción a lo largo del margen chileno (Pardo *et al.* 2002).

La zona de estudio se enmarca en la región comprendida entre los 33 y 34°S, que corresponde a una zona de transición entre un dominio de subducción plana y una subducción de tipo normal (chilena), produciéndose un fuerte cambio de manteo entre estas latitudes (Pardo *et al.* 2002; Giambiagi 2003).



**Figura 2.1.** Evolución tectónica del margen occidental de Sudamérica desde el Cretácico hasta el Holoceno. Modificado por Quiroga (2013) de Zonenshayn *et al.* (1984).



**Figura 2.2.** Reconstrucción cinemática de la Placa de Nazca (Farallón) en dos puntos desde el Cretácico Superior al Holoceno. Modificado por Quiroga (2013) de Pardo-Casas & Molnar (1987).

## 2.2 Unidades morfoestructurales

La cordillera de los Andes ha sido objeto de interés científico a lo largo de la historia de las ciencias geológicas, lo que ha motivado el estudio de sus características dentro de toda su extensión (Gansser 1973). En base a observaciones geológicas, morfológicas y estructurales, Gansser (1973) divide a la cordillera de los Andes en tres secciones: Andes Septentrionales (Colombiano-Venezolanos), ubicados hacia el norte de la dorsal de

Carnegie-Galápagos; Andes Meridionales (Patagónicos) hacia el sur de los 47°S, donde se emplaza la dorsal Chilena; y los Andes Centrales (Chileno-Peruanos), ubicados entre ambos límites anteriores. Este autor establece además la subdivisión de los Andes Centrales en secciones norte y sur, separadas por la dorsal de Nazca. De este modo, los Andes chilenos se conforman por los Andes Meridionales y parte de la sección sur de los Andes Centrales (Charrier *et al.* 2007).

Considerando ahora una escala más detallada, dentro del Orógeno Andino chileno es posible diferenciar diversas unidades morfoestructurales que se distribuyen de forma paralela al cordón cordillerano. Estas unidades presentan continuidad en los segmentos entre las latitudes 18° – 27°S y 33° – 46°S, siendo interrumpidas en las regiones en donde la dorsal de Juan Fernández y la dorsal Chilena subductan bajo el continente, tanto entre los 27 – 33°S como al sur del punto triple de Taitao, respectivamente (Charrier *et al.* 2007). En particular, entre los 33° y 35°S el relieve andino muestra cuatro dominios morfoestructurales bien desarrollados, descritos de oeste a este como: Cordillera de la Costa, Depresión Central, Cordillera Principal y Cordillera Frontal (Charrier & Muñoz 1994; Giambiagi 2003) (Figura 2.3). Dentro de dichas latitudes, las morfoestructuras presentan rocas y depósitos del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, pudiéndose reconocer diferentes evoluciones estratigráficas (Charrier & Muñoz 1994).

La Cordillera de la Costa está constituida por una sucesión mesozoica de potencia superior a 10.000 metros que yace sobre basamento cristalino de edades paleozoicas (Charrier & Muñoz 1994). Las rocas mesozoicas representan principalmente depósitos volcánicos, volcanoclásticos y detríticos, pero también se disponen rocas sedimentarias de origen marino con registro de fósiles (Charrier & Muñoz 1994). De acuerdo a Farías *et al.* (2008), la Cordillera de la Costa puede ser dividida en un dominio oriental y occidental. El primer dominio corresponde a un basamento Paleozoico-Jurásico cubierto por sucesiones estratificadas cenozoicas, mientras que en el segundo el basamento subyace a depósitos marinos del Mioceno tardío al Holoceno. En cuanto a su morfología, esta unidad presenta una altura máxima de 2.100 m s.n.m., la cual disminuye hacia el sur de los 33°S llegando hasta los 1.000 m s.n.m. (Farías *et al.* 2008).

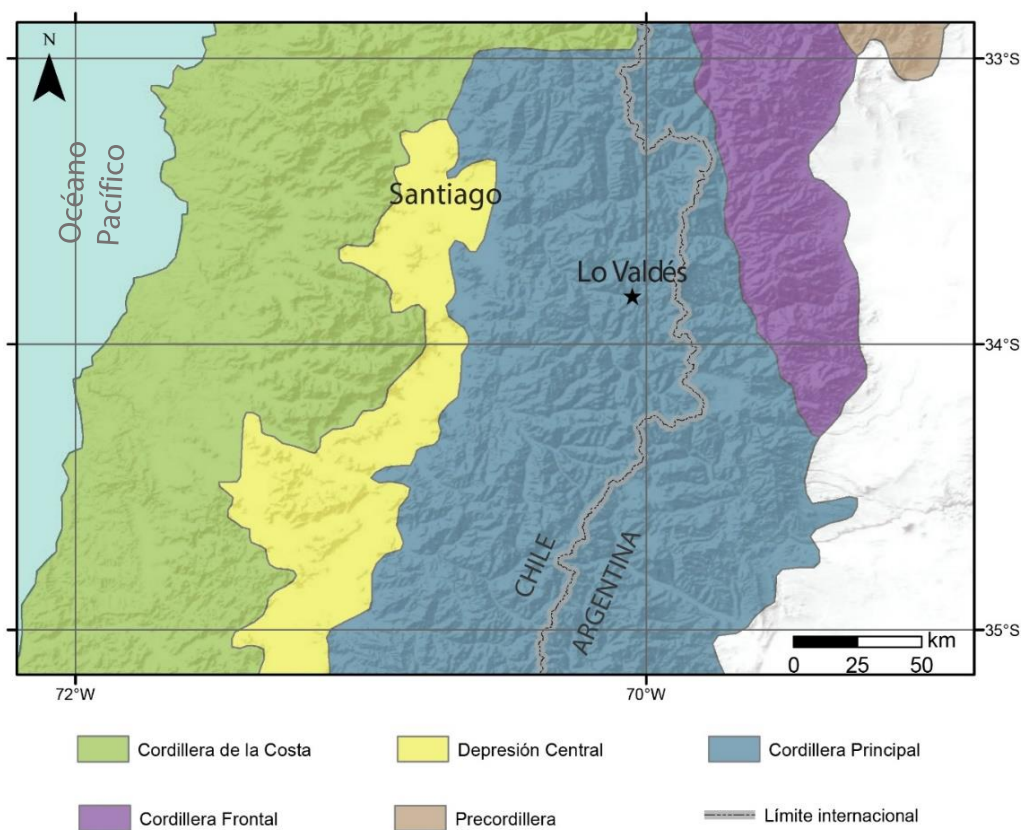
La Depresión Central consiste en una cobertura de depósitos sedimentarios e ignimbríticos asignados al Cuaternario, dispuestos sobre rocas pertenecientes al Mesozoico y Cenozoico temprano (Farías *et al.* 2008). Dicha cobertura presenta su espesor máximo en el valle de Santiago, alcanzando 500 metros de potencia (Araneda *et al.* 2000). Esta morfoestructura es reconocible desde los 33°S hasta los 40°S y tiene su origen como consecuencia de la erosión producida por una red de drenaje posteriormente rellenada por material sedimentario y volcánico (Farías *et al.* 2008).

La Cordillera Principal es dividida en los dominios oriental, central y occidental (Farías *et al.* 2008). El dominio oriental está conformado principalmente por sucesiones mesozoicas deformadas, las cuales están compuestas por intercalaciones de rocas detríticas y volcánicas (formaciones Río Damas, Baños Morales y Colimapu) con rocas de origen



marino (formaciones Río Colina, Nacientes del Teno, Baños del Flaco y Lo Valdés), en donde las últimas representan episodios de transgresión-regresión dentro del Mesozoico (Charrier & Muñoz 1994; Salazar & Stinnesbeck 2015). Por otro lado, los dominios central y occidental están compuestos por unidades cenozoicas pertenecientes a las formaciones Abanico (Eoceno – Mioceno Inferior) y Farellones (Mioceno Medio-Superior) (Farías *et al.* 2008). Si bien el dominio occidental presenta un alto grado de deformación únicamente en su flanco oeste, los dominios central y oriental constituyen una faja plegada y corrida, presentando importante deformación en todo el dominio (Farías *et al.* 2008). Respecto a su morfología, esta unidad presenta una alta elevación en comparación con las morfoestructuras anteriormente mencionadas, alcanzando alturas sobre los 6.000 m s.n.m. (Quiroga 2013).

Por último, la Cordillera Frontal es la morfoestructura ubicada más al oriente de las presentes en el área de estudio y está conformada por un basamento de rocas intrusivas y metamórficas con edades pre-Jurásico (Farías *et al.* 2008). Este basamento aflora en el sector del Cordón de Portillo, en donde se observan rocas metamórficas proterozoicas, lutitas negras carboníferas (Formación Alto Tunuyán), granitoides del Paleozoico tardío y volcanitas Permo-triásicas del Grupo Choiyoi (Giambiagi 2003).



**Figura 2.3.** Mapa de las unidades morfoestructurales presentes entre las latitudes 33° y 35°S, mostrando la ubicación de la localidad estudiada en este trabajo (Lo Valdés). Modificado de Charrier & Muñoz (1994).

## 2.3 Evolución geológica

La génesis de las unidades presentes en el área de estudio es asignada al ciclo tectónico Andino, que tiene su inicio en el Jurásico Inferior tardío y que se mantiene continuo hasta el Holoceno. Este ciclo tectónico se caracteriza por la reactivación de la subducción en el margen occidental de Gondwana luego del cese de ésta en el ciclo Pre-Andino (Charrier *et al.* 2007). Basándose en cambios mayores en la paleogeografía, estos autores dividen el ciclo Andino en tres etapas (I, II y III) y subdividen las dos primeras en dos subetapas, respectivamente (Figura 2.4). Así, el periodo de interés para este trabajo (límite Jurásico - Cretácico) se enmarca en la primera etapa, segunda sub-etapa del ciclo Andino (Kimmeridgiano-Titoniano hasta el Albiano).

### ANDEAN TECTONIC CYCLE

STAGES	SUBSTAGES	AGE
Third Stage		Late Paleogene to Present
Second Stage	Second Substage	Early Paleogene (Paleocene-Early Eocene)
	First Substage	late Early Cretaceous to Late Cretaceous
First Stage	Second Substage	Kimmeridgian-Tithonian to Albian
	First Substage	late Early Jurassic to Kimmeridgian

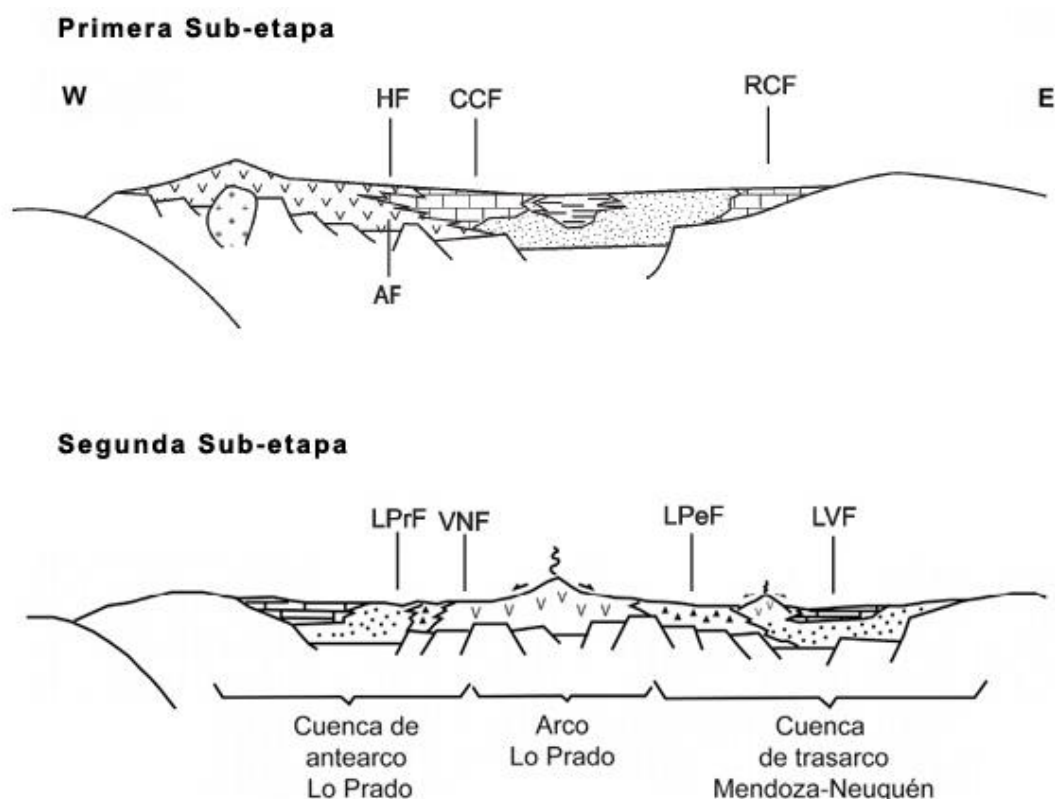
**Figura 2.4.** Subdivisiones del ciclo tectónico Andino. Tomado de Charrier *et al.* (2007).

La primera etapa del ciclo Andino se caracteriza, al norte de los 39°S, por el desarrollo de un arco magmático con orientación norte-sur a lo largo de la actual Cordillera de la Costa y una cuenca de tras-arco al este de ella, producida por las condiciones extensionales de la subducción. Las rocas formadas durante esta etapa, producto de la intensa actividad magmática en el arco y la abundante sedimentación en la cuenca de tras-arco, presentan en general continuidad estratigráfica con rocas del ciclo previo (pre-Andino) e inconformidad con las rocas de la etapa posterior del ciclo Andino. A su vez existe una clara (sin embargo continua) transición entre los depósitos de tras-arco producidos en ambas subetapas del ciclo Andino I, en donde es posible diferenciar dos eventos transgresivos-regresivos que tuvieron lugar cada uno en una subetapa (Charrier *et al.* 2007).

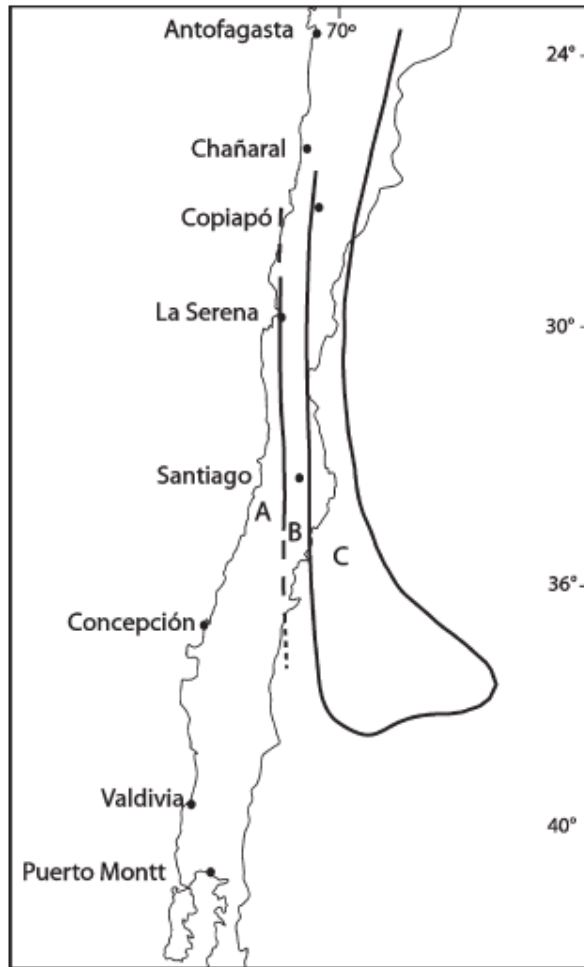
Mientras que en la primera subetapa del ciclo Andino I la paleogeografía en Chile central (30°– 39°S) está representada por el arco magmático ubicado en la línea de costa y la cuenca de tras-arco desarrollándose hacia el Este, durante la segunda subetapa ambas morfologías migraron al oriente, permitiendo el desarrollo de una cuenca de ante-arco. De esta manera, la paleogeografía durante la segunda subetapa viene dada (de oeste a este) por la cuenca de ante-arco Lo Prado, ubicada en el sector oriental de la actual Cordillera de la Costa; el arco volcánico de Lo Prado; y la cuenca de tras-arco Mendoza-

Neuquén, emplazada en la actual Cordillera Principal (Charrier *et al.* 2007; Jara & Charrier 2014). Sumado a esto, Jara & Charrier (2014) establecen la presencia de actividad volcánica dentro de la cuenca de tras-arco, aunque con un menor volumen que el arco y en zonas alejadas de este (Figura 2.5). De acuerdo a estos autores, dicha actividad volcánica formaría intercalaciones con las secuencias marinas de este depocentro.

La cuenca de Mendoza-Neuquén se desarrolla de forma continua desde el sur de Perú hasta los 42°S mientras se curva gradualmente hacia el sureste y posee su ancho máximo al sur de Santiago, extendiéndose hasta el territorio argentino (Figura 2.6). Dentro del sector oriental de esta cuenca, a la latitud de Santiago, se depositan los sedimentos que componen a las formaciones de Lo Valdés y Baños del Flaco durante un ciclo de transgresión-regresión marina (Charrier *et al.* 2007)



**Figura 2.5.** Reconstrucción de la paleogeografía durante ambas subetapas del ciclo Andino I en Chile central, entre los 32°– 33°S. **AF:** Formación Ajjal; **CCF:** Formación Cerro Calera; **HF:** Formación Horqueta; **LPeF:** Formación Los Pelambres; **LPrF:** Formación Lo Prado; **LVF:** Formación Lo Valdés; **RCF:** Formación Río Colina; **VNF:** Formación Veta Negra (Charrier *et al.* 2007 y Jara & Charrier 2014).



**Figura 2.6.** Distribución paleogeográfica durante la primera etapa del ciclo Andino, segunda sub-etapa (Jurásico Superior – Cretácico Inferior). **A:** Cuenca Lo Prado (ante-arco); **B:** Arco Volcánico Lo Prado-Pelambres; **C:** Cuenca Mendoza-Neuquén (Charrier *et al.* 2007).

## 2.4 Rocas estratificadas

Las rocas que afloran en las laderas norte y sur del valle del río Volcán, en el sector de Lo Valdés, corresponden a sucesiones volcánicas, volcanoclásticas y sedimentarias de origen marino. Debido a la intensa deformación que presentan estas rocas, los estratos que afloran en la localidad de estudio se disponen de manera subvertical con manteos hacia el Oeste, cortando de forma casi perpendicular al valle del río Volcán (Gonzalez 1963). De acuerdo a bibliografía, las unidades geológicas presentes en la zona de estudio son (de base a techo): Formación Baños Morales, Formación Lo Valdés y una unidad volcanoclástica indefinida (Salazar 2012, Salazar & Stinnesbeck 2015) (Figura 2.7).



Formación Baños Morales
  Formación Lo Valdés
  Unidad volcanoclástica indefinida

**Figura 2.7.** Panorámica de la ladera sur del valle del río Volcán en la localidad de Lo Valdés mostrando las unidades geológicas presentes. Basado en Salazar & Stinnesbeck (2015).

#### 2.4.1 Formación Baños Morales (Titoniano temprano a medio)

La Formación Baños Morales es definida por Salazar & Stinnesbeck (2015) en remplazo del miembro “Spilitas” definido por Biro (1964) como la subunidad basal de la Formación Lo Valdés. Estos autores sitúan su localidad tipo al sur del pueblo de Baños Morales, en las coordenadas  $70^{\circ}02'57''W$  y  $33^{\circ}49'41''S$ . La Formación Baños Morales tiene una potencia de 760 metros en su localidad tipo y presenta límites concordantes tanto en su base como en su techo, sobreyaciendo a la Formación Río Damas y subyaciendo a la Formación Lo Valdés. Respecto a su litología, la unidad es predominantemente volcánica con intercalaciones de restringidos niveles sedimentarios y se subdivide en dos miembros: La Cuesta y Placa Verde (Salazar & Stinnesbeck 2015). En base a la asociación de amonites, Biro (1964) determina la edad de esta unidad como Titoniano temprano a medio.

El miembro La Cuesta representa la base de la formación y está constituido por 117 metros de rocas volcánicas (generalmente andesita) intercaladas con niveles sedimentarios de calizas fangolíticas con potencias decimétricas a métricas. Dentro de los niveles sedimentarios de este miembro es posible identificar fósiles de bivalvos, amonites e inocerámidos. Por otro lado, el miembro Placa Verde presenta 643 metros de potencia (constituyendo el techo de la formación) y está formado casi en su totalidad por andesitas porfídicas con matriz cloritizada y alteración sericítica. Un único nivel sedimentario es observado en el miembro Placa Verde entre los metros 637 y 653, el cual presenta conglomerados, areniscas calcáreas, calizas fangolíticas y calizas arenosas (Salazar & Stinnesbeck 2015). Biro (1964) documenta la presencia de amonites, inocerámidos, ostras, trigonias y otros bivalvos en este nivel sedimentario.



Los niveles volcánicos de esta formación son interpretados por Biro (1964) como el producto de flujos submarinos de lava, en base a las frecuentes estructuras tipo *pillow* observadas. Además, Salazar & Stinnesbeck (2015) interpretan el ambiente de depositación de los niveles sedimentarios, ubicándolos en una zona entre el nivel base de olas de tormenta y la rampa interna durante un evento transgresivo.

#### **2.4.2 Formación Lo Valdés (Titoniano tardío – Hauteriviano tardío)**

Previo a su definición, Tavera (1951, 1952) realizaron estudios en las calizas y lutitas presentes en la quebrada de Lo Valdés. Luego, basándose en sus observaciones del valle del río Volcán, Gonzalez (1963) definió formalmente a estas sucesiones como Formación Lo Valdés y entregó un análisis detallado de la estratigrafía que presenta. De acuerdo a este autor, la potencia de la Formación Lo Valdés alcanza 1.800 metros en su localidad tipo y las litologías presentes serían tanto de carácter sedimentario marino como volcánico, representando esta última litología un 40% de la potencia total. Los límites de esta formación son concordantes en base y techo con las formaciones Río Damas y Colimapu (respectivamente) y los estratos se encuentran dispuestos de manera subvertical con un manteo de 80°W y un rumbo de N10°E en la localidad tipo (González 1963).

Biro (1964) estudia la estratigrafía y paleofauna de la Formación Lo Valdés, proponiendo una potencia de 1.456 metros en su localidad tipo y asignándola al periodo desde el Titoniano Inferior al Hauteriviano (o posible Barremiano). En este trabajo la Formación Lo Valdés es subdividida en tres miembros: Spilitas (762 metros), Arenáceo (72 metros) y Calcáreo (622 metros). Por último, el autor interpreta un ambiente de depositación de mar poco profundo (con profundidades máximas de 350 metros) y establece el comienzo de una transgresión marina durante el Titoniano Inferior, mientras que una regresión marina ocurriría después del Hauteriviano.

Posteriormente, Salazar & Stinnesbeck (2015) realizan una redefinición de la Formación Lo Valdés respecto a lo propuesto por autores anteriores. Como consecuencia de ello, el miembro de carácter volcánico “Spilitas” propuesto por Biro (1964) es separado de la Formación Lo Valdés, definiéndolo como Formación Baños Morales. Así, la unidad Formación Lo Valdés (*sensu stricto*) queda descrita como una sucesión netamente sedimentaria con una potencia de 539 metros en su localidad tipo (emplazada por estos autores en las coordenadas 70°02'52” W y 39°49'50” S) y es subdividida en tres miembros de acuerdo a sus características litológicas distintivas: Miembro Escalador, Miembro Placa Roja y Miembro Cantera. El Miembro Escalador (miembro basal) se constituye por una sucesión de 73 metros de areniscas calcáreas. Sobreyaciendo a éste se encuentra el Miembro Placa Roja, que alcanza 193 metros de potencia y consiste en una intercalación de lutitas, lutitas calcáreas y calizas limosas. Por último, el Miembro Cantera representa el miembro superior, posee una potencia de 252 metros y está conformado por lutitas calcáreas, además de calizas limosas y arenosas. Se incluye en la potencia total de la Formación Lo Valdés un dique andesítico de 21 metros de potencia

que se corta tanto el tramo superior del Miembro Escalador como el tramo basal del Miembro Placa Roja.

De acuerdo a Salazar & Stinnesbeck (2015), la Formación Lo Valdés presenta límites concordantes en base y techo, sobreyaciendo a la Formación Baños Morales y subyaciendo a una unidad volcánoclastica indefinida. El ambiente de sedimentación es interpretado como un ambiente marino que va desde la rampa interna hasta la rampa externa. En base al estudio de la asociación de amonites realizado por Salazar (2012), se asigna a la Formación Lo Valdés a un rango de edad Titoniano tardío – Hauteriviano tardío.

### **2.4.3 Unidad volcánoclastica indefinida**

Un nivel de brecha volcánoclastica sobreyace a la Formación Lo Valdés en su localidad tipo de manera concordante. Esta brecha presenta un espesor visible de 100 metros y se conforma mayormente por clastos angulares de caliza fangolítica (Salazar & Stinnesbeck 2015).

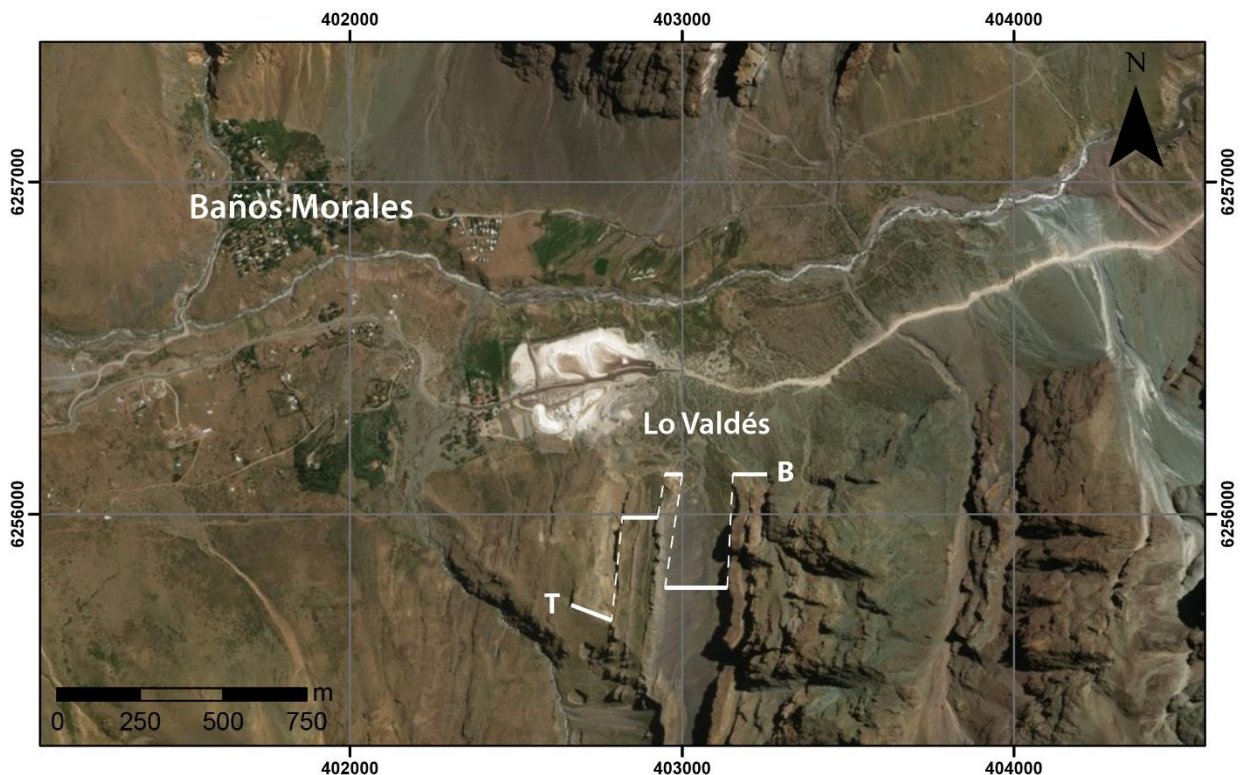
Existe controversia respecto al origen de esta unidad litológica. Trabajos anteriores (González 1963; Biro 1964) consideraron a este nivel de brecha como parte del techo de la Formación Lo Valdés, mientras que Godoy *et al.* (1988) lo interpretan como parte de la base de la Formación Colimapu. Fock (2005), en cambio, sugiere que esta unidad representa una brecha de falla producto de la actividad del sistema de El Diablo – El Fierro. Por otro lado, Aguirre *et al.* (2009) realiza dataciones de  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  en plagioclasas y U-Pb en circones de rocas extraídas en la base de esta unidad, cerca del límite con la Formación Lo Valdés, indicando edades miocenas. Esto posibilitaría la atribución de esta unidad de brecha a la Formación Abanico, la cual se dispondría en contacto discordante con la Formación Lo Valdés producto de la acción de fallas, episodios erosivos o *hiatus* (Aguirre *et al.* 2009; Mardones 2016). Por último, Salazar & Stinnesbeck (2015) proponen a esta brecha como una unidad litoestratigráfica en sí, nombrándola informalmente como unidad volcánoclastica indefinida.

### 3 Estratigrafía

Con el objetivo de conocer las características litológicas presentes en el área de estudio, se levanta una columna estratigráfica de detalle con orientación aproximada E-W en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés. Esta columna inicia en los metros finales de la Formación Baños Morales, recorre la Formación Lo Valdés en su totalidad y concluye en el tramo basal de una unidad de brecha volcániclastica que la sobreyace.

#### 3.1 Ubicación

La columna tipo se emplaza en la localidad de Lo Valdés, ubicada 1 kilómetro al sureste del pueblo de Baños Morales. La base de esta sección tiene coordenadas UTM 403.252 m E y 6.256.138 m S a 2.066 m s.n.m., mientras que el techo se posiciona a 2.256 m s.n.m. en las coordenadas 402.673 m E y 6.255.741 m S (Datum WGS 1984). Esta transecta es recorrida por tramos a diferentes cotas en la búsqueda de afloramientos frescos y accesibles en un entorno con rasgos morfológicos prominentes, zonas importantemente meteorizadas y áreas con vegetación como lo es la localidad de Lo Valdés (Figura 3.1).



**Figura 3.1.** Trazado esquemático de la sección levantada en este trabajo. Las letras B y T indican la base y techo de la columna, respectivamente.



## 3.2 Descripción

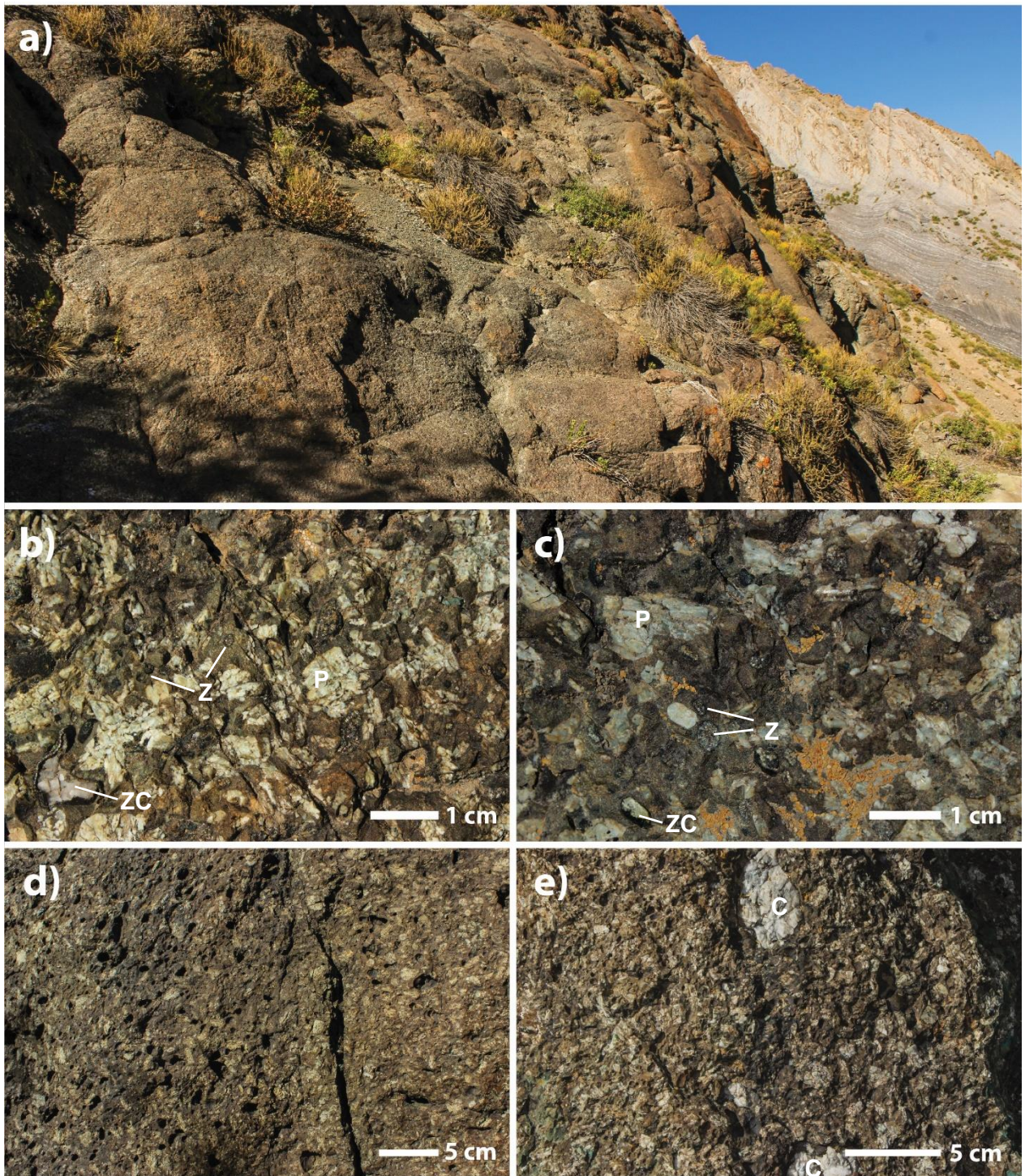
La sección tiene una potencia total medida de 573 metros. De estos, los 20 metros iniciales son atribuidos al techo de la Formación Baños Morales, seguidos por 544 metros correspondientes a la Formación Lo Valdés (incluido un dique andesítico de 21 metros de potencia entre los miembros Escalador y Placa Roja) y finaliza con 9 metros relacionados a la base de una unidad de brecha volcániclastica. Ya que el foco de este estudio es la Formación Lo Valdés, se toma como metro 0 de la columna el inicio del Miembro Escalador. Así, las unidades Baños Morales y Brecha volcániclastica se muestran en las columnas con el objetivo único de caracterizar los límites de la formación de interés.

Para la descripción de la columna se utilizan los datos litoestratigráficos tomados en terreno complementados con el análisis en microscopio de cortes transparentes y la descripción macroscópica de muestras de roca. Las fichas de descripción de cortes transparentes y muestras de rocas se muestran en los anexos 1 y 2, respectivamente. Por otro lado, el contenido fosilífero indicado en los diferentes niveles es descrito cualitativamente, de acuerdo a las siguientes escalas: contenido nulo (nivel sin presencia observada de fósiles), escaso (se observan algunos fósiles, pero estos están altamente dispersos), moderado (es común observar fósiles, pero estos están dispersos o en un empaquetamiento matriz-soportado poco denso) y abundante (los fósiles se encuentran en un empaquetamiento matriz-soportado denso o en un empaquetamiento bioclasto-soportado). Los rangos de tamaños presentados se refieren a la longitud mayor observable de los ejemplares o fragmentos y, en general, se habla de fósiles de 'gran tamaño' cuando presentan longitudes sobre los 5 cm y de 'pequeño tamaño' cuando estas son inferiores a 4 cm.

### 3.2.1 Formación Baños Morales

El punto de inicio de la sección levantada en este trabajo se encuentra a 20 metros del techo de la Formación Baños Morales (Miembro Placa Verde), esto equivale aproximadamente al metro 740 en la sección mostrada en Salazar & Stinnesbeck (2015). En los afloramientos se observó una andesita porfídica de grano grueso por 15 metros hacia el oeste desde el punto inicial (Figura 3.2 a). La matriz tiene una coloración gris-marrón-verde (mostrando tonos rojizos en intemperismo) y se presenta en la roca con una proporción del 50 a 60%. Los abundantes cristales son en general plagioclasas tabulares de tamaño hasta 2 cm (35 - 45% de la roca), pero también se presentan minerales negro-verdosos identificados como zeolitas (hasta 15%) y calcita (hasta un 5%) (Figura 3.2 b-c). La roca presenta vesículas de hasta 5 cm de tamaño, algunas de ellas rellenas por calcita (Figura 3.2 d-e). Se identifican además zonas con silificación, vetillas de cuarzo-sericita, drusas y cuarzo amorfo.





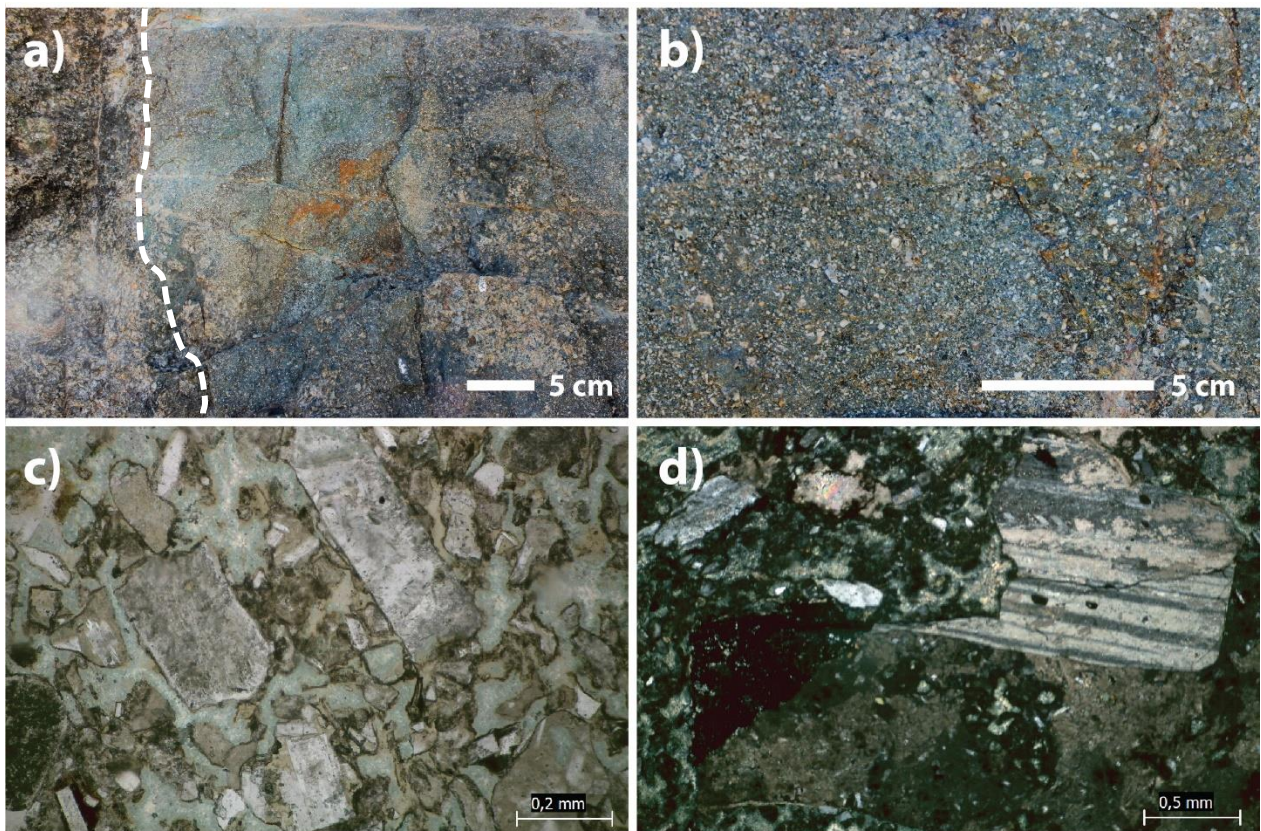
**Figura 3.2.** Niveles de andesita porfídica pertenecientes a la Formación Baños Morales. a) Fotografía del afloramiento (vista al suroeste). b-c) Acercamientos a la mineralogía de la roca. d) Vesículas presentes en el afloramiento. e) Amígdalas de calcita de diferentes tamaños. C: Calcita, P: Plagioclasa, Z: Zeolita, ZC: Amígdala de calcita con pátina de zeolita.

Subiendo en la altura estratigráfica se encuentra un nivel de toba lítica de lapilli que sobreyace con límites irregulares a las rocas andesíticas anteriormente mencionadas (Figura 3.3 a). Esta toba tiene una potencia de 5 metros (metrajes 755 -760 en la sección



de Salazar & Stinnesbeck 2015) y está conformada principalmente por clastos polimícticos de tamaño lapilli y ceniza gruesa (Figura 3.3 b). Además, la roca presenta leve efervescencia al aplicarse ácido clorhídrico.

El análisis en microscopio de una muestra de roca extraída de este nivel (Figura 3.3 c-d) permite comprobar la litología de toba lítica de lapilli. El corte presenta un 55% de matriz y un 45% de clastos. La matriz está compuesta por agregados fibrosos de clorita, zeolitas y vidrio, además de pequeños fragmentos de plagioclasa. Texturas de desvitrificación en la matriz son comunes. Los clastos están compuestos mayormente por fragmentos líticos de andesitas de tamaño hasta 2 cm y fragmentos de plagioclasa de tamaño menor a 3 mm, los primeros representan un 55% del total de los clastos. Se observan además abundantes poros que podrían representar espacios ocupados por clastos que luego fueron removidos, ya que algunos de estos poros conservan parte del clasto que ocupaba dicho espacio.



**Figura 3.3.** Techo de la Formación Baños Morales en la localidad Lo Valdés (últimos 5 metros). a) Contacto irregular entre los niveles de andesita (izquierda) con el nivel de toba de lapilli (derecha). b) Acercamiento al afloramiento de toba, mostrando abundantes clastos de tamaño lapilli. c-d) Toba lítica de lapilli con matriz compuesta de clorita, zeolita, fragmentos minerales y vidrio con texturas de desvitrificación. Los clastos están mal seleccionados y corresponden a rocas andesíticas y fragmentos de cristales de plagioclasas (corte transparente BM-755).

Este nivel de toba representa el techo de la Formación Baños Morales en la localidad de Lo Valdés, subyaciendo con límites irregulares a un estrato de arenisca fina que representa la base de la Formación Lo Valdés.

### 3.2.2 Formación Lo Valdés

En la sección realizada en el presente trabajo son medidos 74 metros en el Miembro Escalador, 191 metros en el Miembro Placa Roja y 258 metros en el Miembro Cantera. Se analiza además el dique mencionado anteriormente, comprobándose una potencia de 21 metros. De esta manera se obtiene una potencia total medida de 544 metros para la Formación Lo Valdés en su localidad tipo.

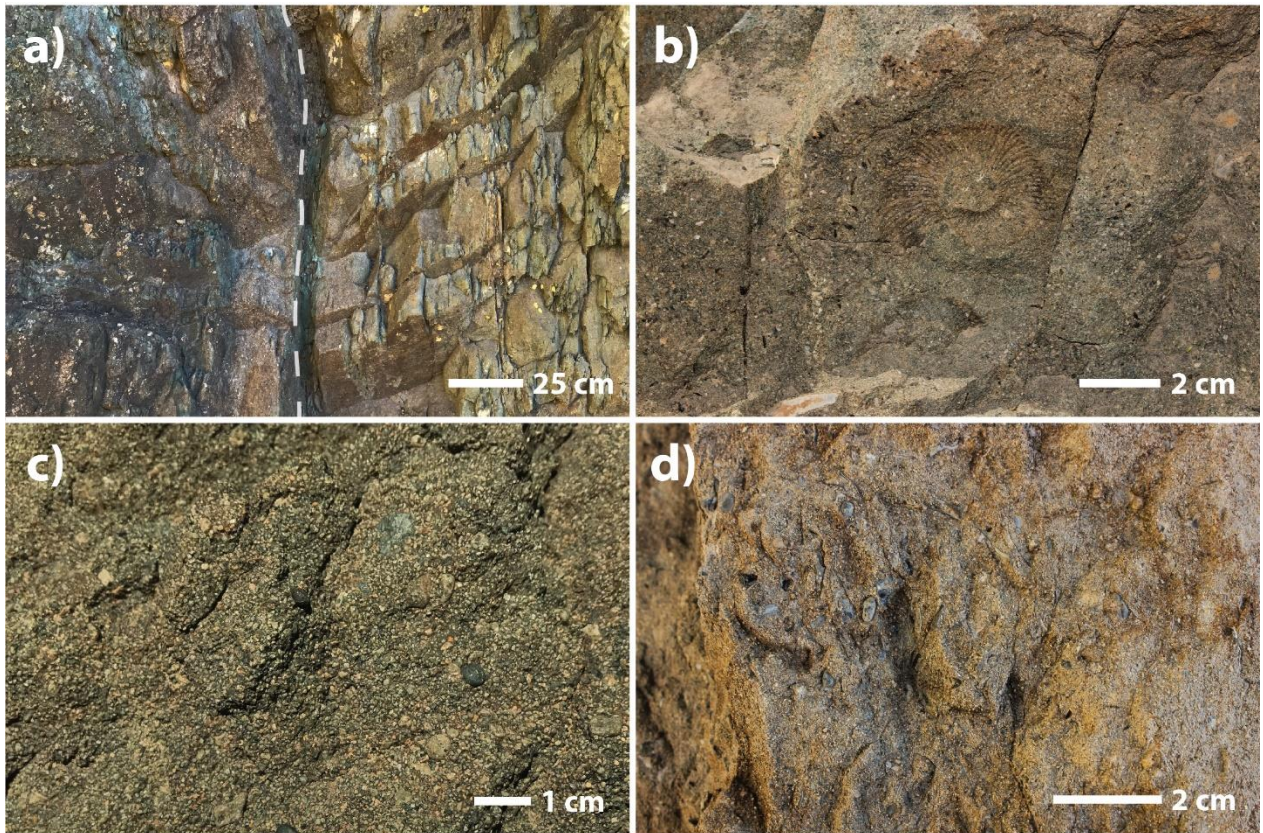
#### 3.2.2.1 Miembro Escalador

El contacto entre la Formación Baños Morales y el Miembro Escalador de la Formación Lo Valdés se toma como el metro 0 en la columna estratigráfica de este estudio. Este límite es concordante y está caracterizado por el inicio de una sucesión de areniscas calcáreas (Figura 3.4 a). En los primeros 20 centímetros (desde el límite) se observa una arenisca verde de grano medio, poco competente, muy bien seleccionada y sin presencia de fósiles. Sobre esta yace una arenisca calcárea marrón-verde de grano grueso con mayor competencia y que presenta moderado contenido fosilífero, identificándose amonites, bivalvos y gastrópodos (Figura 3.4 b). Esta litología continúa hasta el metro 9 de la sección a medida que gradaba hacia una arenisca calcárea de grano muy grueso y disminuye ampliamente el contenido fósil (Figura 3.4 c). En estos afloramientos es posible medir un *dip/dip direction* de 80/275.

En el metro 9 se observa un cambio en la litología hacia una arenisca calcárea marrón claro de grano grueso y con alto contenido fosilífero. Esta litología es observable hasta el metro 12 de la columna. Los fósiles identificables corresponden a amonites y a fragmentos de conchillas de bivalvos con tamaños menores a 1 cm. Estos bioclastos se encuentran dispersos en un empaquetamiento matriz-soportado (Figura 3.4 d).

La zona entre los metros 12 y 27 carece de datos debido a la peligrosidad de caída de rocas. Los afloramientos de estos metrajés se encuentran en la zona interior de un “canalón” formado por las prominentes morfologías de este miembro. Se inspeccionan los rodados en el depósito coluvial proveniente de dicho sector, sin embargo, estos en su mayoría muestran rocas andesíticas provenientes de la Formación Baños Morales, por lo que la extrapolación de datos tampoco es posible.



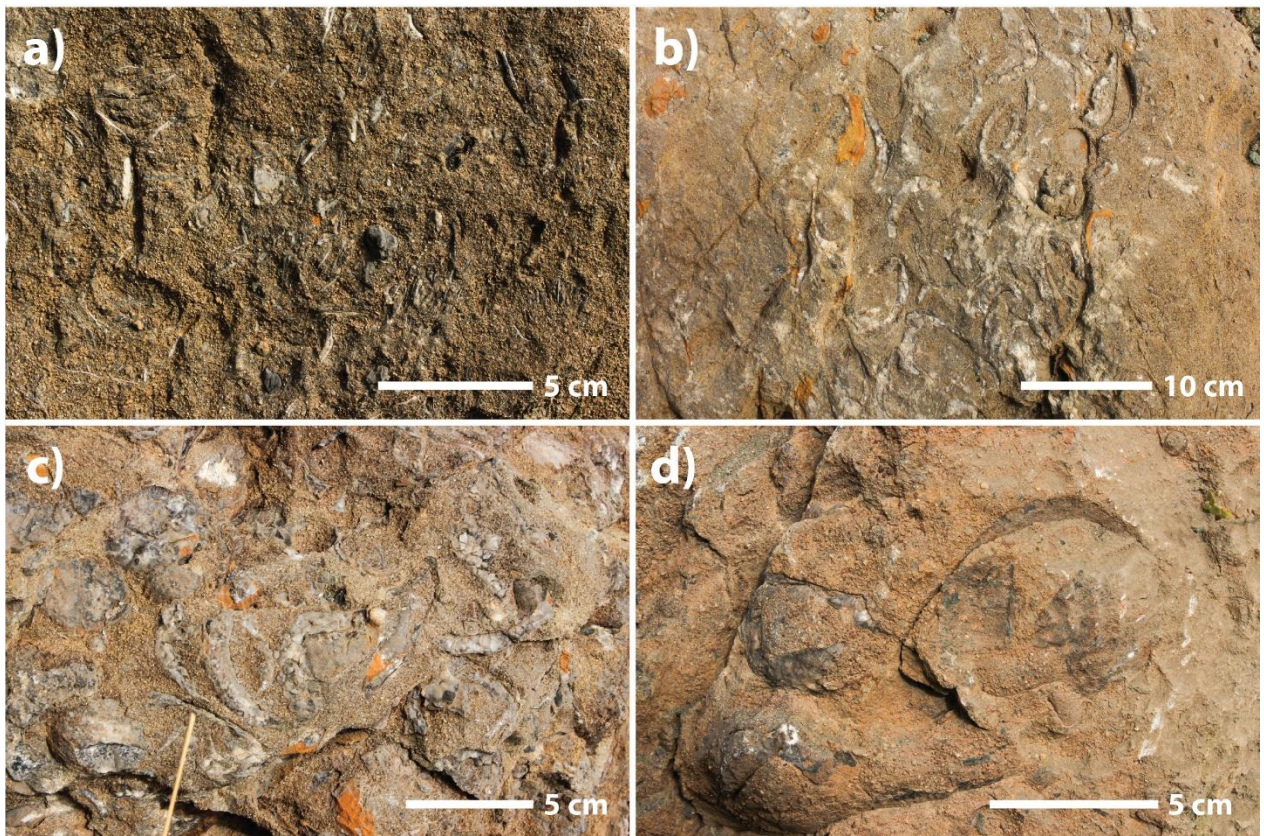


**Figura 3.4.** Miembro Escalador entre los metros 0 – 12. a) Contacto entre la Fm. Baños Morales (izquierda, este) con la Fm. Lo Valdés (derecha, oeste), la línea segmentada marca el límite. b) Arenisca calcárea gruesa a 1 metro del límite, contenido fosilífero moderado, se observan impresiones de amonites (vista al plano de estratificación). c) Arenisca calcárea muy gruesa sin fósiles cercana al metro 9 (vista al plano de estratificación). d) Arenisca calcárea gruesa con contenido fosilífero moderado presente en los metros 9 – 12, se aprecian abundantes fragmentos de conchillas de bivalvos (vista perpendicular al plano de estratificación).

Se accede nuevamente a un afloramiento de roca en el metro 27 de la columna, aquí es posible observar la continuación de la litología anterior (arenisca calcárea fosilífera de grano grueso), la cual está presente hasta el metro 41,5. Cabe destacar que entre los metros 33 – 34 y 40,7 – 41 los bioclastos aumentan en densidad, pudiendo observarse fragmentos de conchillas de bivalvos, gastrópodos y abundantes bioclastos no identificables de hasta 1 cm de tamaño (Figura 3.5 a).

Entre los metros 41,5 y 43 existen dos niveles ricos en macroinvertebrados con un espesor respectivo de 50 cm (Figura 3.5 b-d). En ellos es posible identificar valvas desarticuladas de trigoniidos con tamaños de hasta 10 cm, ocasionales gastrópodos de hasta 1 cm y otros bivalvos desarticulados. Los bioclastos están inmersos en una matriz de arenisca calcárea gruesa con un empaquetamiento que varía de matriz-soportado a bioclasto-soportado. Estos niveles están separados por 50 cm de arenisca calcárea de grano medio con contenido fosilífero moderado (principalmente bioclastos de pequeño tamaño y fragmentos de conchillas de bivalvos).





**Figura 3.5.** Miembro Escalador entre los metros 27 – 43. a) Arenisca calcárea gruesa con contenido fosilífero moderado a alto, mayormente de fragmentos de conchillas de bivalvos entre los metros 40,7 – 41 (vista perpendicular al plano de estratificación). b) Nivel rico en macroinvertebrados presente entre los metros 41,5 – 42 (vista perpendicular al plano de estratificación). c) Acercamiento al nivel anterior, se aprecian mayormente bivalvos trigoniidos (vista en planta con respecto a la estratificación). d) Acercamiento al nivel rico en macroinvertebrados presente entre los metros 42,5 – 43, se distinguen ejemplares de *Anditrigonia* sp., vista en planta con respecto a la estratificación.

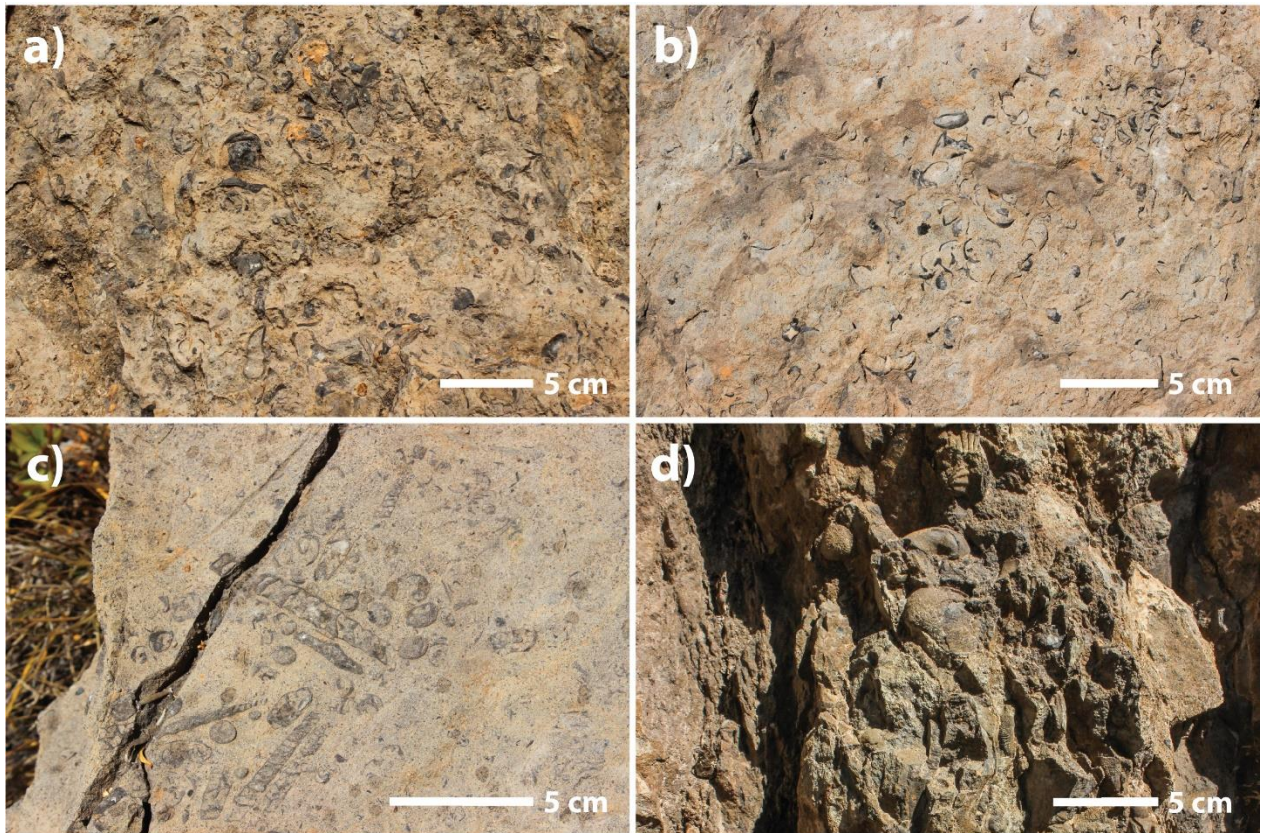
Desde el metro 43 se observa por 8 metros un nivel de arenisca calcárea con fragmentos de conchillas de bivalvos y fósiles de pequeño tamaño como los descritos anteriormente. Entre estos metros es posible identificar variaciones, tanto graduales como abruptas, en cuanto al contenido de bioclastos desde moderado a abundante, pero siempre manteniendo el empaquetamiento matriz-soportado.

A partir del metro 51 y hasta el metro 61 se observa una intercalación entre niveles con fragmentos de ostras y niveles con fragmentos de conchillas de bivalvos y otros fósiles de pequeño tamaño, ambos con matriz de arenisca calcárea de grano grueso y tonos marrones claros. Los niveles ricos en ostras presentan potencias de 20 a 50 cm, una mala selección de tamaños (entre 1 y 10 cm) y un empaquetamiento que varía de matriz-soportado a bioclasto-soportado (Figura 3.6 a). Por otro lado, los niveles con fragmentos de conchillas de bivalvos y otros fósiles de pequeño tamaño son matriz-soportados, varían en la cantidad de bioclastos (desde moderado a abundante) y se presentan con



potencias desde 20 cm hasta 2 metros. Los fósiles identificables corresponden a bivalvos articulados y desarticulados de tamaño menor a 3 cm, amonites de hasta 2 cm, además de gastrópodos y equinodermos milimétricos (Figura 3.6 b-c).

Se destaca la presencia de un lente entre los metros 54,8 y 56 que exhibe bivalvos articulados y desarticulados de pequeño a gran tamaño (hasta 10 cm). Este nivel es matriz-soportado gradando a bioclasto-soportado en algunos sectores y posee abundante contenido fosilífero (Figura 3.6 d).



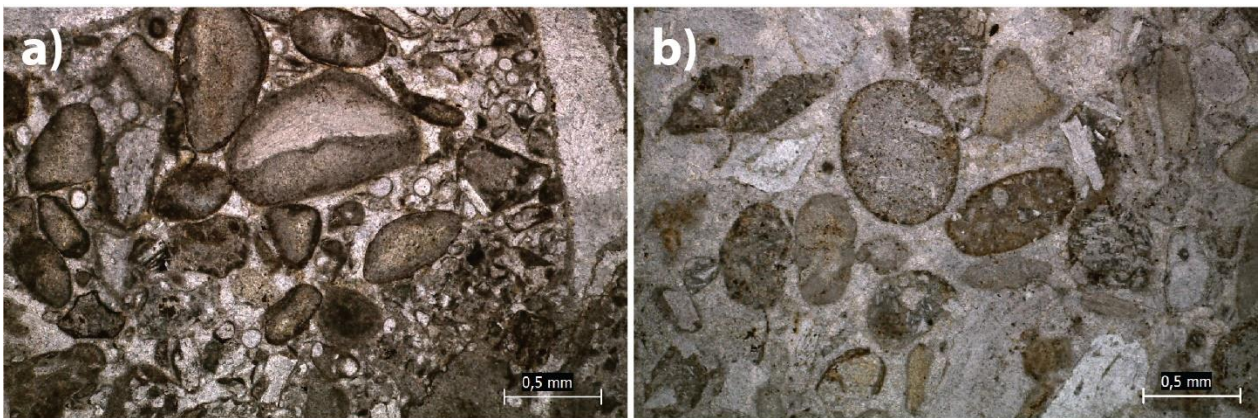
**Figura 3.6.** Miembro Escalador entre los metros 51 – 61. a) Nivel rico ostras presente entre los metros 51 – 51,2 (vista perpendicular al plano de estratificación). b) Nivel de fósiles de pequeño tamaño y fragmentos de conchillas de bivalvos entre los metros 57,64 – 61, (vista perpendicular al plano de estratificación). c) Otra zona del nivel anterior, además de conchillas se aprecian secciones de amonites (*Bochianites* sp.) y gastrópodos (vista perpendicular al plano de estratificación). d) Lente de bivalvos de pequeño a gran tamaño entre los metros 54,8 – 56 (vista perpendicular al plano de estratificación).

No es posible la toma de datos entre los metros 61 y 74 debido al riesgo de caída de bloques. Al igual que en los metros 12 – 27 los afloramientos se encuentran al interior de un “canalón” estrecho formado por prominentes morfologías de rocas. Sin embargo, los rodados que provienen de esta área muestran la continuación de la litología de arenisca calcárea de grano grueso.

En esta localidad el techo del Miembro Escalador se ubica en el metro 74 de la columna y está dado por el contacto con un dique emplazado entre el segmento superior del Miembro Escalador y el segmento inferior del Miembro Placa Roja.

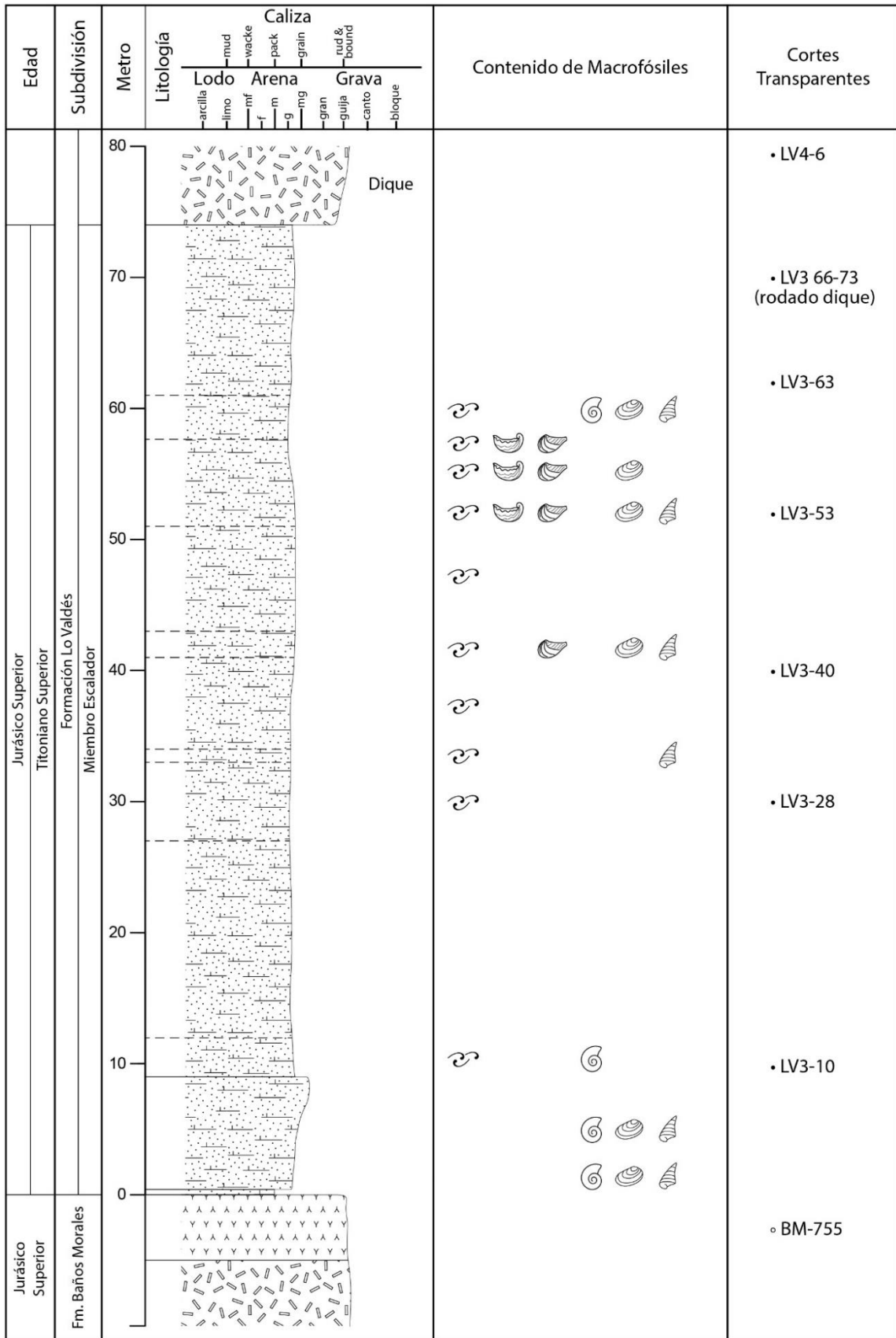
Se analizan cinco láminas delgadas que corresponden al Miembro Escalador en los metros 10, 28, 40, 53 y 63 de la sección realizada por Salazar (2012). Estos cortes muestran litologías de arenita lítica calcárea y *wacka* lítica calcárea (Figura 3.7). En general los granos constituyen en torno a un 70-85% del corte, mientras que la matriz varía entre un 12 y 25% y el cemento esparítico, de existir, constituye hasta un 10%. Los fragmentos líticos son los granos dominantes en todos los cortes (35-85% de los granos) y están conformados exclusivamente por rocas volcánicas. Los minerales terrígenos identificados son en su totalidad fragmentos de plagioclasas que pueden representar hasta un 30% del total de los granos. Los aloquímicos, por su parte, están constituidos mayormente por bioclastos y peloides. En conjunto, los aloquímicos pueden representar de un 10% a un 45% de los granos. Dentro de los bioclastos observados se identifican posibles foraminíferos, gastrópodos, bivalvos, algas y cnidarios, aunque por su preservación una identificación certera resulta complicada.

La columna estratigráfica que integra toda la información obtenida para el Miembro Escalador se muestra en la Figura 3.8.



**Figura 3.7.** Litologías observadas en los cortes transparentes correspondientes al Miembro Escalador. a) Arenita lítica calcárea (Arenisca calcárea muy gruesa) con granos de clastos volcánicos, fragmentos de plagioclasas, oolitas, peloides y bioclastos (corte transparente LV3-63). b) Wacka lítica calcárea (Arenisca calcárea gruesa) con granos de clastos volcánicos, fragmentos de plagioclasas, peloides y bioclastos (corte transparente LV3-53).

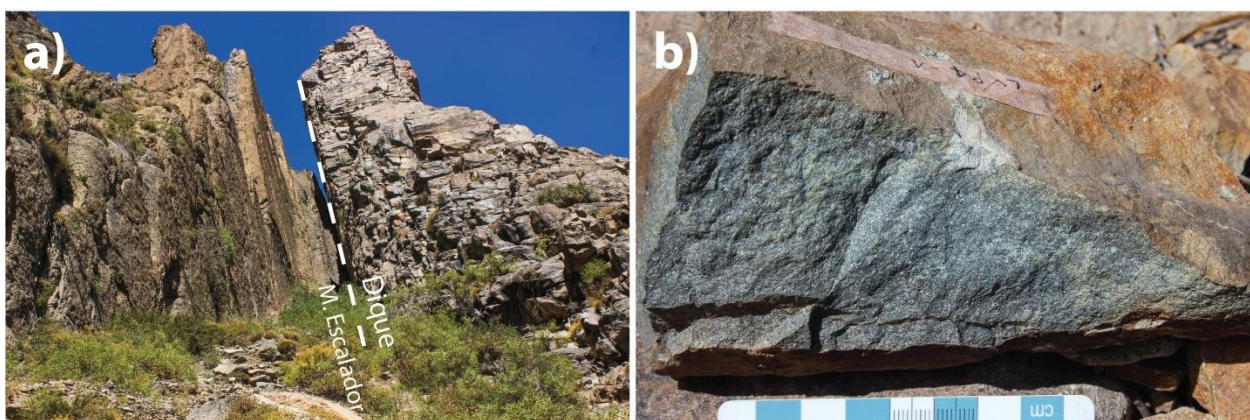




**Figura 3.8.** Columna del Miembro Escalador en la localidad de Lo Valdés (ver simbología en Figura 1.10).

Entre los metros 74 y 95 se identifica un nivel de roca con composición andesítica (Figura 3.9). Esta roca presenta matriz verde-azulada en una proporción del 60%, los cristales son mayormente plagioclasas tabulares de tamaño menor a 5 mm que ocupan sobre el 30% de la roca. Cristales de calcita posterior se presentan en la matriz en cúmulos de hasta 5 cm y se identifica una posible cloritización de la matriz. Se observan variaciones texturales al analizar estos metrajes en diferentes cotas del afloramiento, pudiendo encontrarse zonas tanto porfídicas de grano grueso como porfídicas microcristalinas. Se establece que este nivel de roca andesítica corresponde a una estructura de dique ya que, de acuerdo a Salazar & Stinnesbeck (2015), en otros afloramientos de la Formación Lo Valdés (e.g Laguna Ruhillas, Cajón del Morado) esta estructura corta otros miembros o incluso no está presente.

Se analizan dos láminas delgadas que corresponden a esta estructura (Anexo 1), una de ellas es obtenida de una muestra rodada del dique y la restante corresponde a una muestra extraída en el metro 79 de la sección realizada por Salazar (2012). En ambos cortes se aprecia una andesita con textura porfídica y masa fundamental de grano fino, en donde la proporción de los cristales y la matriz es de 85% y 15%, respectivamente. La matriz se observa muy cloritizada. Los cristales se componen mayormente de plagioclasas alteradas a arcillas con tamaños de hasta 2,5 mm y textura traquítica. Es posible observar escasos cristales de cuarzo y actinolita de 0,2 y 0,1 mm, respectivamente, que conforman hasta un 5% del corte.

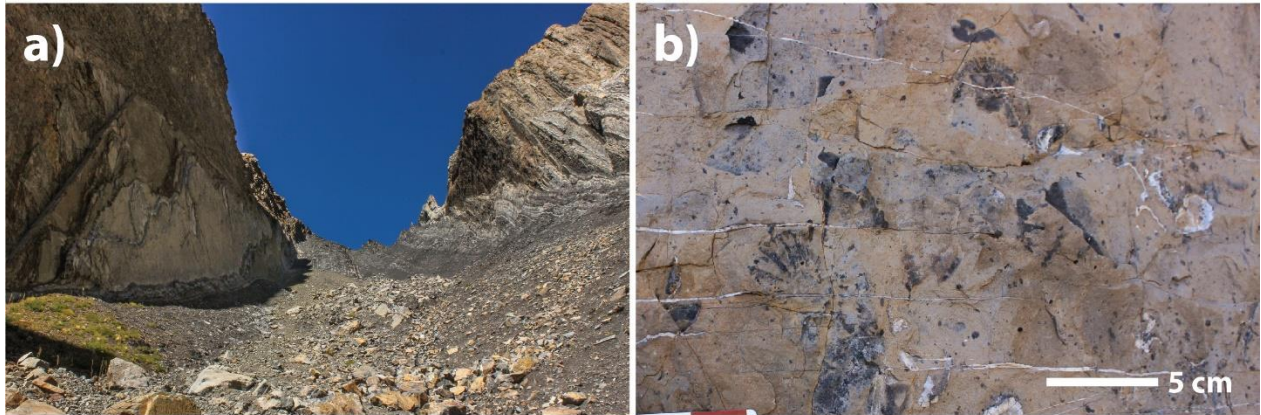


**Figura 3.9.** Dique andesítico entre los metros 74 – 95. a) “Canalón” formado por las prominentes morfologías de roca, hacia el este se observa el Miembro Escalador y al oeste el dique (vista al sur). b) Muestra de roca fresca obtenida *in situ*, se diferencia la coloración verde-azulada de la roca fresca y la amarilla-marrón de la roca en intemperismo (cada segmento de la escala equivale a 1 cm).

### 3.2.2.2 Miembro Placa Roja

La base de este miembro está ubicada en el metro 95 de la sección, en contacto con el dique andesítico anteriormente mencionado. Este cambio de litología es fácilmente

reconocible en la quebrada debido a la diferencia topográfica generada entre el dique y las rocas de menor competencia pertenecientes a este miembro. Desde el contacto se identifica un nivel de 2 metros de potencia de fangolita calcárea color gris-blanquecino (Figura 3.10 a). Debido a la topografía las vistas en sección (con respecto a la estratificación) en este nivel son restringidas, mientras que las vistas en planta son amplias y presentan un *dip/dip direction* de 80/280. En general, el nivel muestra un contenido fósil moderado en un empaquetamiento matriz-soportado, en donde se pueden identificar ejemplares de amonites y bivalvos de tamaño hasta 10 cm, además de gastrópodos milimétricos (Figura 3.10 b).

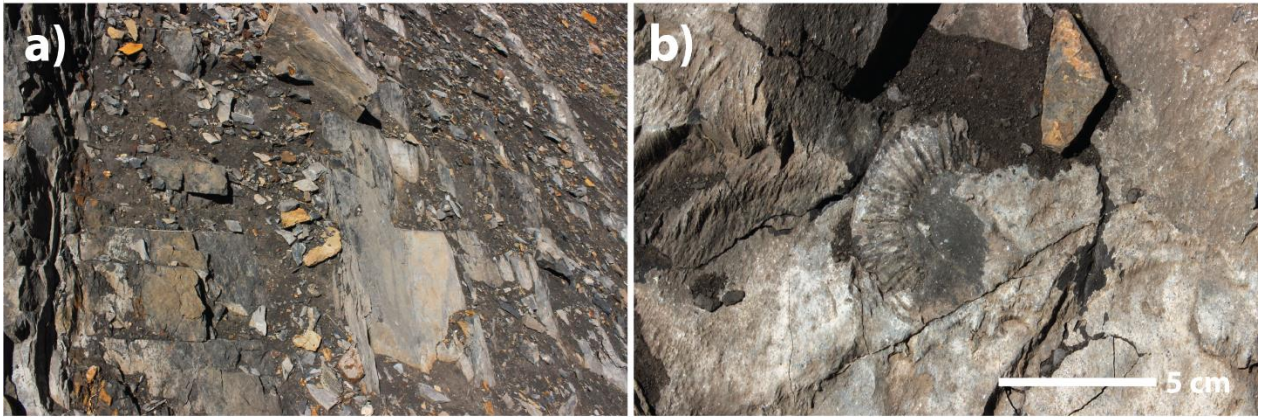


**Figura 3.10.** Miembro Placa Roja entre los metros 95 – 97. a) Afloramientos de la base del Miembro Placa Roja (vista al sur). Al este se aprecia el dique en contacto con los primeros 2 metros del miembro que muestran amplias vistas en planta, hacia el oeste se aprecian los discontinuos afloramientos del nivel 97 -196. b) Fauna fósil de los metrajes 95 – 97, se aprecian amonites y bivalvos (vista al plano de estratificación).

Entre los metros 97 y 196 los afloramientos en superficie son restringidos, discontinuos en una misma cota y están muy meteorizados producto de la alta fisibilidad de las rocas, sin embargo, se puede reconocer la presencia de una intercalación continua entre fangolitas calcáreas de diferentes competencias a lo largo de estos metrajes. Estas intercalaciones se muestran en una proporción aproximada de 50-50% entre fangolitas fisibles y competentes, con potencias individuales entre 20 y 60 cm para cada estrato (Figura 3.11 a). Se observa contenido fósil en ambos tipos de fangolitas, pero es reducido en comparación al nivel anterior y está restringido principalmente a amonites, aunque también se aprecian escasos fragmentos de bivalvos (Figura 3.11 b). No se observaron niveles que destaquen o se diferencien en cuanto al contenido de bioclastos debido a las desventajosas características de los afloramientos.

A partir del metro 196 la intercalación presenta proporciones aproximadas de 30% de fangolitas calcáreas (rocas fisibles) y 70% calizas fangolíticas (rocas competentes), con potencias de cada estrato entre 7 – 20 cm para las primeras y entre 10 – 30 cm para las segundas. Esta conformación se mantiene hasta el metro 225 (Figura 3.12 a).





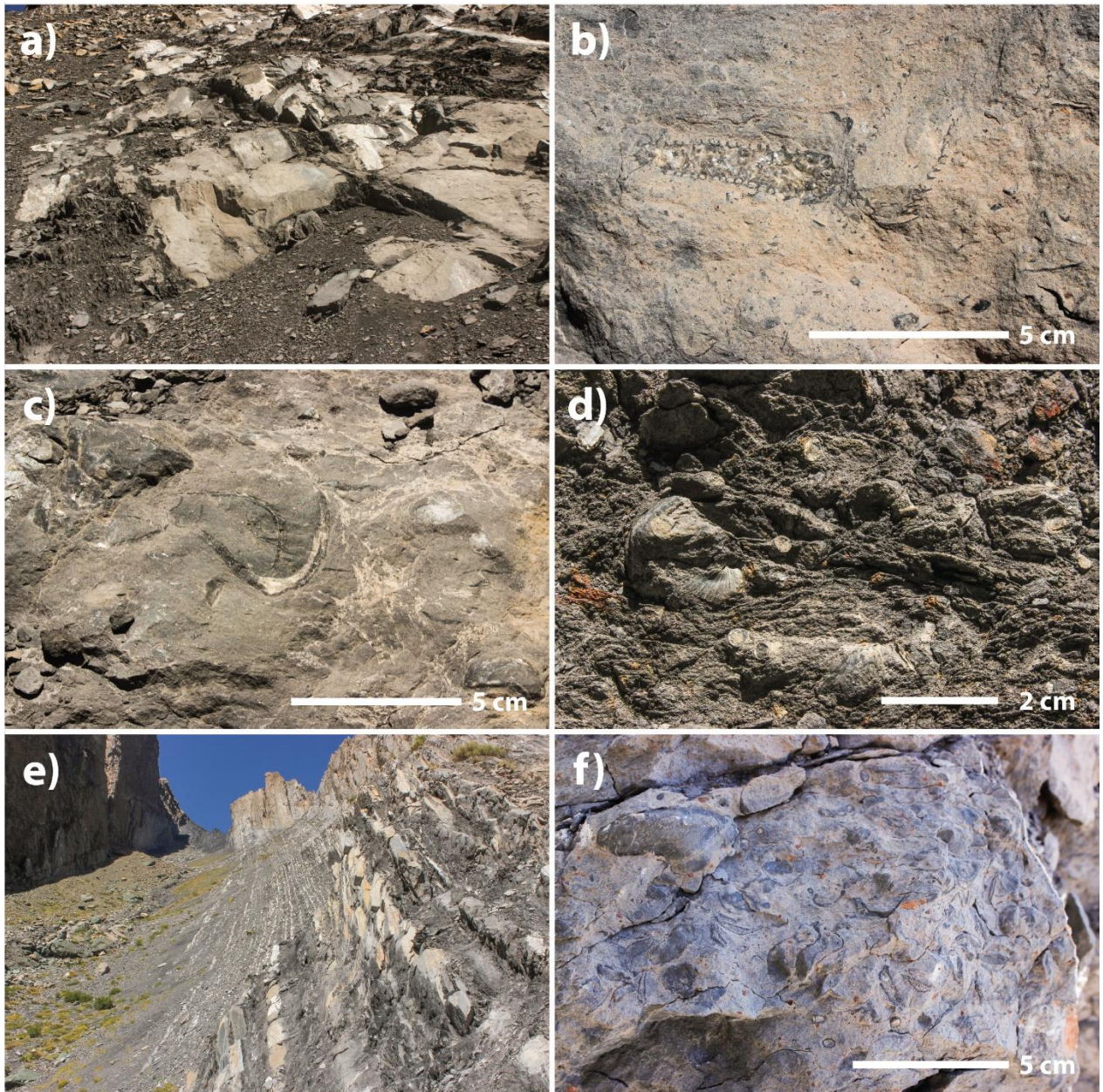
**Figura 3.11.** Miembro Placa Roja entre los metros 97 – 196. a) Acercamiento a los afloramientos discontinuos y altamente meteorizados (vista perpendicular al plano de estratificación). b) Amonite *in situ* en el metro 129 (vista perpendicular al plano de estratificación).

Entre los metros 196 y 206 la fauna fósil es restringida (aunque más abundante que en los metrajes anteriores), está dominada por amonites y se encuentra exclusivamente reconocible en los niveles competentes. Los amonites exhiben diversos tamaños y están rellenos tanto por cemento esparítico como por sedimento concordante con la matriz, también se identifican bivalvos articulados y desarticulados con tamaños de hasta 5 cm (Figura 3.12 b-c). Pirita diseminada es observable a lo largo de todo este nivel. Por otro lado, desde el metro 206 y hasta el metro 225 el contenido fosilífero es abundante (en un empaquetamiento matriz-soportado), se observa en ambas litologías y está representado por abundantes ostras (<4 cm) y serpúlidos (<2cm), aunque también es posible reconocer amonites (<10 cm) y fragmentos de conchillas de bivalvos (Figura 3.12 d).

Desde el metro 225 y hasta el metro 240 la intercalación se invierte, dominando ahora las fangolitas calcáreas (70%, estratos de 50 – 70 cm) sobre las calizas fangolíticas (30%, estratos de hasta 30 cm) (Figura 3.12 e). El abundante contenido fósil se aprecia en ambos estratos y es muy similar a los metros 206 – 225: abundantes ostras, serpúlidos, fragmentos de conchillas de bivalvos y amonites (Figura 3.12 f). Se observan bioturbaciones que sobresalen de los niveles fisibles debido a la diferencia en la dureza de estos icnofósiles y la roca albergante.

A partir del metro 240 (y hasta el límite superior de este miembro en el metro 286) la intercalación se iguala a 50-50% entre estratos de fangolitas calcáreas y calizas fangolíticas, con estratos de potencias entre 10 cm y 1 m. Este dominio comienza con un nivel de 13 metros de potencia (metros 240 – 253), en donde el contenido fósil se restringe importantemente en abundancia (llegando a estar prácticamente ausente) y está representado por escasos amonites y fragmentos de conchillas de bivalvos dispersos.





**Figura 3.12.** Miembro Placa Roja entre los metros 196 – 240. a) Afloramientos con intercalación de 30% fangolitas calcáreas fisibles y 70% calizas fangolíticas competentes (metros 196 –225). b) Contenido fósil reducido a moderado entre los metros 196 y 206, se observan amonites *in situ* con relleno esparítico y sedimentario (vista perpendicular al plano de estratificación). c) Mismo nivel anterior, se aprecian bivalvos desarticulados (vista perpendicular al plano de estratificación). d) Fauna fósil abundante con ostras y serpúlidos entre los metros 206 – 225 (vista perpendicular al plano de estratificación). e) Afloramientos con intercalación de 70% fangolitas calcáreas fisibles y 30% calizas fangolíticas competentes (metros 225 – 240), vista al sur. f) Contenido fosilífero abundante en el nivel 225 – 240, se aprecian ostras y serpúlidos (vista perpendicular al plano de estratificación).

Sobreyace a lo anterior un nivel de dos metros de potencia con moderado a abundante contenido de bioclastos (metros 253 – 255). Estos corresponden a fragmentos de conchillas de bivalvos, ostras de pequeño tamaño (hasta 5 cm) y serpúlidos.

Entre los metros 255 y 286 se observa una sucesión de estratos con tres tipos diferentes de características fosilíferas (Figura 3.13 a): niveles con escasa fauna fósil, niveles de fragmentos de conchillas de bivalvos y fósiles de pequeño tamaño, y niveles con macroinvertebrados. Los niveles de escasa fauna fósil son como el descrito entre los metros 240 - 253 y exhiben potencias entre 1,5 y 4 metros (Figura 3.13 b). Los fósiles encontrados se restringen a secciones de amonites de tamaño menor a 9 cm y algunos bivalvos de hasta 5 cm. Por otro lado, los niveles de conchillas y fósiles de menor tamaño presentan potencias de 50 cm a 2 metros y son similares a los observados entre los metros 253 – 255. La fauna fósil identificada está representada por fragmentos de conchillas de bivalvos (<1 cm), ostras y otros bivalvos articulados (<5 cm) (Figura 3.13 c-d). Por último, los niveles con macroinvertebrados presentan amonites, ostras y otros bivalvos articulados de tamaños mayores a 5 cm (muchos de ellos sobrepasando los 10 cm), además de fragmentos de conchillas accesorios (Figura 3.13 e-f). Estos niveles poseen potencias entre 2 y 3 metros. Es común que los niveles de fósiles de pequeño tamaño y fragmentos de conchillas graden hacia niveles de macroinvertebrados, o que los límites entre estos sean difusos.

En el metraje 286 se observa la aparición de una caliza arenosa de tonos marrones claros que marca el final del Miembro Placa Roja, iniciando el Miembro Cantera.

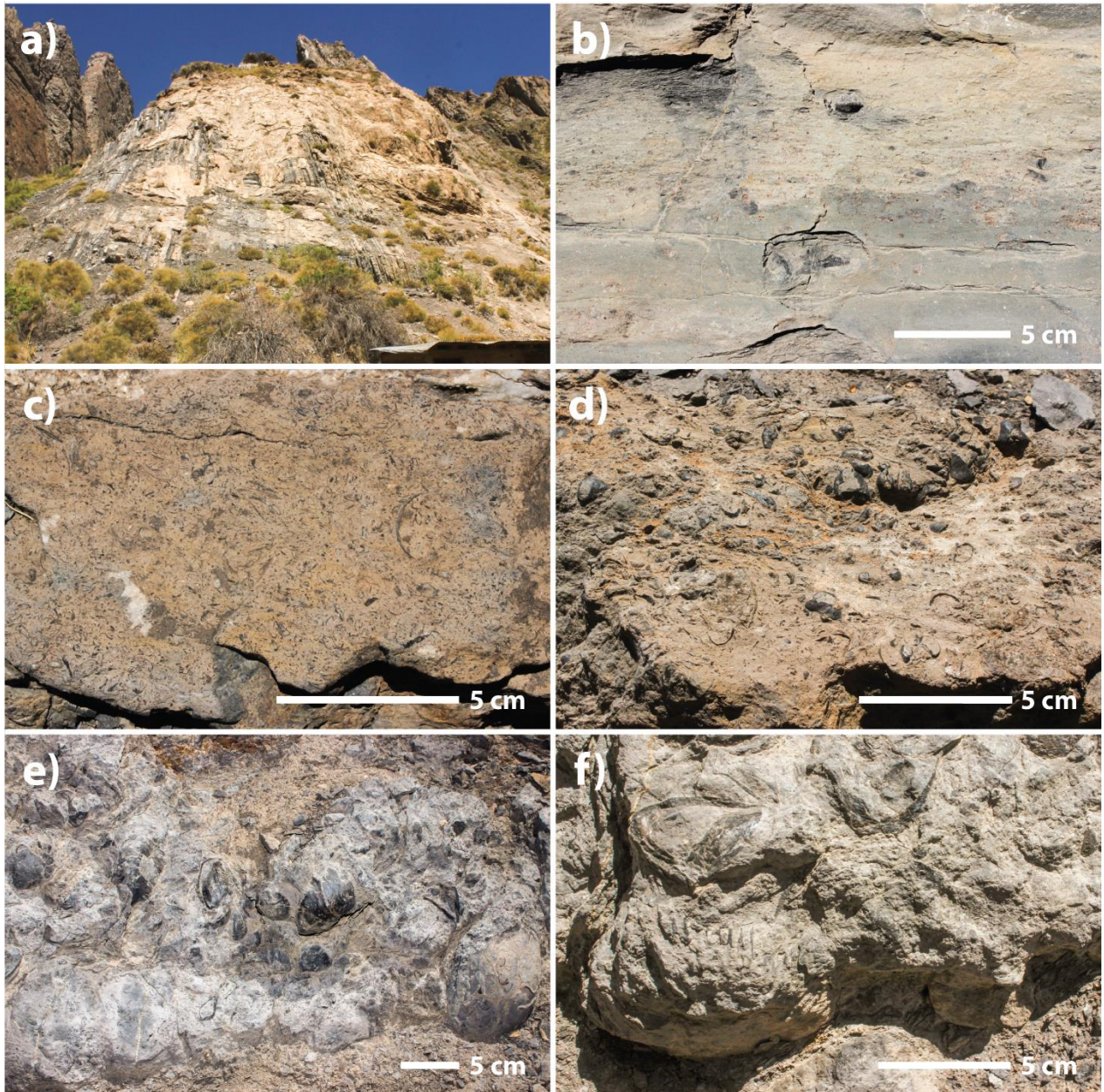
Se analizan ocho láminas delgadas que corresponden al Miembro Placa Roja en los metros 97, 124, 168, 203, 222, 251, 253 y 285 de la sección realizada por Salazar (2012). Estos cortes muestran rocas tanto de carácter sedimentario silisiclástico como sedimentario carbonatado. Las rocas silisiclásticas muestran litologías de fangolita y fangolita calcárea. Por otro lado, las rocas carbonatadas presentan litologías de *wackstone*, *floatstone* y *rudstone*.

Los cortes de rocas silisiclásticas presentan un porcentaje de matriz del 78-85%, a la vez que los granos representan el 15-22% restante. En general, sobre el 60% de los granos se encuentran irreconocibles producto de la intensa meteorización, sin embargo, dentro de los granos reconocibles se identifican fragmentos de clastos volcánicos, minerales de plagioclasa, peloides y bioclastos con reemplazo parcial o completo a calcita. Los bioclastos son identificados como posibles radiolarios, foraminíferos, algas, fragmentos de bivalvos y gastrópodos.

Los cortes de rocas carbonatadas presentan una proporción de matriz (micrita) del 40% al 85% del corte, un porcentaje de granos entre 15-55% y hasta un 5% de cemento esparítico. La composición de los granos es mayormente de bioclastos y en menor medida de oolitas, peloides y fragmentos terrígenos de plagioclasa. Los bioclastos se encuentran parcial o totalmente reemplazados a calcita, pudiendo identificarse posibles fragmentos de bivalvos, gastrópodos, anélidos, crinoideos y foraminíferos (Figura 3.14 f).

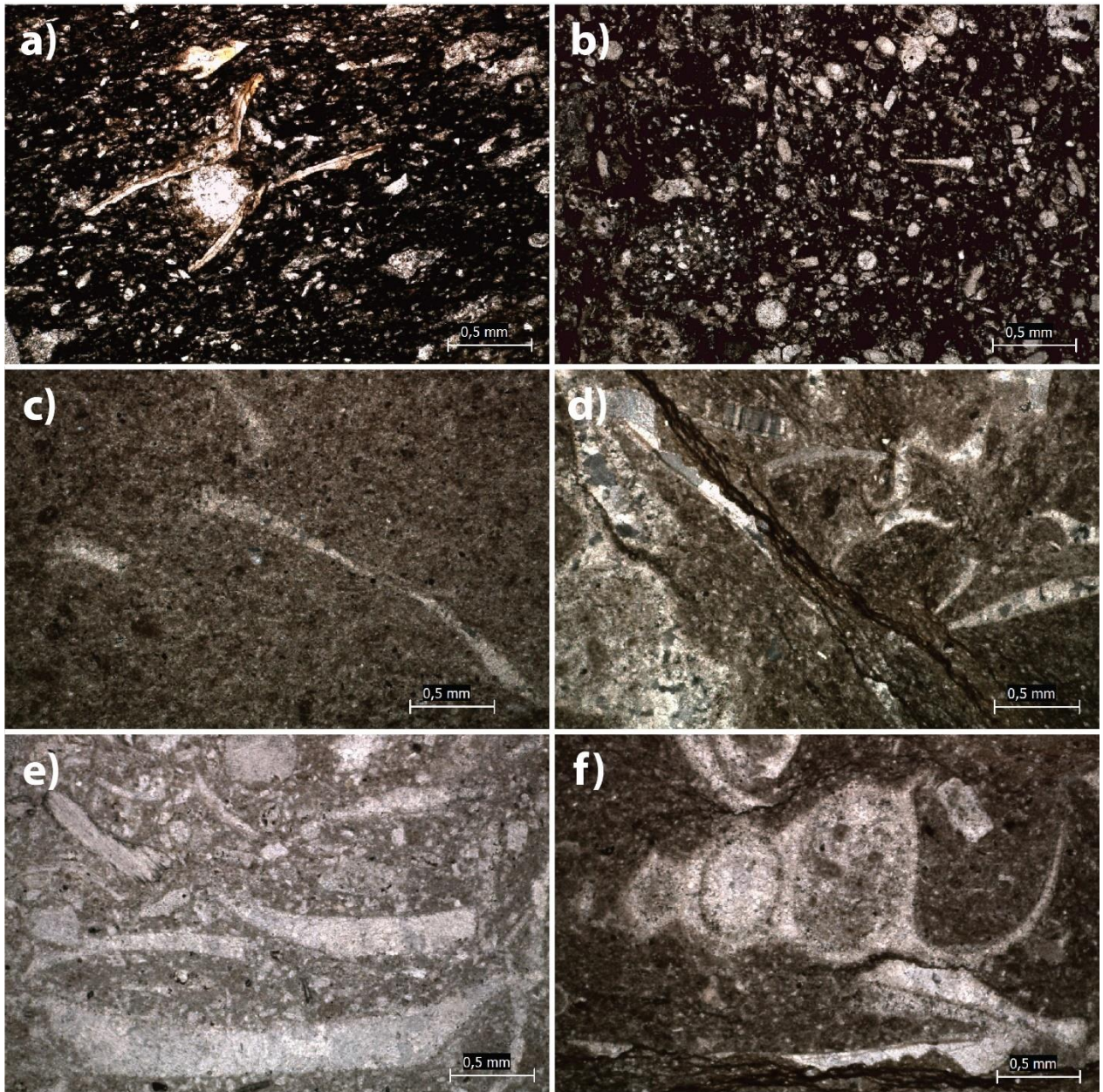


La columna estratigráfica que integra toda la información obtenida para el Miembro Placa Roja se muestra en la Figura 3.15.



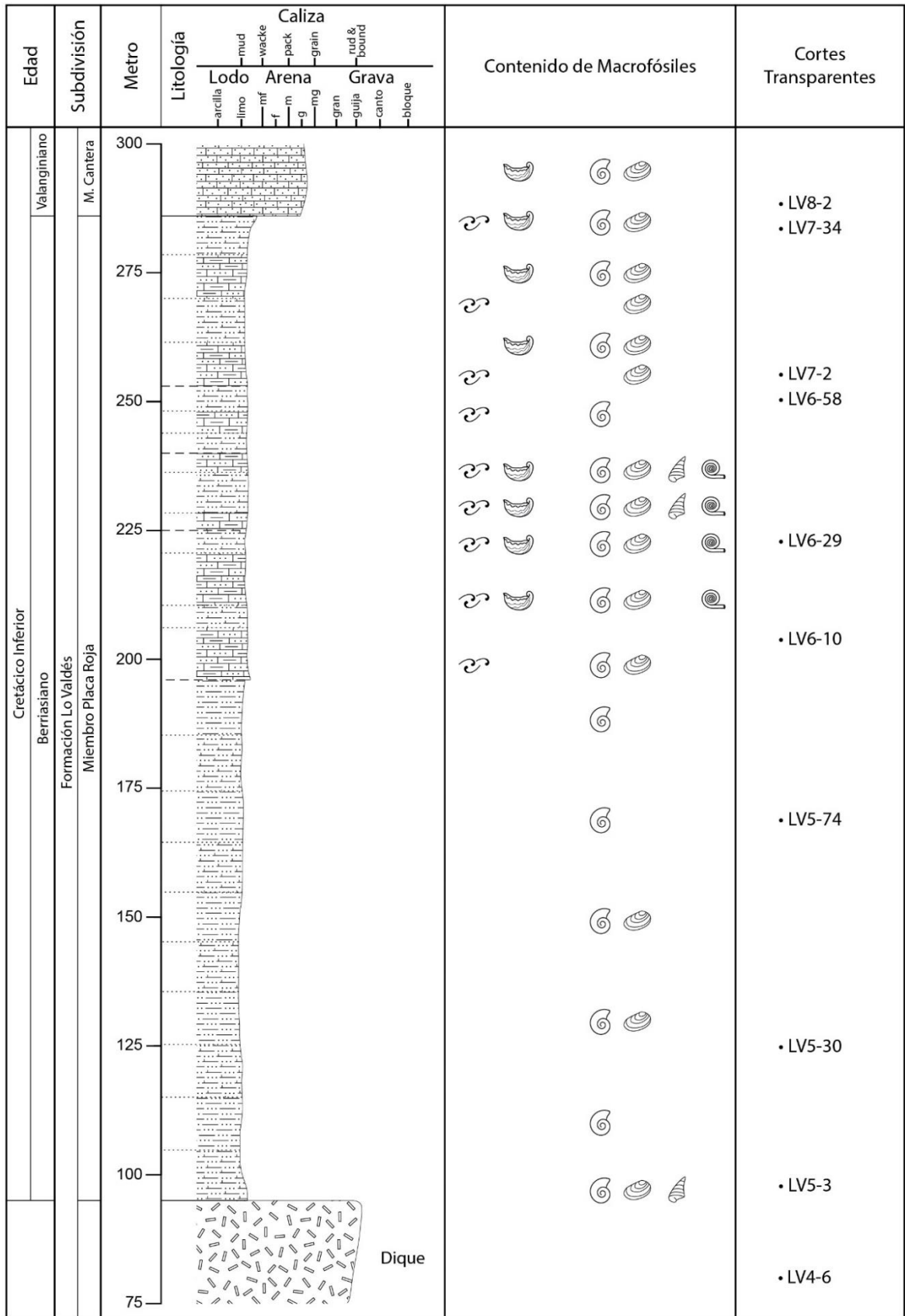
**Figura 3.13.** Miembro Placa Roja entre los metros 255 – 286. a) Afloramientos donde se observa la intercalación de tres diferentes concentraciones fósiles, vista al sur. b) Nivel con escasa fauna fósil entre los metros 269 – 270 (vista perpendicular al plano de estratificación). c) Nivel con fósiles de pequeño tamaño y fragmentos de conchillas entre los metros 265 – 267, dominan los fragmentos de conchillas (vista perpendicular al plano de estratificación). d) Nivel con fósiles de pequeño tamaño y fragmentos de conchillas entre los metros 258 – 260, dominan los bivalvos articulados (vista perpendicular al plano de estratificación). e-f) Diferentes zonas de un nivel de macroinvertebrados entre los metros 260 – 262, se aprecian ostras, amonites y otros bivalvos articulados de gran tamaño (vista perpendicular al plano de estratificación).





**Figura 3.14.** Litologías observadas en los cortes transparentes correspondientes al Miembro Placa Roja. a) Fangolita con abundante matriz de fango, granos irreconocibles tamaño arena y escasos aloquímicos (corte transparente LV5-3). b) Fangolita calcárea con abundante matriz de fango y bioclastos (corte transparente LV5-30). c) *Wackstone* (biomicrita) con abundante matriz de micrita y moderado a leve contenido de bioclastos (corte transparente LV6-58). d) *Floatstone* (biomicrita) con fábrica matriz-soportada y abundantes bioclastos tamaño arena y grava (corte transparente LV7-2). e) *Rudstone* (biomicrita) con fábrica bioclasto-soportada y abundantes bioclastos tamaño arena y grava (corte transparente LV7-34). e) Fragmentos de posibles gastrópodos y bivalvos (corte transparente LV7-2).

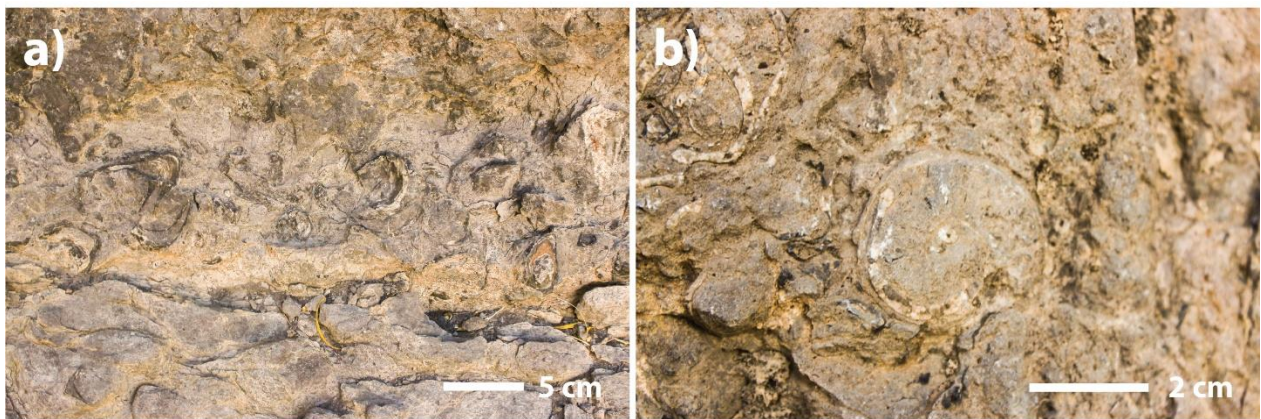




**Figura 3.15.** Columna del Miembro Placa Roja en la localidad de Lo Valdés (ver simbología en Figura 1.10).

### 3.2.2.3 Miembro Cantera

La base de este miembro se ubica en el metro 286 y está caracterizada por el cambio litológico desde fangolitas calcáreas y calizas fangolíticas hacia una caliza arenosa. Este límite es neto y fácilmente reconocible por las diferencias de relieve presentes desde la cima de la quebrada, producto del cambio de dureza entre las litologías de los miembros Placa Roja y Escalador. El primer nivel que se observa está ubicado entre los metrajes 286 y 301 (15 metros de potencia) y se describe como una caliza arenosa abundantemente fosilífera con macroinvertebrados. La fauna está representada por ostras de tamaño hasta 10 cm, amonites completos y fragmentados de pequeño a gran tamaño, otros bivalvos de variado tamaño (con alta biodiversidad) y gastrópodos (Figura 3.16). El empaquetamiento en este nivel varía de matriz-soportado a bioclasto-soportado.



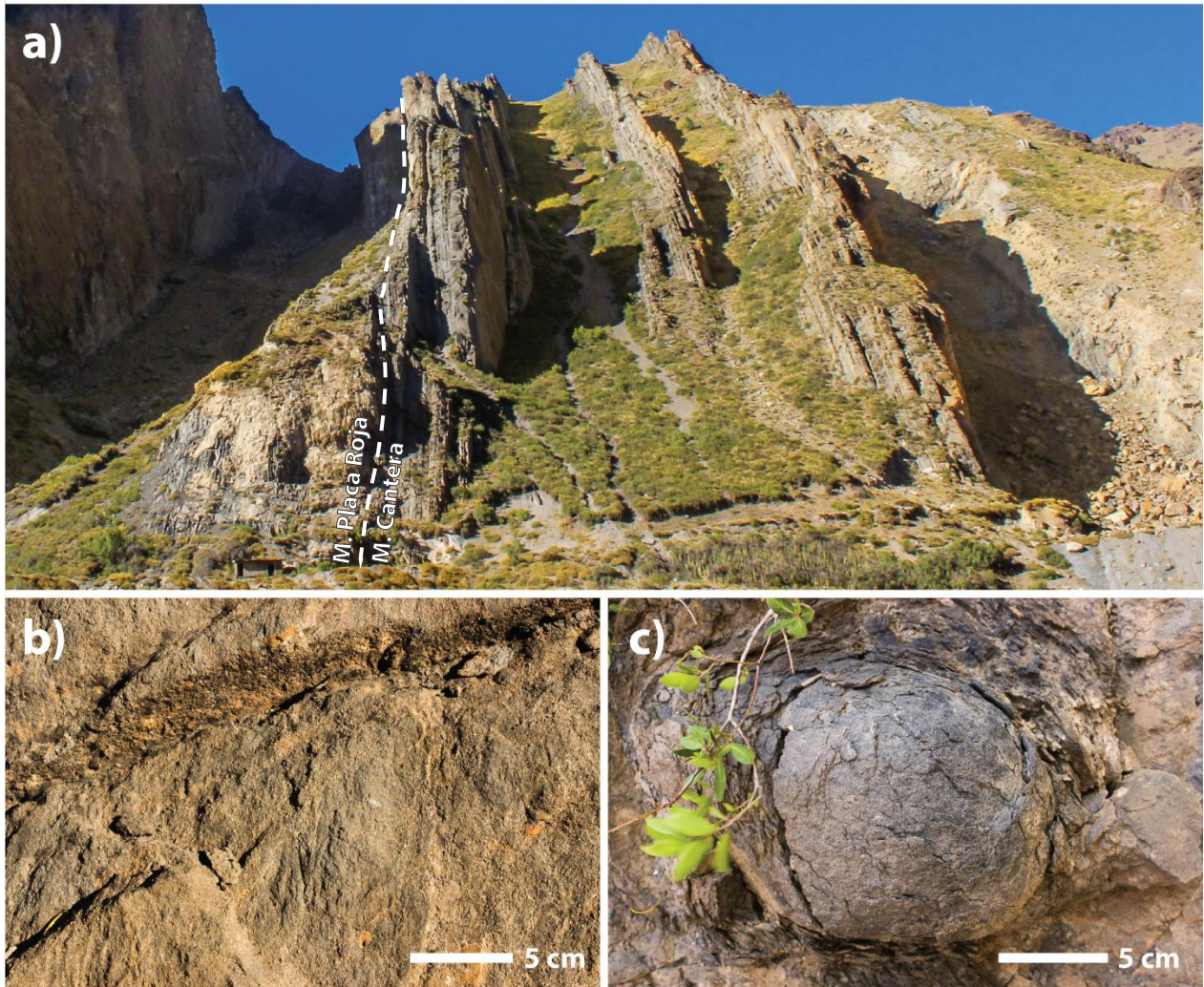
**Figura 3.16.** Miembro Cantera entre los metros 286 – 301. a) Caliza arenosa con abundantes ostras de gran tamaño (vista perpendicular al plano de estratificación). b) Acercamiento a la caliza arenosa mostrando amonites de menor tamaño y fragmentos de bivalvos (vista perpendicular al plano de estratificación).

Entre los metros 301 – 336 del tramo recorrido existe una cubierta de suelo con abundante vegetación en donde no afloran rocas de este miembro, por lo que la toma de datos no es posible (Figura 3.17 a).

En una cota elevada del metraje 336 se observa un afloramiento accesible de roca. Este finaliza en el metro 356 (20 metros de potencia) y presenta una litología homogénea de caliza arenosa con bajo a nulo contenido fósil (macroscópico) (Figura 3.17 b). Son revisadas diferentes cotas del afloramiento y se logra identificar únicamente un ejemplar de ostra de 7 cm, además de diversas zonas de endurecimiento esferoidal con la misma litología que son atribuidas a posibles concreciones (Figura 3.17 c).



En el metro 356 comienza nuevamente una zona de vegetación y suelo sin afloramientos, la cual termina en el metro 376 (Figura 3.17 a). Tampoco se toman datos en esta área.



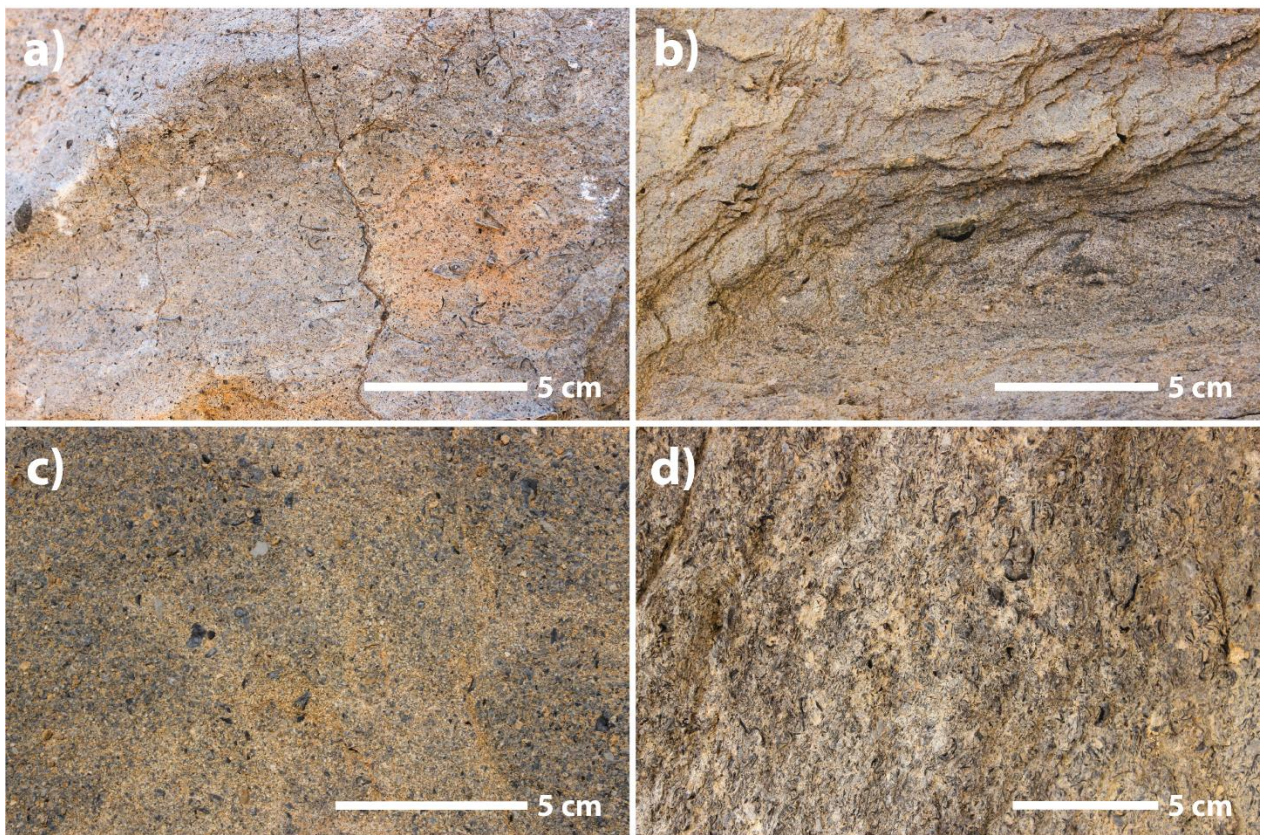
**Figura 3.17.** Miembro Cantera entre los metros 286 – 376. a) Vista general al Miembro Cantera, en donde se muestra el límite con el miembro Placa Roja y las zonas de vegetación sin afloramientos entre los metros 301–336 y 356–376 (vista al sur). b) Acercamiento al afloramiento de caliza arenosa entre los metros 336 – 356 (vista al plano de estratificación). c) Posible concreción presente en el nivel 336 – 356.

A partir del metro 376 existe un afloramiento continuo de roca. En los primeros metros de este afloramiento se observa una caliza arenosa de grano grueso con moderado contenido de fragmentos de conchillas de bivalvos (en general <1 cm) y algunos bivalvos parcialmente completos de tamaño menor a 2 cm (con excepción de un único ejemplar de ostra de 8 cm). Este nivel continúa hasta el metraje 379 (3 metros de potencia) (Figura 3.18 a).



Sobreyaciendo a este, entre los metros 379 – 396 se encuentra un nivel de caliza arenosa de grano grueso con escaso contenido fósil muy similar al observado anteriormente (metros 336 – 356). Se logra reconocer únicamente fragmentos de bivalvos de pequeño tamaño (Figura 3.18 b). Se accede a la continuación de este afloramiento desde el filo de la quebrada. En este lugar se puede observar que a partir del metro 396 la caliza arenosa adquiere mayor contenido de fósiles, pasando de leve a moderadamente fosilífera cercano al metraje 401 (Figura 3.18 c). Se mide un *dip/dip direction* de 75/298.

Entre los metros 401 y 421 la caliza arenosa de grano grueso se observa homogénea y con un abundante contenido fósil en un empaquetamiento bioclasto-soportado. Los fósiles están conformados por fragmentos de conchillas de bivalvos de tamaño menor a 2 cm (Figura 3.18 d).



**Figura 3.18.** Miembro Cantera entre los metros 376 – 421, se muestra la transición en cuanto a contenido fósil entre estos metrajes. a) Nivel de caliza arenosa con contenido fósil moderado, mayormente de fragmentos de conchillas de bivalvos, entre los metros 376 – 379 (vista perpendicular al plano de estratificación). b) Caliza arenosa con escaso contenido fósil entre los metros 379 – 396 (vista perpendicular al plano de estratificación). c) Roca de caliza arenosa con contenido fósil moderado entre los metros 396 – 401 (vista al plano de estratificación). d) Afloramiento de caliza arenosa abundantemente fosilífera entre los metros 401 – 421, se aprecian mayormente fragmentos de conchillas de bivalvos (vista al plano de estratificación).

El afloramiento continuo termina en el metro 421, en donde comienza un sector de suelo y vegetación. En este lugar se encuentran abundantes rodados de tamaños decimétricos a métricos, todos mostrando una litología de caliza arenosa de grano grueso con abundantes conchillas idéntica al nivel 401 – 421. Debido a esto y a la morfología del filo de la quebrada, se propone la continuidad de dicho nivel hasta el metro 460, lugar donde finaliza el sector de vegetación.

Desde el metro 460 comienzan nuevamente los afloramientos de roca. Estos muestran una intercalación entre rocas de mayores y menores competencias, en donde las primeras corresponden calizas arenosas de color grisáceo, mientras que las últimas representan fangolitas calcáreas grises. La intercalación está conformada por un 60% de fangolitas calcáreas y un 40% de calizas arenosas, ambas litologías presentan estratos de tamaño no superior a 30 cm con un *dip/dip direction* igual a 85/290 (Figura 3.19 a-b). Debido a la meteorización y al carácter fisible de la fangolita, sólo es posible reconocer contenido fósil en los estratos de caliza arenosa, identificándose abundantes amonites y algunas bioturbaciones (Figura 3.19 c). Esta intercalación finaliza en el metraje 531.

El techo del Miembro Cantera está representado por una sucesión de 13 metros de potencia de estratos de fangolita calcárea de color blanquecino y sin contenido fósil (metros 531 – 544) (Figura 3.19 d). Los últimos tres metros de este nivel se caracterizan por una alta meteorización y baja competencia, lo que provoca que el contacto con la unidad de brecha volcanoclástica sobreyacente sea difuso pero reconocible a grandes rasgos (Figura 3.19 e).

Se analizan siete láminas delgadas que corresponden al Miembro Cantera en los metros 287, 328, 376, 406, 459, 492 y 539 de la sección realizada por Salazar (2012). Estos cortes muestran rocas de carácter sedimentario carbonatado con litologías de *calci-mudstone*, *wackstone*, *packstone* y *rudstone*.

La matriz de estas rocas está compuesta mayormente por micrita, aunque en algunos casos se puede observar fango conformando también la matriz. La proporción de la matriz en los cortes suele ser baja, entre el 10-30% versus el 40-85% que ocupan los granos, con excepción de las litologías de *wackstone* (55% matriz – 40% granos) y *calci-mudstone* (90% matriz – 10% granos). El cemento esparítico puede estar o no presente, pero conforma hasta un máximo del 10% del corte. Los granos se componen mayormente por bioclastos y oolitas, y en menor medida por clastos volcánicos o fragmentos de plagioclasa. Los bioclastos se encuentran parcial o totalmente reemplazados a calcita (aunque muchos de ellos conservan microestructuras) y se pueden identificar posibles radiolarios, foraminíferos, fragmentos de bivalvos, espículas de equinodermos y corales. Las oolitas pueden ser abundantes en algunos cortes y se presentan generalmente con microestructura de disolución-relleno.

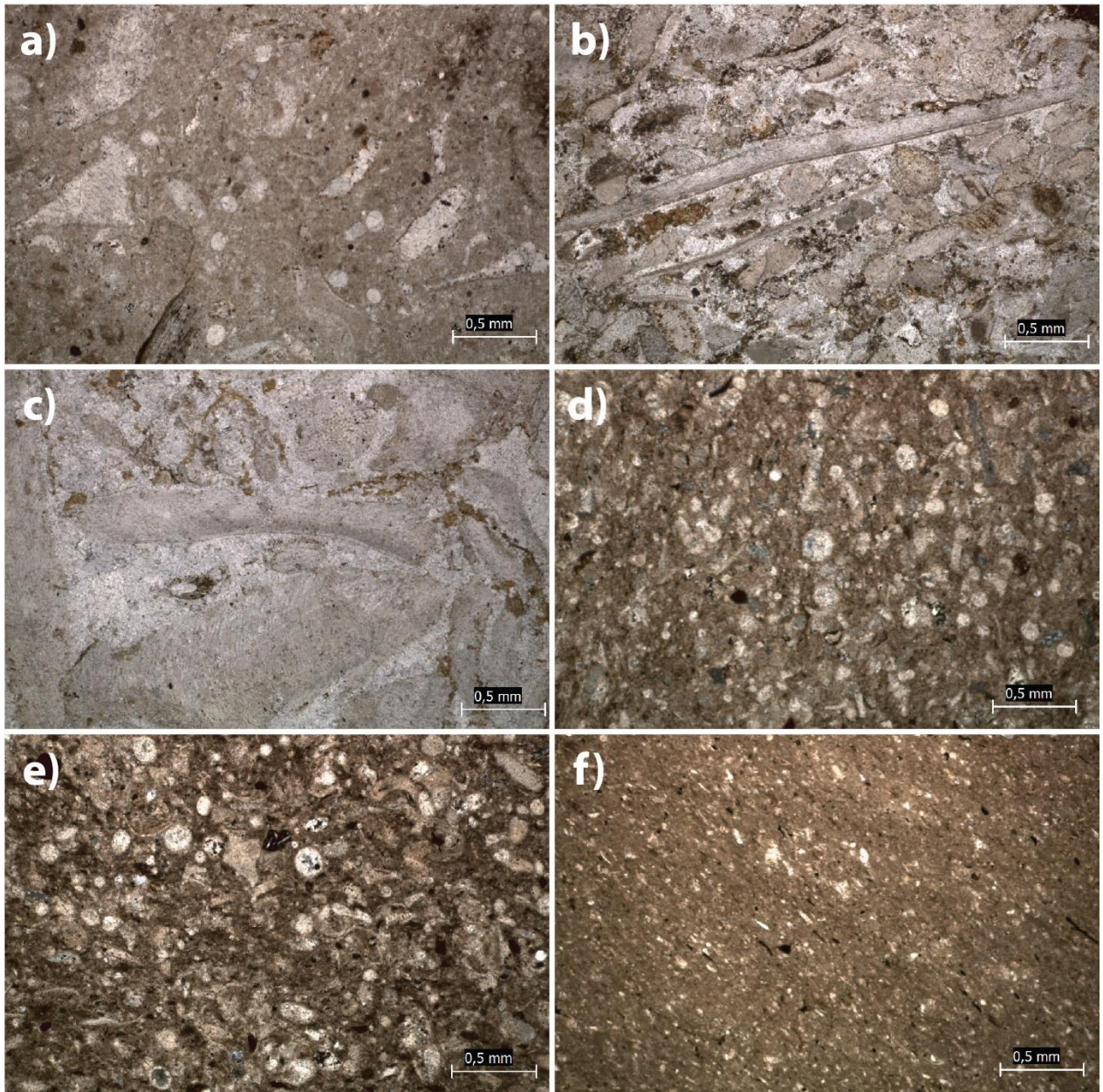


La columna estratigráfica que integra toda la información obtenida para el Miembro Cantera se muestra en la Figura 3.21.

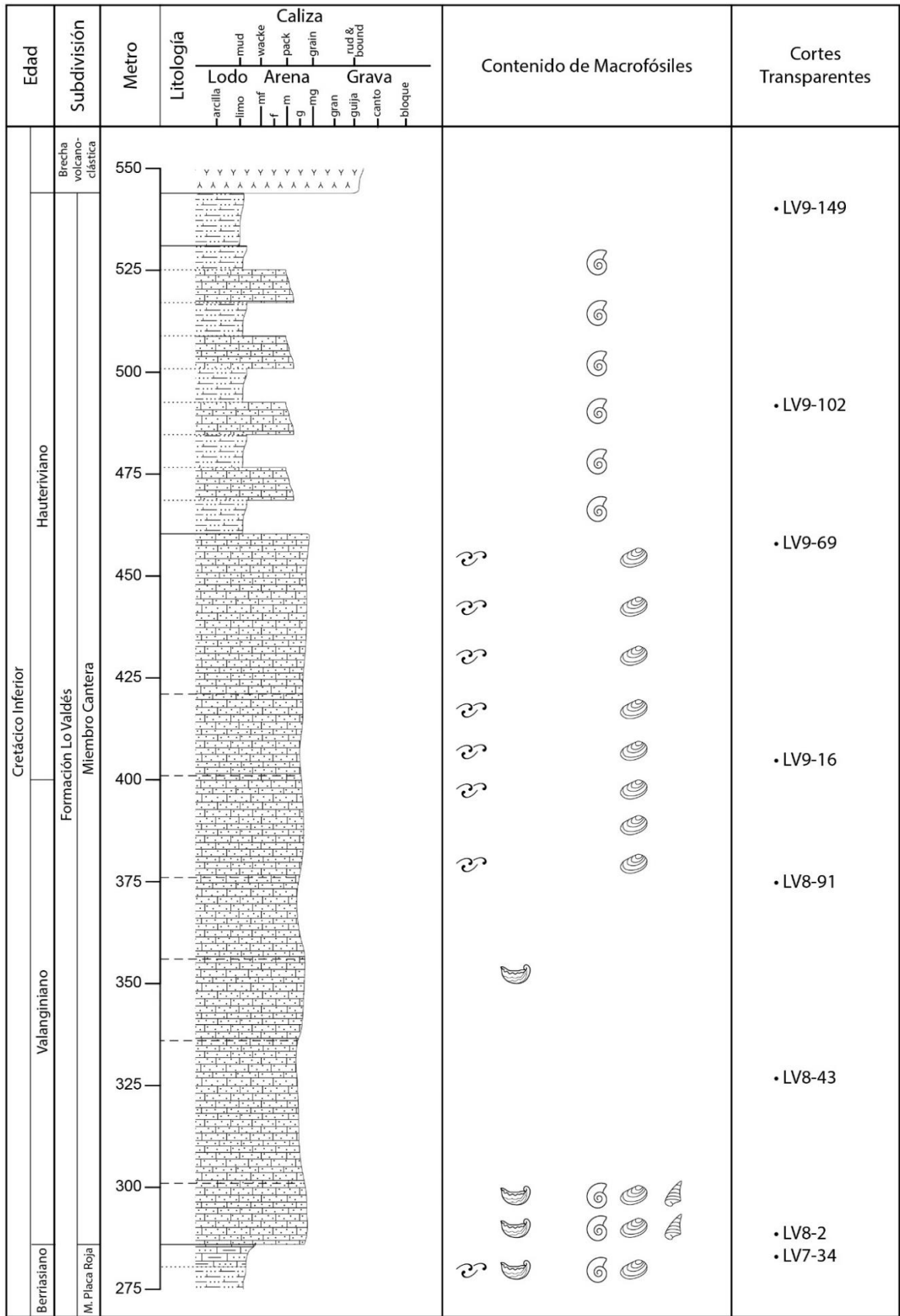


**Figura 3.19.** Miembro Cantera entre los metros 460 – 544. a) Intercalación entre estratos de fangolita calcárea poco competente y caliza arenosa (metrajes 460 – 531). b) Estrato de caliza arenosa del nivel de intercalación caliza arenosa-fangolita calcárea (vista al plano de estratificación). c) Impresión de amonite criocerátido en un estrato de caliza arenosa en el metro 485 (vista al plano de estratificación). d) Estratos de fangolita calcárea de color blanquecino sin contenido fósil (nivel 531 – 544). e) Panorámica del límite entre la Formación Lo Valdés (este) con la unidad de brecha volcanoclástica (oeste), se muestra el límite inferido entre el término de rodados de fangolita y el inicio de los afloramientos de brecha (vista al sur).





**Figura 3.20.** Litologías observadas en los cortes transparentes correspondientes al Miembro Cantera. a) *Wackstone* (Biomicrita oolítica) con abundante matriz de micrita y granos de bioclastos y oolitas (corte transparente LV8-2). b) *Packstone* (Biomicrita), fábrica bioclasto-soportada y granos de bioclastos tamaño mayormente arena (corte transparente LV8-91). c) *Rudstone* (Biomicrita), fábrica bioclasto-soportada y granos de bioclastos tamaño arena y grava (corte transparente LV9-16). d) *Packstone* (Oomicrita) con abundantes oolitas y algunos bioclastos, tamaños mayormente arena (corte transparente LV9-69). e) *Packstone* (Oomicrita fosilífera) con abundantes oolitas y bioclastos, tamaños mayormente arena (corte transparente LV9-102). f) *Calci-mudstone* (Biomicrita) mayormente conformada por matriz de micrita y con escasos bioclastos (corte transparente LV9-149).



**Figura 3.21.** Columna del Miembro Cantera en la localidad de Lo Valdés (ver simbología en Figura 1.10).



### 3.2.3 Unidad de Brecha volcániclaística

A modo de caracterizar el techo de la Formación Lo Valdés, en el presente trabajo se examinan los 9 metros iniciales de una unidad de brecha volcániclaística que se emplaza estratigráficamente sobre la Formación Lo Valdés en este sector.

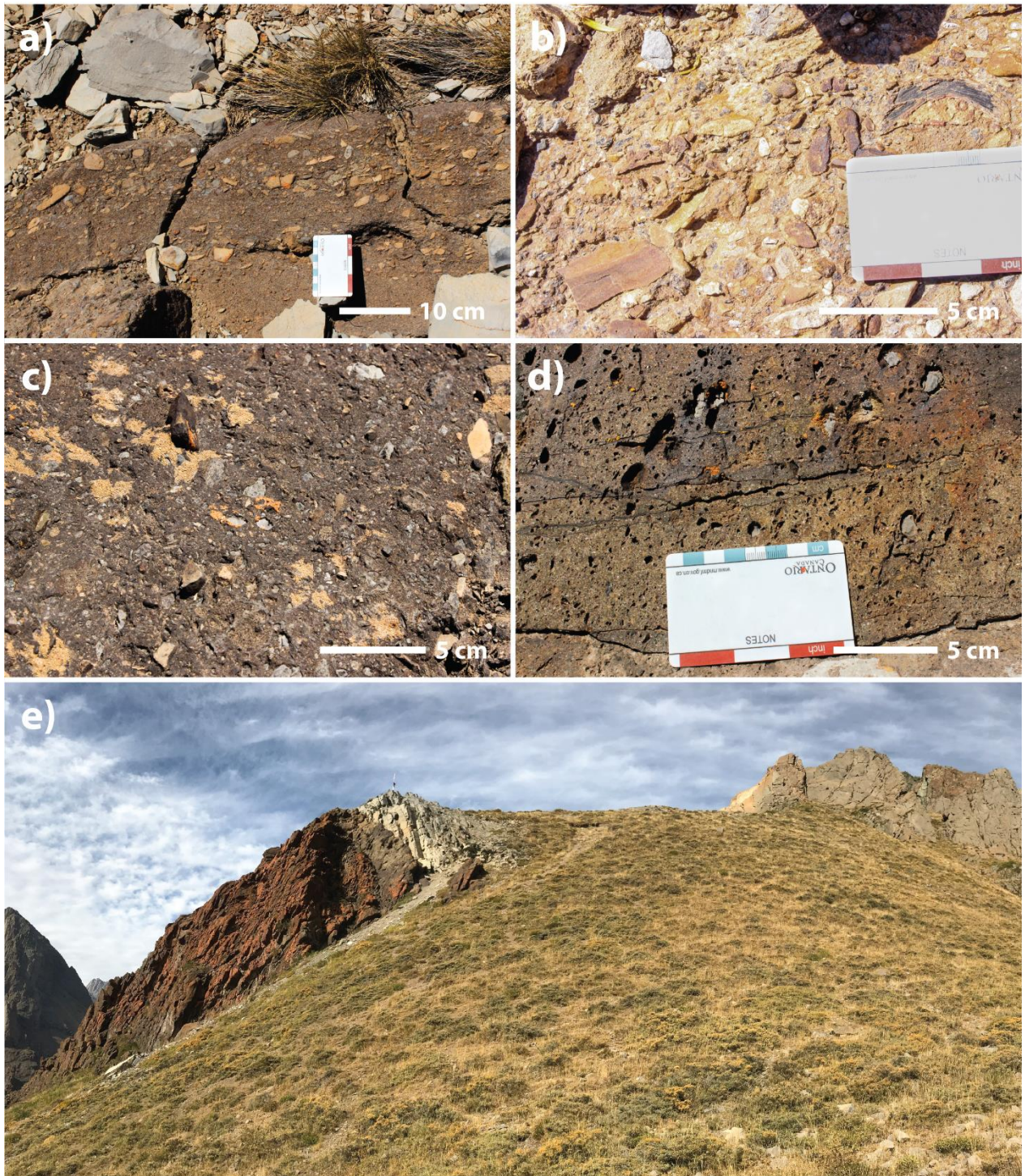
Los 2 metros iniciales se encuentran profundamente meteorizados, lo que no permite identificar un límite neto con la subyacente Formación Lo Valdés. En estos primeros metros se puede observar una toba de lapilli en donde los clastos aparentemente se encuentran orientados de forma paralela a la estratificación (Figura 3.22 a). Estos clastos son polimícticos (calizas y fangolitas), angulosos a sub-angulosos, poco esféricos y presentan tamaños de hasta 5 cm. El empaquetamiento varía de clasto-soportado a matriz-soportado.

Entre los metros 2 – 3,5 los clastos muestran una gradación normal en tamaño. Esta gradación comienza con un nivel clasto-soportado de 50 cm de potencia de toba de brecha, en donde los clastos tienen tamaños de hasta 10 cm (metros 2 – 2,5) (Figura 3.22 b). A partir del metro 2,5 la roca gradúa a una toba de lapilli a medida que los clastos reducen su tamaño a un máximo de 5 cm, formando una estructura matriz-soportada (Figura 3.22 c). Estas características se mantienen hasta el metraje 3,5. En ambos casos los clastos son de carácter polimíctico dominados por calizas, fangolitas y fragmentos fósiles (ostras y amonites), por otro lado, la matriz posee colores rojizos-morados y presenta microcristales.

Desde el metro 3,5 (hasta el final del afloramiento en el metro 9) la unidad presenta abundantes espacios vacíos producto de la pérdida de los clastos que los ocupaban (Figura 3.22 d). Tanto la matriz como los clastos aún adheridos a la roca presentan las mismas características que los metros 2,5 – 3,5 (toba de lapilli).

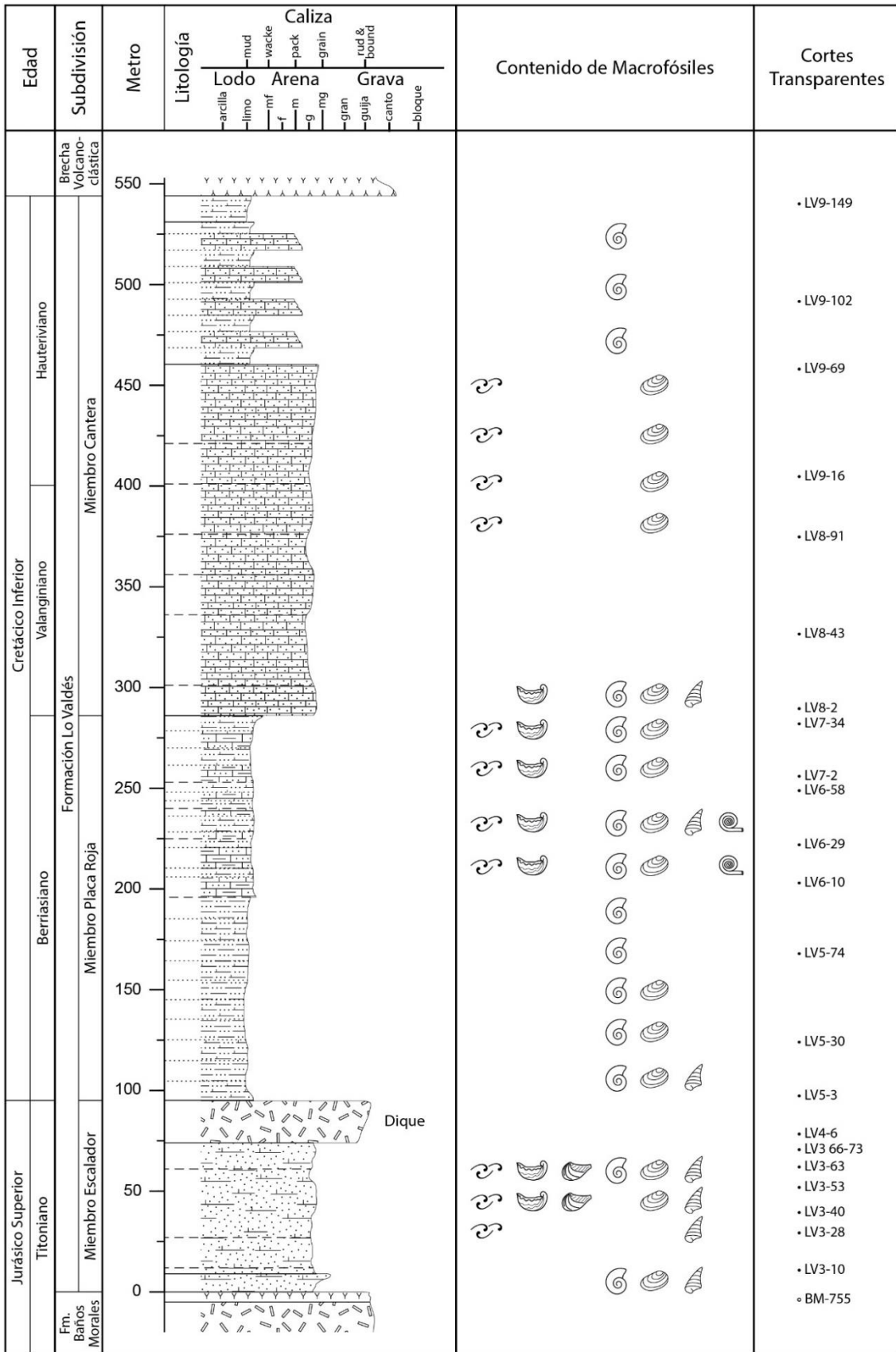
La columna realizada en este trabajo finaliza en el metro 9 de esta unidad, donde la topografía del afloramiento de brecha genera un gran “murallón” de roca rodeado por abundante vegetación, lo que hace imposible la inspección *in situ* (Figura 3.22 e). Tomando en cuenta que esta unidad presenta fósiles y clastos con litologías observables en la Formación Lo Valdés, podría interpretarse el límite entre ambas unidades como una discordancia erosiva.

La Figura 3.23 muestra la columna generalizada de la Formación Lo Valdés en su localidad tipo.



**Figura 3.22.** Unidad de brecha volcanoclástica. a) Afloramientos cerca de la base de la unidad, se observa una toba de lapilli con clastos polimícticos orientados (primeros 2 metros). b) Toba de brecha de color rojizo entre los metros 2 – 2,5, se observan clastos de caliza, fangolita y fragmentos de ostras. c) Toba de lapilli con clastos polimícticos de caliza, fangolita y fragmentos de amonites (metros 2,5 – 3,5). d) Toba de lapilli en donde la mayor parte de los clastos han sido removidos, se observan algunos clastos de fangolita aún adheridos a la matriz. e) Vista general a la morfología del afloramiento de la unidad de brecha volcanoclástica (rocas color rojizo) en un cerro con abundante suelo y vegetación, las rocas color blanquecino representan el techo del miembro Cantera (metros 396 – 544) (vista al noreste).





**Figura 3.23.** Columna total de la Formación Lo Valdés en su localidad tipo (ver simbología en Figura 1.10).

## 4 Paleontología

Aunque la transición Jurásico – Cretácico en Chile central, particularmente la representada en la sucesión sedimentaria de la Formación Lo Valdés, presenta un alto interés a nivel internacional (Salazar 2012; Reboulet *et al.* 2018), aún son reducidos los estudios paleontológicos que aborden en forma detallada y sobre la base de registros actualizados la fauna fósil allí presente, a excepción de los amonites. En efecto, la diversidad de estos cefalópodos y su significado bioestratigráfico ha sido abordado por Biro (1964, 1980) y recientemente por Salazar (2012). En cambio, otros grupos de invertebrados fósiles presentes en la Formación Lo Valdés (como bivalvos y gastrópodos) han sido estudiados en forma parcial por Biro (1964), quien entrega un listado de la fauna reconocida, pero ilustra y describe brevemente sólo algunos de estos taxones. Por último, son escasos los antecedentes acerca de la fauna de vertebrados fósiles presente en esta formación, limitándose a un estudio de Soto-Acuña *et al.* (2016) acerca de vértebras y otros restos de reptiles marinos (ictiosaurios y cocodrilos).

Para la realización de este trabajo, la fauna recolectada de anélidos, gastrópodos, bivalvos, nautiloideos y amonites es identificada tomando en consideración los antecedentes paleontológicos antes señalados y efectuando comparaciones morfológicas con especímenes afines presentes en unidades estratigráficas correlacionables de Argentina (cuenca Neuquina) y otras regiones del mundo, los cuales están ilustrados en diferentes publicaciones. Esta asignación taxonómica es complementada, a continuación, con la información paleoautoecológica conocida para el género o grupo taxonómico reconocido (modos de vida) y su procedencia estratigráfica en la sucesión sedimentaria estudiada, con el objetivo de definir tafofacies y evaluar su implicancia paleoambiental en el capítulo 5 de este trabajo.

Los ejemplares fósiles e icnofósiles fueron recolectados en los tres miembros de la Formación Valdés, en su localidad tipo, ya sea de las propias capas en donde fueron encontrados *in situ* o *ex situ* de los depósitos rodados, en ambos casos registrando o estimando su nivel de procedencia en la columna estratigráfica realizada.

### 4.1 Identificación taxonómica

Sobre la base de un total de 108 ejemplares de invertebrados fósiles recolectados durante la realización de este trabajo, son identificados, con diferente grado de certeza, 46 taxones correspondientes a anélidos (2) y moluscos (44). Estos últimos, a su vez, corresponden a gastrópodos (2 taxones), bivalvos (33 taxones), nautiloideos (1 taxón) y amonites (8 taxones). A lo anterior se suman dos huellas de invertebrados atribuidas a los icnogéneros *Planolites* y *Thalassinoides*.

La preservación de los bivalvos fósiles en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés es en general deficiente, lo que dificulta la identificación taxonómica ya sea a nivel específico o incluso genérico. El tipo de preservación predominante es el de molde interno o vaciado (en algunos casos compuesto, es decir, donde superficies morfológicas diferentes se preservan sobreimpuestas en una sola). A lo anterior se suma la frecuente deformación que presentan los fósiles a lo largo de la sucesión, así como el desgaste de la superficie o capas externas de las conchillas, lo que impide conocer el tipo y patrón general de la ornamentación. Si bien lo antes señalado tiene lugar en la mayoría de los bivalvos disponibles para este estudio (e.g en los representantes de los géneros *Isocyprina* y *Sphaera*), en los trigoniidos se preserva con frecuencia la conchilla, independiente de que el ejemplar se encuentre articulado o desarticulado. Por otra parte, las ostras del género *Aetostreon* conservan con frecuencia al menos las capas más externas de la conchilla, mostrando un alto grado de detalle de la ornamentación en su superficie.

En el caso de los amonites, la preservación consiste principalmente en moldes internos con frecuente aplastamiento o deformación lateral (compresión). Predominan las últimas vueltas y/o cámaras de habitación, las cuales suelen exhibir el patrón general de la ornamentación (constituida en especial por costillas y/o tubérculos) y la morfología de la zona ventral, facilitando su identificación a nivel de género o especie. Cuando los ejemplares presentan la zona del umbilico, esta con frecuencia carece de rasgos morfológicos bien preservados.

A pesar de que el tipo de preservación, en general deficiente, puede dificultar o incluso impedir una identificación taxonómica certera (principalmente en los bivalvos), el estudio tafonómico en el cual se centra este trabajo requiere ante todo una apropiada estimación del modo y condiciones de vida de los taxones reunidos (características paleoautoecológicas). Esto puede ser inferido a partir de la propia morfología de la conchilla (por ejemplo, de un bivalvo) o de lo que se conoce acerca de la paleoecología del grupo biológico (género o familia) con el cual un ejemplar presenta mayor afinidad morfológica y cuyos representantes se encuentran en facies sedimentarias similares.

En términos generales, la identificación de los anélidos está basada en Parsch (1956), Camacho (1966) y Lazo *et al.* (2007). Por otro lado, la determinación de los gastrópodos se apoya en Lazo (2004) y Cataldo (2008). La literatura primaria utilizada para la asignación taxonómica de los bivalvos corresponde a Weaver (1931), Cox *et al.* (1969), Stenzel (1971), Pérez & Reyes (1983), Damborenea *et al.* (1992) y Lazo (2004). Finalmente, la identificación de los cefalópodos se basa en Cichowolski (2003), Cichowolski *et al.* (2004), Salazar *et al.* (2014) y Salazar (2012).

En las tablas 4.1 a 4.3 se entrega el listado taxonómico completo de los fósiles analizados en este trabajo. Además, allí se indica la referencia bibliográfica principal en la que se basa tal identificación, la cantidad de ejemplares disponibles y la figura donde se ilustra alguno de dichos especímenes.

Listado taxonómico	Referencia <sup>1</sup>	Cantidad de ejemplares <sup>2</sup>	Figura <sup>3</sup>
<b>Phylum Annelida</b>			
Clase Polychaeta			
Orden Sabellida			
Familia Serpulidae			
<i>Rotularia sp.</i>	Lazo <i>et al.</i> (2007)	2	4.1 a
<i>Serpula sp.</i>	Parsch (1956)	1	4.1 b
<b>Phylum Mollusca</b>			
Clase Gastropoda			
Subclase Caenogastropoda			
Familia Tylostomatidae			
<i>Tylostoma sp.</i>	Cataldo (2008)	2	4.1 c-d
Familia Aporrhaidae			
<i>Protohemichenopus? sp.</i>	Cataldo (2008)	1	4.1 e
Clase Bivalvia			
Orden Mytilida			
Familia Mytilidae			
<i>Falcimytilus? sp.</i>	Damborenea <i>et al.</i> (1992)	1	4.1 f
Mytilidae? indet.	Cox <i>et al.</i> (1969)	1	4.1 g
Orden Arcida			
Familia Cucullaeidae			
<i>Cucullaea (N.) gabrielis</i> Leymerie	Lazo (2004)	1	4.1 h
Familia Parallelodontidae			
<i>Grammatodon sp.</i>	Cox <i>et al.</i> (1969)	1	4.1 i
Orden Ostreida			
Familia Gryphaeidae			
<i>Aetostreon sp.</i>	Stenzel (1971)	12	4.1 j-l, 4.2 a
<i>Aetostreon? sp.</i>	Stenzel (1971)	1	4.2 b
Orden Pectinida			
Familia Pectinidae			
Pectinidae indet.	Cox <i>et al.</i> (1969)	1	4.2 c
Familia Limidae			
Limidae indet.	Lazo (2004)	1	4.2 d

**Tabla 4.1.** Listado de taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés (continúa en las tablas 4.2 y 4.3). <sup>1</sup> Publicación principal, en lo posible actualizada, sobre cuya base se efectuó la identificación taxonómica entregada. <sup>2</sup> Cantidad de ejemplares recolectados en este estudio que son asignados al taxón. <sup>3</sup> Figura donde se ilustra el taxón señalado.

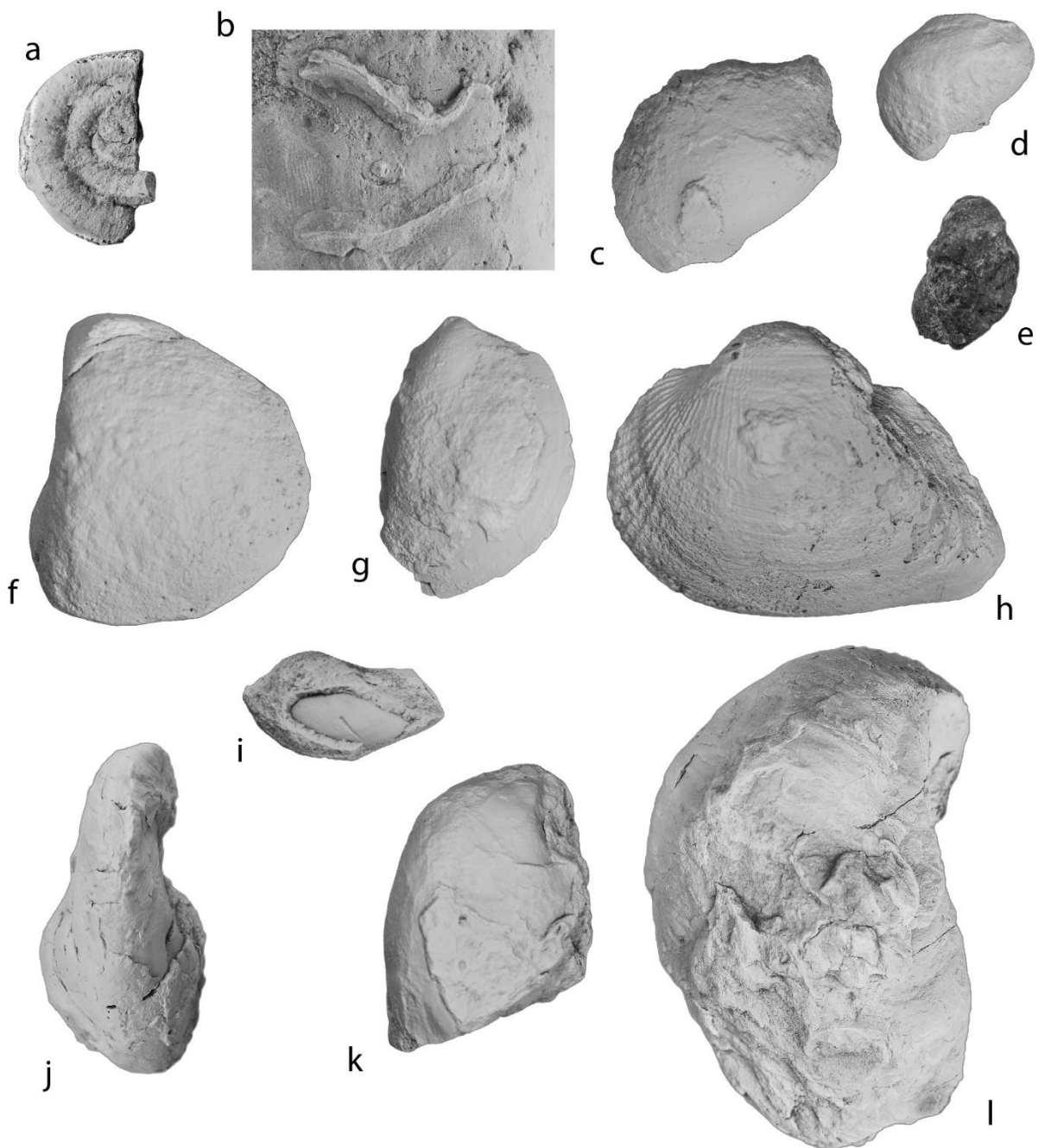
Listado taxonómico	Referencia <sup>1</sup>	Cantidad de ejemplares <sup>2</sup>	Figura <sup>3</sup>
Clase Bivalvia (continuación)			
Orden Trigoniida			
Familia Trigoniidae			
<i>Trigonia carinata</i> Agassiz	Lazo (2004)	1	4.2 e-f
Familia Megatrigoniidae			
<i>Anditrigonia eximia</i> (Philippi)	Perez & Reyes (1983)	5	4.2 g-h
<i>Anditrigonia discors</i> (Philippi)	Perez & Reyes (1983)	1	4.2 i
<i>Pterotrigonia</i> sp.	Lazo (2004)	3	4.2 j-k
Orden Carditida			
Familia Crassatellidae			
<i>Crassatella?</i> sp.	Cox <i>et al.</i> (1969)	2	4.2 l
<i>Ptychomya koeneni</i> Behrendsen	Lazo (2004)	1	4.3 a
Familia Astartidae			
<i>Eriphyla</i> sp.	Cox <i>et al.</i> (1969)	5	4.3 b
Opinae indet.	Cox <i>et al.</i> (1969)	2	4.3 c
Orden Lucinida			
Familia Lucinidae			
<i>Lucina</i> aff. <i>leufuensis</i> Weaver	Weaver (1931)	1	4.3 d
<i>Lucina?</i> sp.	Cox <i>et al.</i> (1969)	2	4.3 e
<i>Sphaera koeneni</i> (Behrendsen)	Lazo (2004)	2	4.3 f
<i>Sphaera</i> sp.	Lazo (2004)	6	4.3 g
<i>Sphaera?</i> sp.	Lazo (2004)	4	4.3 h
Familia Mactromyidae			
<i>Mactromya?</i> sp.	Cox <i>et al.</i> (1969)	2	4.3 i-j
Orden Cardiida			
Familia Pterocardiidae			
<i>Pterocardia</i> sp.	Cox <i>et al.</i> (1969)	1	4.3 k
Familia Tellinidae			
<i>Tellina?</i> sp.	Cox <i>et al.</i> (1969)	2	4.3 l
Familia Tancrediidae			
<i>Tancredia?</i> sp.	Cox <i>et al.</i> (1969)	1	4.3 m

**Tabla 4.2.** Listado de taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés (continuación de la Tabla 4.1). <sup>1</sup> Publicación principal, en lo posible actualizada, sobre cuya base se efectuó la identificación taxonómica entregada. <sup>2</sup> Cantidad de ejemplares recolectados en este estudio que son asignados al taxón. <sup>3</sup> Figura donde se ilustra el taxón señalado.

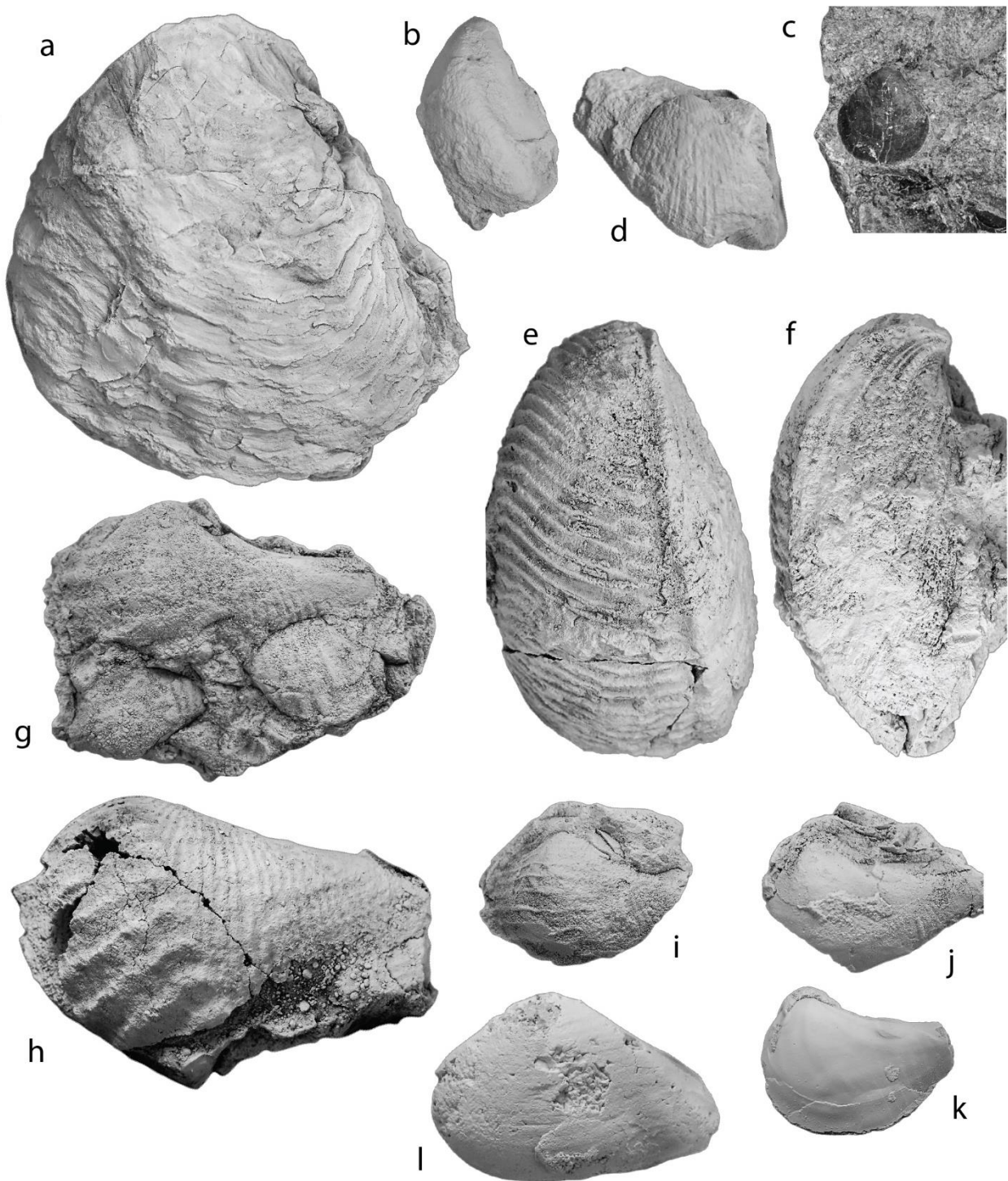
Listado taxonómico	Referencia <sup>1</sup>	Cantidad de ejemplares	Figura
Clase Bivalvia			
Orden Cardiida (continuación)			
Familia Arctiidae			
<b><i>Isocyprina?</i> sp.</b>	Cox <i>et al.</i> (1969)	4	4.4 a
Familia Corbiculidae			
<b><i>Eocallista?</i> sp.</b>	Cox <i>et al.</i> (1969)	2	4.4 b
Familia Glossidae			
<b>'<i>Isocardia?</i>' sp.</b>	Weaver (1931)	1	4.4 c
Familia Veneridae			
<b><i>Aphrodina</i> sp.</b>	Cox <i>et al.</i> (1969)	2	4.4 d
<b>Veneridae indet.</b>	Cox <i>et al.</i> (1969)	3	4.4 e
Familia Neomiodontidae			
<b><i>Neomiodon</i> sp.</b>	Cox <i>et al.</i> (1969)	3	4.4 f-g
Orden Pholadomyida			
Familia Pholadomyidae			
<b><i>Pholadomya gigantea</i> Sowerby</b>	Lazo (2004)	4	4.4 h-i
<b><i>Pholadomya (Bucardiomya)?</i> sp.</b>	Cox <i>et al.</i> (1969)	1	4.4 j
Clase Cephalopoda			
Orden Nautilida			
Familia Nautilidae			
<b><i>Cymatoceras?</i> sp.</b>	Salazar <i>et al.</i> (2014)	1	4.5 a
Orden Ammonoidea			
Familia Himalayitidae			
<b><i>Micracanthoceras microcanthum</i> (Opp.)</b>	Salazar (2012)	1	4.5 b
<b><i>Corongoceras alternans</i> (Gerth)</b>	Salazar (2012)	3	4.5 c-d
Familia Olcostephanidae			
<b><i>Spiticeras tripartitum</i> (Hupé)</b>	Salazar (2012)	8	4.5 e
Familia Neocomitidae			
<b><i>Substeueroceras calistoide</i> (Behr.)</b>	Salazar (2012)	1	4.5 f
<b><i>Substeueroceras koeneni</i> (Steuer)</b>	Salazar (2012)	2	4.5 g
<b><i>Substeueroceras</i> sp.</b>	Salazar (2012)	3	4.6 a
<b><i>Cuyaniceras</i> sp.</b>	Salazar (2012)	2	4.6 b-c
Familia Ancyloceratidae			
<b><i>Crioceratites?</i> sp.</b>	Salazar (2012)	1	4.6 d

**Tabla 4.3.** Listado de taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés (continuación de la Tabla 4.2). <sup>1</sup> Publicación principal, en lo posible actualizada, sobre cuya base se efectuó la identificación taxonómica entregada. <sup>2</sup> Cantidad de ejemplares recolectados en este estudio que son asignados al taxón. <sup>3</sup> Figura donde se ilustra el taxón señalado.



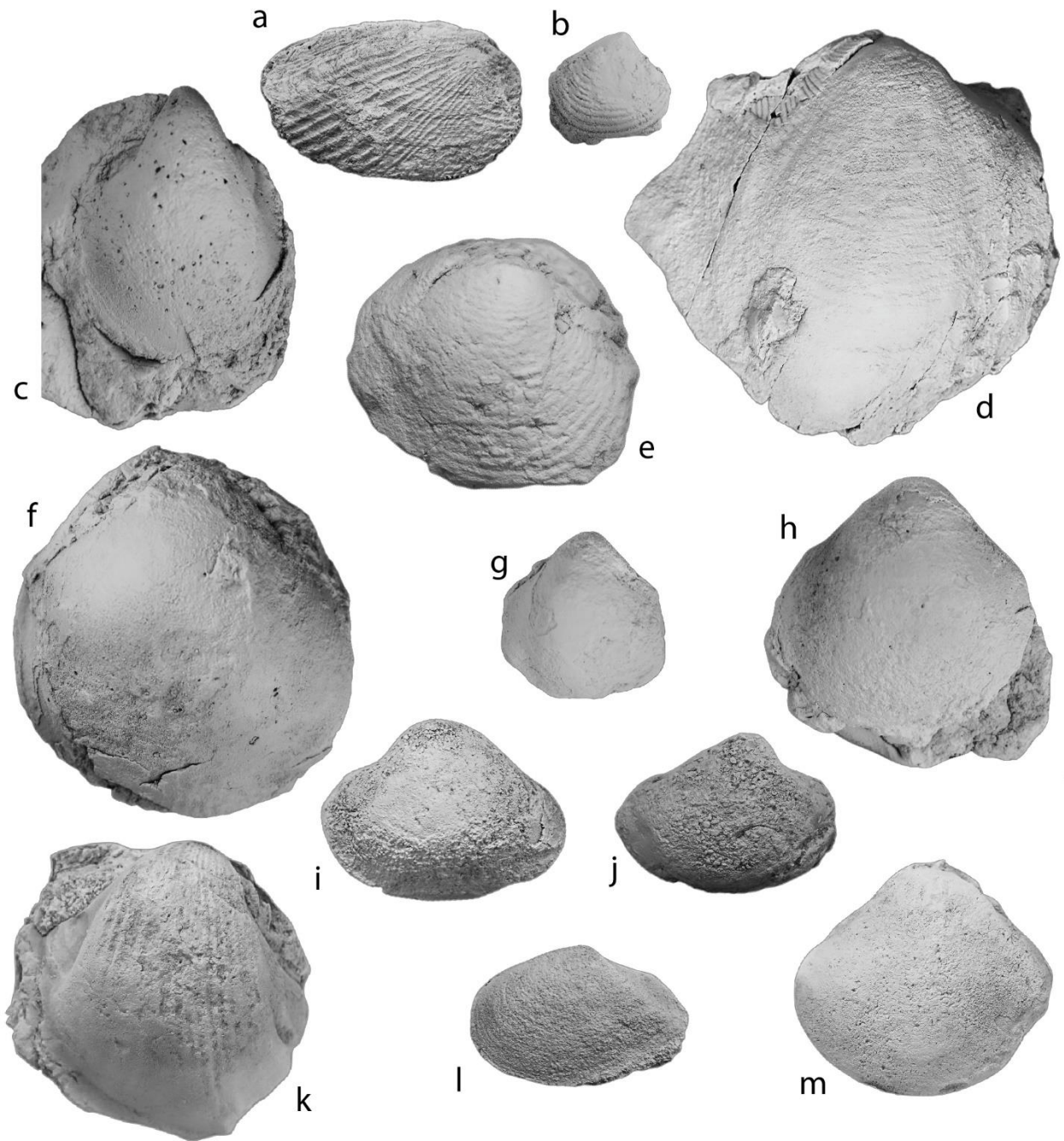


**Figura 4.1.** Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés. **a:** *Rotularia* sp., PR/224/3, x1,5. **b:** *Serpula* sp., PR/261/1, x1. **c-d:** *Tylostoma* sp. **c:** CN/286-301/11 en vista lateral, x1. **d:** CN/286-301/10 en vista lateral, x1. **e:** *Protohemichenopus?* sp., PR/186-206/8 en vista lateral, x1. **f:** *Falcimyltilus?* sp., CN/286-301/22 en vista a la valva izquierda, x1. **g:** *Mytilidae?* indet., PR/224/4 en vista a la valva izquierda, x1. **h:** *Cucullaea* (N.) *gabrielis*, PR/286-206/5 en vista a la valva izquierda, x1. **i:** *Grammatodon* sp., PR/196-206/4 en vista a la valva izquierda, x1. **j-l:** *Aetostreon* sp. **j:** PR/225/3 en vista a la valva izquierda, x1. **k:** PR/225/2 en vista a la valva izquierda, x1. **l:** CN/286-301/13 en vista a la valva izquierda, x0,75.

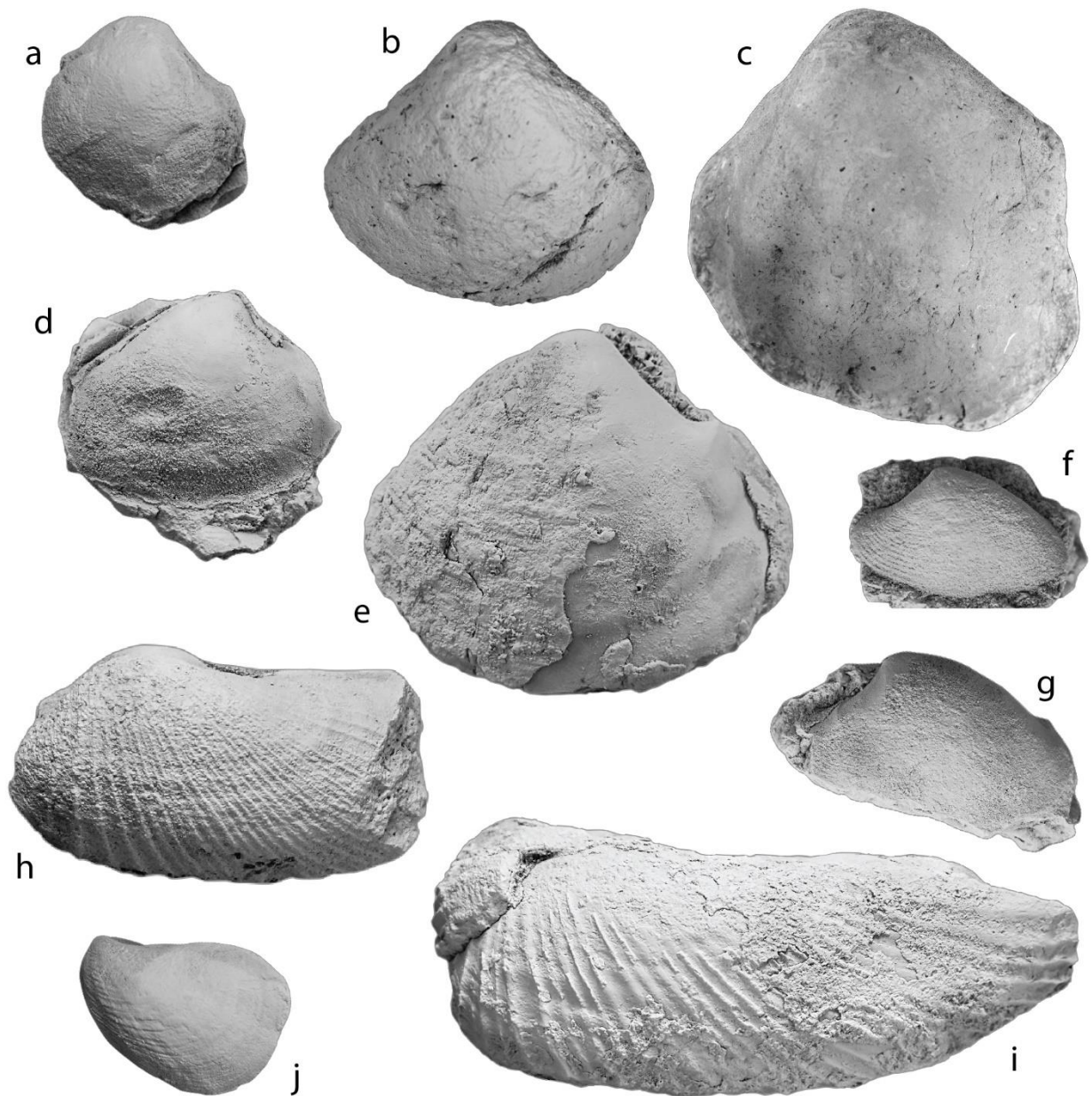


**Figura 4.2.** Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés. **a:** *Aetostreon* sp., CN/286-301/12 en vista a la valva izquierda, x0,75. **b:** *Aetostreon?* sp., PR/224/2 en vista a la valva izquierda, x1. **c:** Pectinidae indet., ES/12-27/1, x2. **d:** Limidae indet., CN/286-301/25 vista a la valva izquierda, x1,5. **e-f:** *Trigonia carinata*, ES/42,5/3 en vista a la valva izquierda y dorsal, x0,7. **g-h:** *Anditrigonia eximia*. **g:** ES/42,5/4 en vista a la valva izquierda, x0,75. **h:** ES/42,5/1 en vista a la valva izquierda, x0,75. **i:** *Anditrigonia discors*, ES/12-27/13 en vista a la valva izquierda, x1. **j-k:** *Pterotrigonia* sp. **j:** ES/12-27/10 en vista a la valva izquierda, x1. **k:** PR/186-206/7 en vista a la valva izquierda, x1. **l:** *Crassatella?* sp., CN/286-301/29 en vista a la valva izquierda, x1.



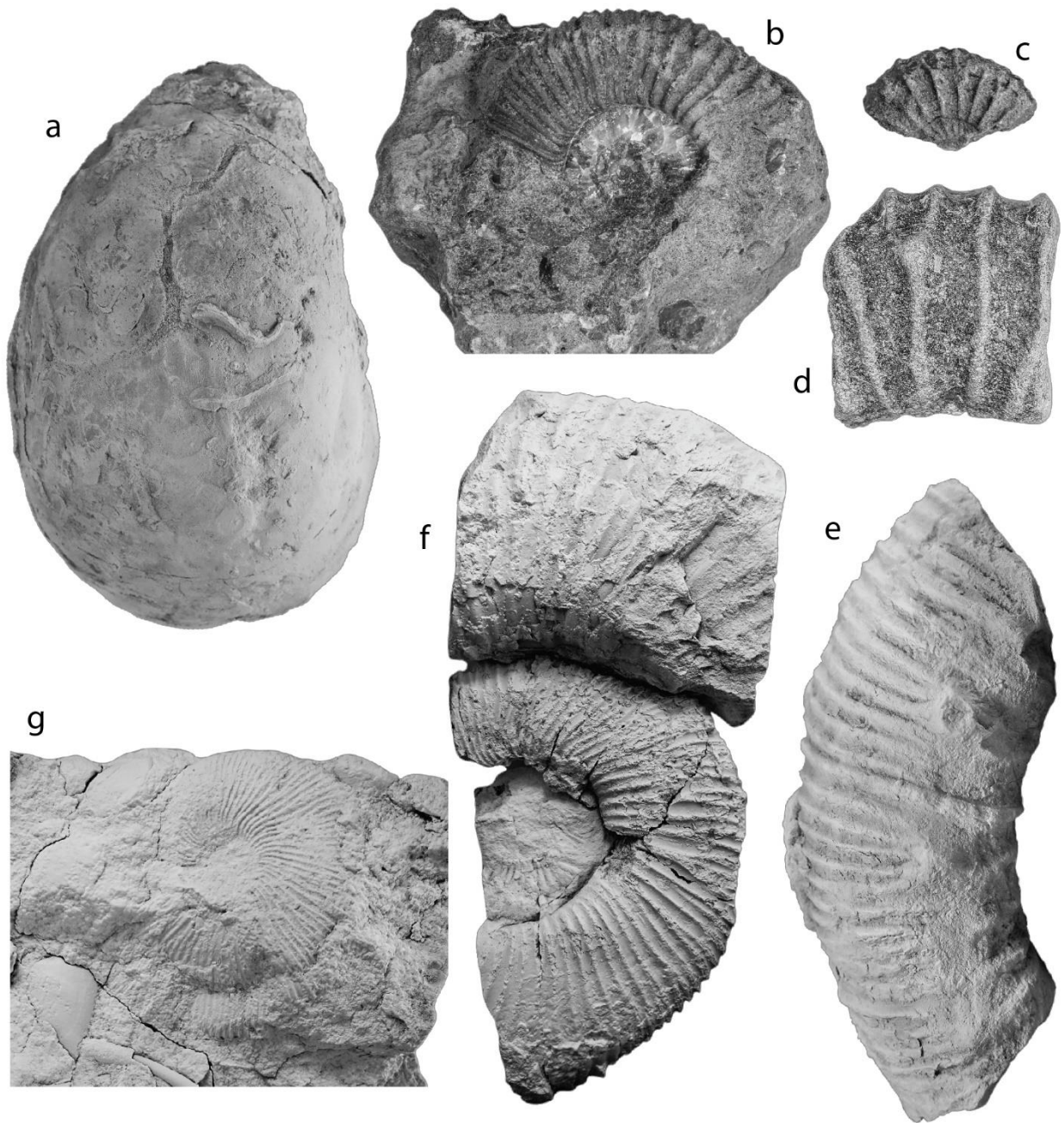


**Figura 4.3.** Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés. **a:** *Ptychomya koeneni*, CN/286-301/28 en vista a la valva derecha, x1. **b:** *Eriphyla* sp., ES/12-27/18 en vista a la valva derecha, x1. **c:** Opinae indet., CN/286-301/26 en vista a la valva izquierda, x1. **d:** *Lucina* aff. *leufuensis*, ES/55/2 en vista a la valva derecha, x0,75. **e:** *Lucina?* sp., ES/12-27/8, x1. **f:** *Sphaera koeneni*, CN/286-301/16 en vista a la valva izquierda, x1. **g:** *Sphaera* sp., CN/286-301/17 en vista a la valva derecha, x1. **h:** *Sphaera?* sp., CN/286-301/18 en vista a la valva derecha, x1. **i-j:** *Mactromya?* sp. **i:** ES/12-27/12 en vista a la valva izquierda, x1. **j:** ES/12-27/4 en vista a la valva derecha, x1. **k:** *Pterocardia* sp., CN/286-301/24 en vista a la valva derecha, x1. **l:** *Tellina?* sp., ES/12-27/19 en vista a la valva izquierda, x1,5. **m:** *Tancredia?* sp., CN/286-301/21, x1.



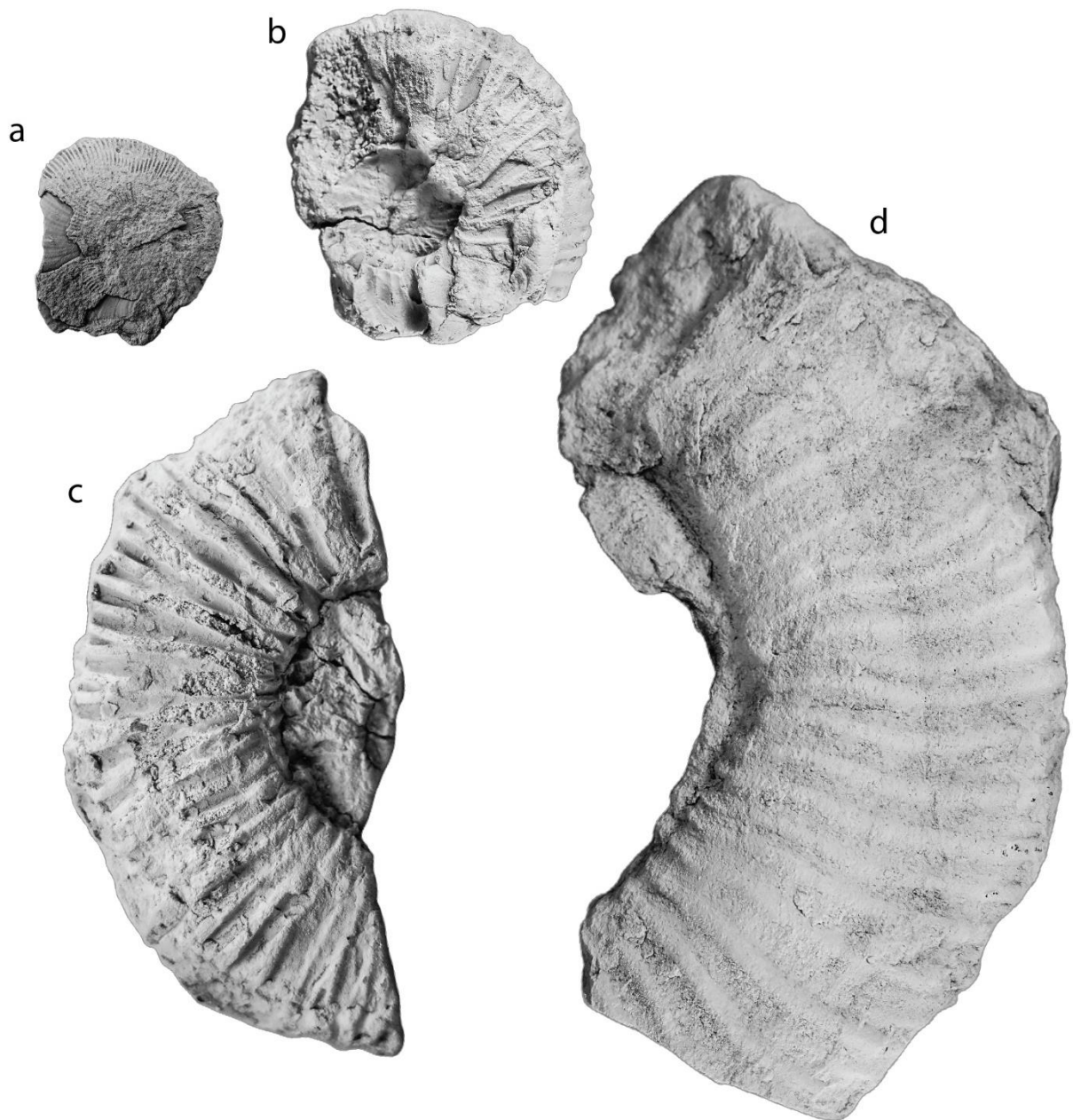
**Figura 4.4.** Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés. **a:** *Isocyprina?* sp., ES/12-27/11 en vista a la valva derecha, x1. **b:** *Eocallista?* sp., CN/286-301/15 en vista a la valva derecha, x1. **c:** '*Isocardia*' sp., CN/286-301/14 en vista a la valva izquierda, x1. **d:** *Aphrodina* sp., ES/12-27/6 en vista a la valva derecha, x1. **e:** Veneridae indet., CN/286-301/20 en vista a la valva derecha, x1. **f-g:** *Neomiodon* sp. **f:** ES/12-27/15 en vista a la valva izquierda, x1,5. **g:** ES/12-27/7 en vista a la valva izquierda, x1. **h-i:** *Pholadomya gigantea*. **h:** ES/12-27/5 en vista a la valva izquierda, x1. **i:** ES/55/1 en vista a la valva izquierda, x1. **j:** *Pholadomya (Bucardiomya)?* sp., ES/12-27/16 en vista a la valva izquierda, x1.





**Figura 4.5.** Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés. **a:** *Cymatoceras?* sp., PR/261/1, x0,5. **b:** *Micracanthoceras microcanthum*, ES/12-27/22, x1. **c-d:** *Corongoceras alternans*. **c:** ES/12-27/21, x1. **d:** ES/12-27/20, x1. **e:** *Spiticeras tripartitum*, CN/286-301/3, x0,75. **f:** *Substeuerocheras calistoide*, PR/196-206/2, x0,75. **g:** *Substeuerocheras koeneni*, PR/224/1, x1.





**Figura 4.6.** Taxones identificados en este trabajo en la localidad tipo de la Formación lo Valdés. **a:** *Substeueroceras* sp., PR/225/4, x1. **b-c:** *Cuyanicerias* sp. **b:** CN/286-301/7, x1. **c:** CN/286-301/4, x1. **d:** *Crioceratites?* sp., CN/513/1, x1.

## 4.2 Paleoecología

Un objetivo importante del estudio paleontológico es conocer el significado funcional y/o adaptativo de las partes que constituyeron a un organismo (como la conchilla externa) y su relación con el medio ambiente en el que habría vivido (Kauffman 1969). Dentro de los invertebrados, la clase Bivalvia es el grupo taxonómico más propicio para efectuar dicho tipo de análisis y establecer interpretaciones paleoecológicas y paleoambientales,

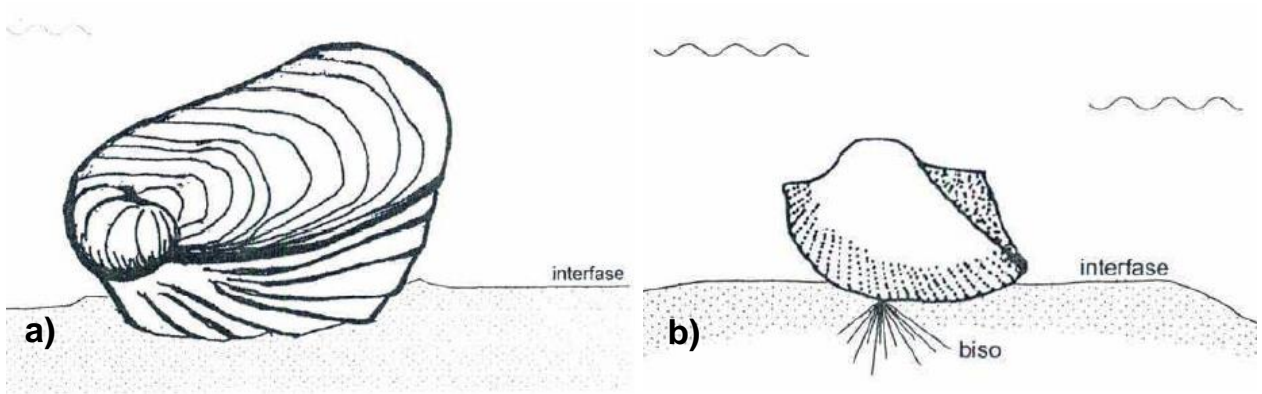
dado que muestran un amplio rango de variabilidad morfológica, sus partes blandas pueden ser inferidas en cierta medida por la morfología de la conchilla, esta última generalmente presenta rasgos morfológicos y de ornamentación vinculados, además, al modo de vida del organismo, su registro fósil es abundante y, por último, la ecología de los moluscos actuales está bien documentada, pudiendo extrapolarse tal información al registro fósil (Kauffman 1969). Por ello, este estudio se centrará en las implicancias paleoecológicas que representan los bivalvos identificados en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés.

Los bivalvos marinos bentónicos (es decir, que viven asociados al sustrato) presentan diferentes hábitos o modos de vida según la profundidad a la que habitan (con respecto a la interfaz agua-sedimento) y su mecanismo de estabilización o disposición de sus valvas. En términos generales, y en directa relación con el material estudiado en este trabajo, se consideran los siguientes hábitos o modos de vida bentónicos:

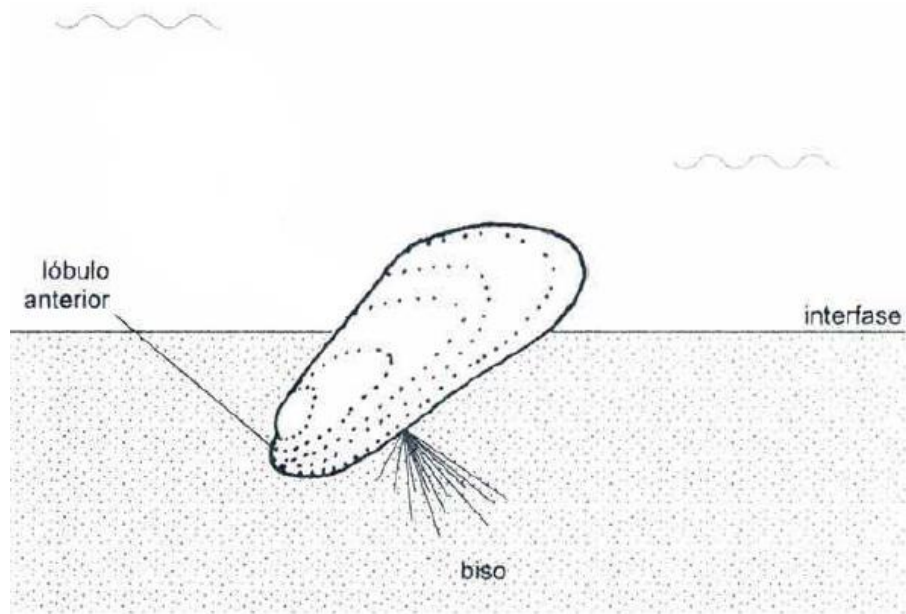
**-Epifaunal:** Viven sobre la superficie del sustrato. Allí pueden yacer en forma libre, estabilizados por la mayor convexidad o grosor de alguna de las valvas (reclinantes o posados) o, en cambio, vivir fijos al sustrato mediante un biso o por cementación directa de una de sus valvas (Camacho *et al.* 2007; Lazo 2004) (Figura 4.7).

**-Semi-infaunal:** Es aquel donde los individuos disponen sus conchillas en la interfase agua-sedimento, de manera que una parte está enterrada en el sustrato. La estabilización se logra tanto por una mayor elevación de la superficie o grosor de la conchilla en la porción enterrada, como por fijación mediante un biso a un fragmento de roca o conchilla enterrado en el sustrato (Lazo 2004) (Figura 4.8).

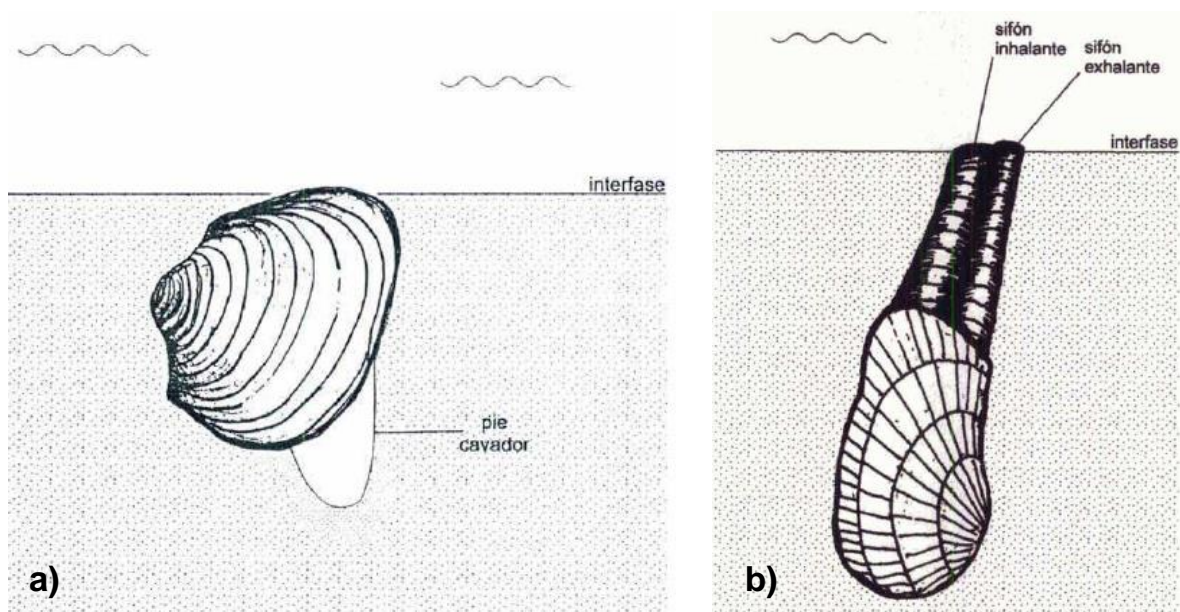
**-Infaunal:** Viven enterrados en el sustrato (completa o casi completamente por debajo de la interfase agua-sedimento), el cual excavan, en general, utilizando un pie bien desarrollado (Lazo 2004). El estilo de vida infaunal puede dividirse en dos tipos: infaunal somero e infaunal profundo. Las especies infaunales someras ubican el margen posterior de la conchilla cerca o alineada con la interfase agua-sedimento. Este estilo de vida las protege relativamente de los predadores pero no del retrabajo por olas y corrientes (Lazo 2004) (Figura 4.9 a). Por otro lado, los bivalvos infaunales profundos son aquellos cavadores en donde la conchilla está alejada de la interfase agua-sedimento, pudiendo situarse hasta decenas de centímetros bajo ella, de manera que el organismo se conecta a la superficie (para la circulación de agua, filtración, respiración, etc.) mediante sifones y/o tubos modelados en el sedimento (Lazo 2004) (Figura 4.9 b). Este modo de vida es relativamente estable (con baja movilización del propio organismo), y facilita su preservación al mantener aislado al bivalvo de la superficie del sustrato y de las corrientes que actúan cerca de la interfase (Lazo 2004).



**Figura 4.7.** Ilustración de modos de vida epifaunales. a) Modo de vida epifaunal libre (reclinante), ejemplificado con una ostra del género *Aetostreon*. b) Modo de vida epifaunal bisado, mostrando a un bivalvo arcoideo. Tomados de Lazo (2004).



**Figura 4.8.** Ilustración del modo de vida semi-infaunal, basado en un bivalvo del género *Modiolus*. Tomado de Lazo (2004).



**Figura 4.9.** Ilustración de los modos de vida infaunal somero y profundo. a) Modo de vida infaunal somero, basado en un ejemplar de *Cucullaea*. b) Modo de vida infaunal profundo, considerando un representante de *Pholadomya*. Tomados de Lazo (2004).

La principal literatura utilizada para señalar el modo de vida de los taxones aquí abordados es la de Cox *et al.* (1969), Villamil *et al.* (1998), Aberhan *et al.* (2004), Kiessling (2004), Lazo (2004), Lazo (2007a y b) y Luci & Lazo (2012). Dentro del total de 33 taxones de bivalvos abordados en este estudio, se identifican los siguientes modos de vida: epifaunal bisado (2 taxones), epifaunal libre (3 taxones), epifaunal (1 taxón), semi-infaunal (1 taxón), infaunal (8 taxones), infaunal somero (9 taxones) e infaunal profundo (8 taxones). En los casos en donde no se especificó un subtipo particular de modo de vida, por ejemplo en los taxones asignados a un hábito de vida epifaunal (y no epifaunal libre o bisado) o infaunal (y no infaunal somero o profundo), se debe a que la literatura consultada no profundiza más respecto al modo de vida del taxón o grupo taxonómico en cuestión.

Hay cierta discrepancia respecto al modo de vida de algunos representantes de la superfamilia Trigoniacea, en particular de la especie *Trigonia carinata*. Al igual que Lazo (2004), diferentes autores proponen un hábito de vida infaunal somero para este taxón, basándose en el análisis de su morfología funcional y en la comparación con especies actuales de *Neotrigonia*. En cambio, Villamil *et al.* (1998) indican que estos individuos están pobremente adaptados para el modo de vida infaunal y que, en su lugar, el análisis morfológico y de los epibiontes presentes en las conchillas de ejemplares bien preservados indicaría un hábito semi-infaunal para el caso de *Trigonia carinata*. A pesar de los abundantes estudios existentes sobre los representantes de Trigoniacea (particularmente de los géneros *Trigonia* y *Steinmanella*) esta problemática aún no está resuelta (Luci & Lazo 2012), aunque existe consenso en que la mayoría de las trigonias son enterrantes someros.



La Tabla 4.4 presenta los hábitos o modos de vida asignados a los taxones de bivalvos identificados en este estudio, indicando además el taxón o grupo biológico (género, familia, etc.) al que fue relacionado y la publicación de referencia en donde se discute la paleoecología de estos últimos.

Listado taxonómico	Taxón o grupo biológico de comparación*	Modo de vida
<i>Falciomytilus?</i> sp.	Familia Mytilidae	Epifaunal bisado <sup>2</sup>
Mytilidae? indet.		
<i>Cucullaea (N.) gabrielis</i>	<i>Cucullaea (N.) gabrielis</i>	Infaunal somero <sup>1</sup>
<i>Grammatodon</i> sp.		
<i>Aetostreon</i> sp.	<i>Aetostreon</i> sp.	Epifaunal libre (Reclinante) <sup>1</sup>
<i>Aetostreon?</i> sp.		
Pectinidae indet.	Familia Pectinidae	Epifaunal <sup>3</sup>
Limidae indet.	Limidae gen. et sp. indet.	Epifaunal libre, temporalmente sésil <sup>1</sup>
<i>Trigonia carinata</i>	<i>Trigonia carinata</i>	Infaunal somero <sup>1</sup> . semi-infaunal <sup>4</sup>
<i>Anditrigonia eximia</i>	<i>Pterotrigonia</i> sp. indet.	Infaunal somero <sup>1</sup>
<i>Anditrigonia discors</i>		
<i>Pterotrigonia</i> sp.		
<i>Crassatella?</i> sp.	Familia Crassatellidae	Infaunal somero <sup>2</sup>
<i>Ptychomya koeneni</i>	<i>Ptychomya koeneni</i>	Infaunal somero <sup>1</sup>
<i>Eriphyla</i> sp.	<i>Eriphyla argentina</i>	Infaunal somero <sup>1</sup>
Opinae indet.	Superfamilia Crassatelloidea	Infaunal <sup>2</sup>
<i>Lucina</i> aff. <i>leufuensis</i>	Género <i>Lucina</i>	Infaunal <sup>2</sup>
<i>Lucina?</i> sp.		
<i>Sphaera koeneni</i>	<i>Sphaera koeneni</i>	Infaunal profundo <sup>1</sup>
<i>Sphaera</i> sp.		
<i>Sphaera?</i> sp.		
<i>Mactromya?</i> sp.	Superfamilia Lucinoidea	Infaunal <sup>2</sup>
<i>Pterocardia</i> sp.	Superfamilia Megalodontoidea	Semi-infaunal <sup>2</sup>
<i>Tellina?</i> sp.	Género <i>Tellina</i>	Infaunal profundo <sup>2</sup>
<i>Tancredia?</i> sp.	Familia Tancrediidae	Infaunal profundo <sup>2</sup>
<i>Isocyprina?</i> sp.	Orden Cardiida	Infaunal <sup>2</sup>
<i>Eocallista?</i> sp.	Familia Corbiculidae	Infaunal <sup>2</sup>
' <i>Isocardia</i> ' sp.	Familia Glossidae	Infaunal <sup>2</sup>
<i>Aphrodina</i> sp.	<i>Aphrodina (A.) quintucoensis</i>	Infaunal profundo <sup>1</sup>
Veneridae indet.	Veneridae gen. et. sp.	Infaunal somero <sup>1</sup>
<i>Neomiodon</i> sp.	Orden Cardiida	Infaunal <sup>2</sup>
<i>Pholadomya gigantea</i>	<i>Pholadomya gigantea</i>	Infaunal profundo <sup>1</sup>
<i>Pholadomya (Bucardiomya)?</i> sp.		

**Tabla 4.4.** Modos de vida propuestos para los taxones identificados en este estudio. \* Taxón o grupo taxonómico al cual se ha estudiado su hábito de vida y que tiene parentesco cercano con el taxón identificado. Publicaciones de referencia para el modo de vida: <sup>1</sup> Lazo (2004). <sup>2</sup> Aberhan et al. (2004). <sup>3</sup> Kiessling (2004). <sup>4</sup> Villamil et al. (1998).

### 4.3 Distribución en la columna

Se realiza un cuadro bioestratigráfico para la localidad tipo de la Formación Lo Valdés integrando los taxones identificados en este estudio y sus respectivos metrajes de recolección *in situ* o *ex situ*, con el objetivo de analizar la distribución de los taxones a lo largo de la sección realizada (Figura 4.10). Para elaborar este cuadro se utilizaron las biozonas de amonites propuestas por Salazar (2012) para edades desde el Titoniano superior al Hauteriviano superior.

En el cuadro de la Figura 4.10 sólo fueron considerados los bivalvos y serpulidos debido a su mayor relevancia desde el punto de vista paleoambiental, así como los amonites por su aporte biocronológico. Además, los taxones *Sphaera?* sp. y *Aetostreon?* sp. no están incluidos en el cuadro ya que estos taxones fueron recolectados en niveles que ya presentan un taxón que alude al mismo grupo biológico, pero con mayor grado de certeza (*Sphaera* sp. y *Aetostreon* sp.), por lo que su contribución paleoecológica y paleoambiental ya se encuentra representada en dicho nivel (el análisis paleoecológico y paleoambiental se realiza en el capítulo 5). Cabe destacar también que los fragmentos no identificables de conchillas de bivalvos son comunes y abundantes en toda la Formación Lo Valdés, pero estos tampoco son representados en el cuadro ya que no es posible entregar una identificación taxonómica ni menos aún un modo de vida.

En la Figura 4.10 se puede observar que el Miembro Escalador presenta una amplia fauna de bivalvos compuesta por 17 taxones: Pectinidae indet., *Trigonia carinata*, *Anditrigonia eximia*, *Anditrigonia discors*, *Pterotrigonia* sp., *Eriphyla* sp., *Lucina* aff. *leufuensis*, *Lucina?* sp., *Sphaera* sp., *Mactromya?* sp., *Tellina* sp., *Isocyprina* sp., *Eocallista?* sp., *Aphrodina* sp., *Neomiodon* sp., *Pholadomya gigantea* y *Pholadomya (Bucardomya)* sp. De estos, los taxones Pectinidae indet., *Eocallista?* sp., *Aphrodina* sp., *Neomiodon* sp. y *Pholadomya (Bucardomya)* sp. fueron únicamente identificados en rodados, mientras que los taxones observados *in situ* forman dos tipos de concentraciones: 1) *Trigonia carinata*, *Anditrigonia eximia*, *Anditrigonia discors* y *Pterotrigonia*; y 2) *Anditrigonia eximia*, *Pterotrigonia* sp., *Eriphyla* sp., *Lucina* aff. *leufuensis*, *Lucina?* sp., *Sphaera* sp., *Mactromya?* sp., *Tellina* sp., *Isocyprina* sp. y *Pholadomya gigantea*.

Por otro lado, se observa que el Miembro Placa Roja presenta taxones identificados únicamente en la porción superior (metros 196 – 286), la fauna presente en estos metrajes considera un total de 8 taxones de bivalvos: Mytilidae indet., *Cucullaea (N.) gabrielis*, *Grammatodon* sp., *Aetostreon* sp., *Pterotrigonia* sp., *Sphaera* sp., *Isocyprina?* sp. y *Aphrodina* sp. De estos, *Grammatodon* sp. y *Pterotrigonia* sp. fueron únicamente identificados en rodados. Los ejemplares de *Aetostreon* sp. son comunes a lo largo de toda esta porción, a veces formando concentraciones fosilíferas densas junto a abundantes ejemplares de *Rotularia* sp., los ejemplares de *Aetostreon* sp. muestran además un aumento progresivo en su tamaño hacia el techo del Miembro Placa Roja. Los otros taxones de bivalvos (Mytilidae indet., *Cucullaea (N.) gabrielis*, *Sphaera* sp.,

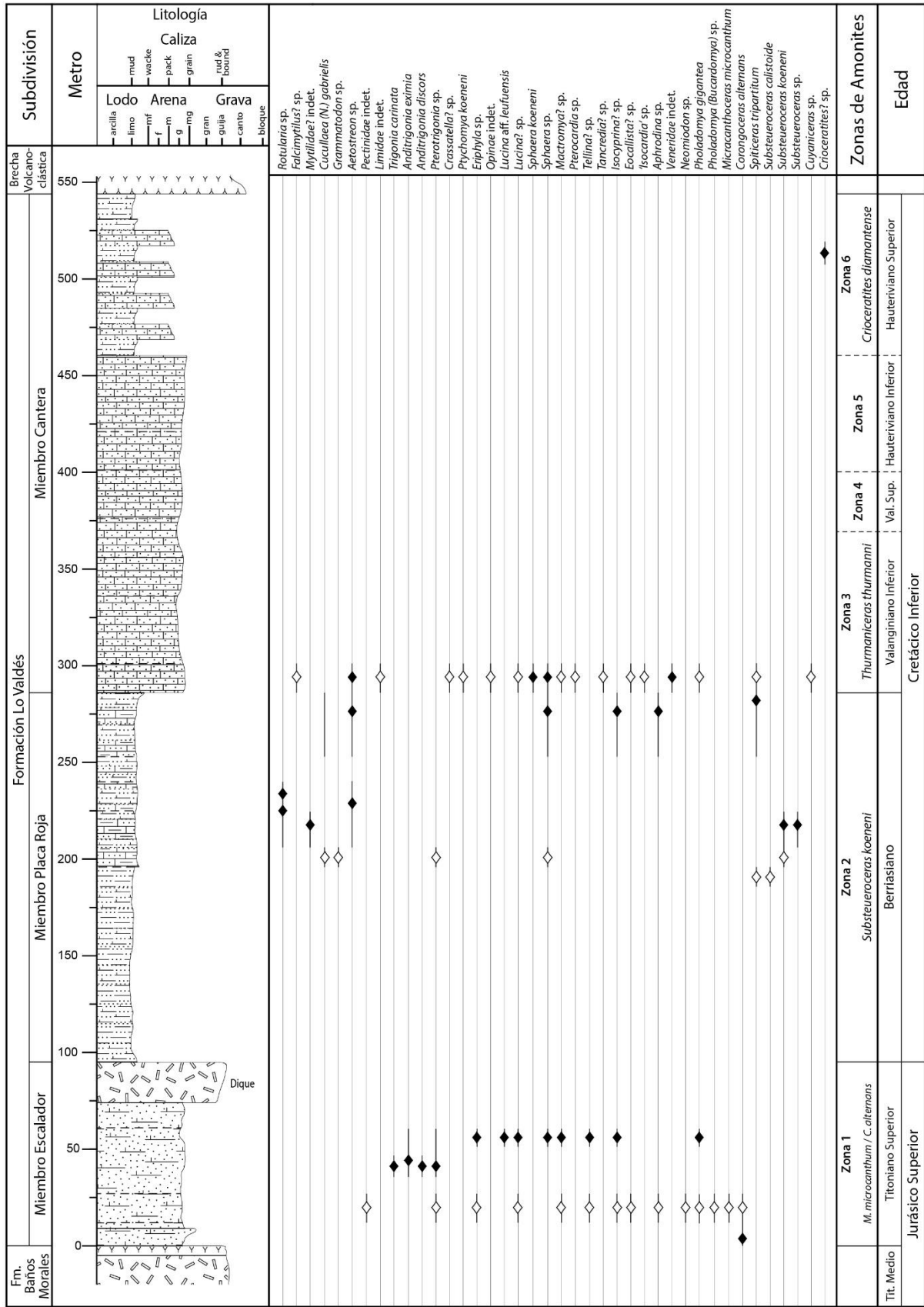
*Isocyprina?* sp. y *Aphrodina* sp) se encuentran *in situ* de forma dispersa a lo largo de estos metrajes, aunque hacia el techo del miembro aumentan considerablemente su abundancia (especialmente el género *Sphaera*) y su tamaño.

La base del Miembro Cantera (metros 286-301) presenta un abundante contenido de bivalvos correspondientes a un total de 16 taxones: *Falcimytilus?* sp., *Aetostreon* sp., Limidae indet., *Crassatella?* sp., *Ptychomya koeneni*, Opinae indet., *Lucina?* sp., *Sphaera koeneni*, *Sphaera* sp., *Mactromya?* sp., *Pterocardia* sp., *Tancredia?* sp., *Eocallista?* sp., '*Isocardia?* sp., Veneridae indet. y *Pholadomya gigantea*. La mayoría de estos taxones fueron observados únicamente en los rodados. Los taxones identificados *in situ* corresponden a *Aetostreon* sp., Opinae indet., *Sphaera koeneni*, *Sphaera* sp., *Mactromya?* sp. y Veneridae indet., estos bivalvos forman una concentración fósilífera matriz-soportada a lo largo de los metrajes mencionados, en donde los fósiles son abundantes, pero se encuentran considerablemente dispersos.

Las zonas que no cuentan con taxones identificados en este estudio tienen su origen en diferentes factores. Los fósiles recolectados dentro de la porción basal del Miembro Placa Roja (metros 95 -196 de la columna) se encuentran deficientemente preservados, lo que impide su identificación más allá del nivel de clase y por lo tanto no fueron incluidos en el estudio. Por otro lado, en el área de estudio el Miembro Cantera presenta extensas zonas sin afloramientos entre los metrajes 301–336 y 356–376, lo que imposibilita la recolección de fósiles que representen la fauna de estos metrajes. Sumado a lo anterior, en los afloramientos entre los metros 336–356 y 376–460 se observan calizas de carácter tanto fosilífero como no fosilífero, pero en ninguno de los casos se identificaron ejemplares parcialmente completos o de tamaño considerable para realizar una identificación taxonómica, únicamente se observan fragmentos pequeños de conchillas de bivalvos indistinguibles. Por último, a partir del metro 460 de la columna (porción final del Miembro Cantera) no se observaron bivalvos en los afloramientos y los amonites recolectados no preservan las morfologías clave para ser identificados a nivel de género, a excepción de *Crioceratites?* sp.

Finalmente, se observa una concordancia entre los amonites identificados en este estudio y las siguientes biozonas indicadas en Salazar (2012): *Micracanthoceras microcanthum* / *Corongoceras Alternans* (Zona 1); *Substeueroceras koeneni* (Zona 2), la cual está asociada a especies como *Substeueroceras calistoide* y *Spiticeras tripartitum*; y *Crioceratites diamantense* (Zona 6), en donde dominan especies del género *Crioceratites*.

Las concentraciones que forman los taxones identificados, así como sus características serán abordadas con mayor detalle en el capítulo 5 (Análisis tafonómico).



◆ Recolección *in situ*    ◇ Recolección *ex situ*    | Nivel de recolección u ocurrencia observada

Figura 4.10. Distribución de los taxones identificados en la columna de Lo Valdés.



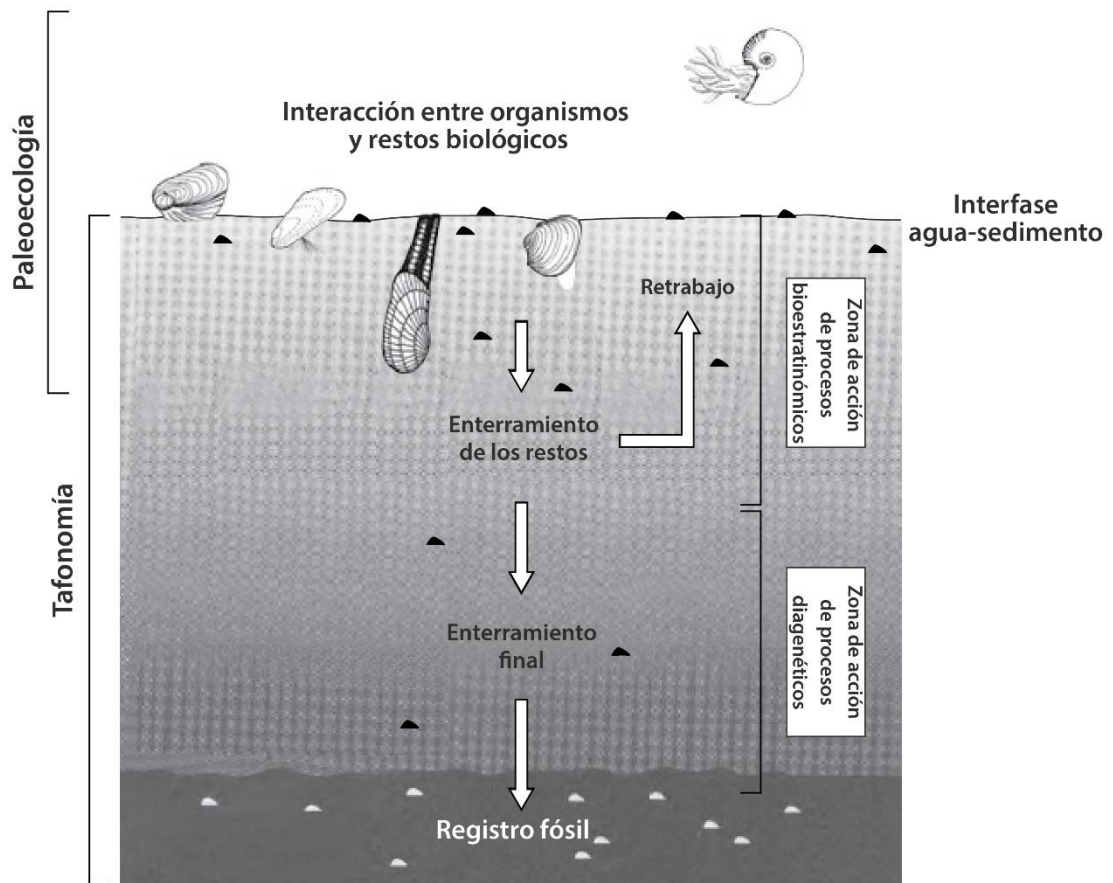
## 5 Análisis tafonómico

### 5.1 Fundamentos

#### 5.1.1 Tafonomía y sesgo en el registro fósil

La tafonomía es la ciencia que estudia el paso o transición de los materiales biológicos desde la biósfera a la litósfera (proceso de fosilización). Por lo tanto, se ocupa de la información contenida en el registro fósil y los procesos por los cuales los restos biológicos son incorporados en él (Müller 1979). Tradicionalmente se ha asociado al proceso de fosilización con la pérdida de información biológica (a partir de una biocenosis), debido a la acción de procesos *post-mortem* previos al enterramiento o aislamiento de un medio que afecte su conservación. Sin embargo, en la actualidad el estudio tafonómico ha buscado resaltar aspectos positivos como la variada información sedimentológica contenida en el registro fósil, en lugar de centrarse en sus sesgos (Brett & Baird 1986; Kidwell & Bosence 1991). En efecto, si bien diferentes procesos ambientales afectan la preservación de los restos biológicos de distintas maneras, provocando una pérdida de información biológica, estos procesos también incorporan en el material una impresión tafonómica característica del ambiente sedimentario que lo contiene o haya contenido (Meldahl 2001). Las diferentes impresiones tafonómicas han sido ampliamente estudiadas en ambientes actuales y su aplicación al registro fósil permite interpretar procesos sedimentológicos y ecológicos que ocurren en escalas de tiempo que exceden a las observables por el ser humano (Martin 1999; Meldahl 2001).

Generalmente tras la muerte, los restos de los organismos son susceptibles a una serie de procesos naturales que los deterioran o los destruyen, reduciendo así la información biológica y ecológica contenida en el registro fósil (Müller 1979; Lazo 2004). Desde el punto de vista tafonómico, estos procesos se separan en dos grupos: bioestratinómicos y diagenéticos. Los procesos bioestratinómicos son aquellos que actúan sobre o cerca de la interfaz agua-sedimento desde la muerte del individuo y hasta su enterramiento final (Müller 1979). Los procesos bioestratinómicos incluyen: 1) los procesos necrológicos, relacionados a la muerte del organismo y a la descomposición de sus estructuras (fundamentalmente de sus partes blandas), 2) el retrabajo físico y biológico de los restos y 3) la disolución de esqueletos mineralizados por la acción de la diagénesis temprana o sinsedimentaria (Müller 1979; Brett & Baird 1986, Lazo 2004). Los procesos diagenéticos, en cambio, actúan luego del enterramiento final del resto e involucran cambios mineralógicos, químicos y/o texturales (Müller 1979; Lazo 2004). En general, los procesos tafonómicos actúan con mayor intensidad en la zona tafonómicamente activa (*TAZ: Taphonomically Active Zone*) ubicada entre la interfase agua-sedimento y los primeros centímetros debajo de ella (Meldahl 2001). Mientras no se produzca el enterramiento final, los restos de los organismos estarán expuestos a diferentes ciclos de modificación tafonómica y retrabajo (Kidwell & Bosence 1991; Martin 1999) (Figura 5.1).



**Figura 5.1.** Procesos tafonómicos que actúan durante la transición de los restos biológicos al registro fósil (sin escala). Modificado de Martin (1999). Ilustraciones de los organismos tomados de Lazo (2004).

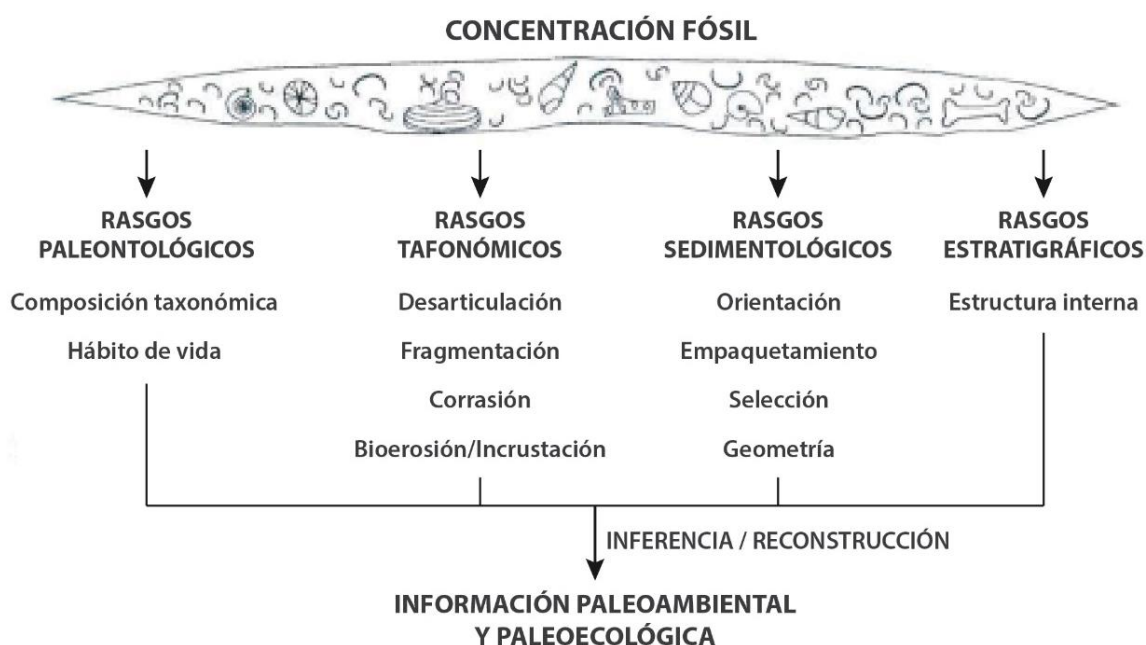
### 5.1.2 Concentraciones fósiles y su caracterización

El proceso de transición e incorporación de los restos biológicos al registro fósil (en un lugar y tiempo particulares) está controlado por la sedimentación, en cuanto al volumen de sedimento que entra en el registro de manera permanente, y la tasa neta de aporte de restos biológicos, referente al volumen de restos o bioclastos que alcanza el enterramiento final (Kidwell 1986). La tasa neta de aporte de restos biológicos, a su vez, está condicionada por la tasa de bioclastos que ingresan al área de acumulación (por producción biológica, transporte o retrabajo) y la tasa de eliminación de bioclastos, dependiente de los procesos tafonómicos anteriormente mencionados. Cuando la tasa neta de aporte de restos es positiva, la roca presentará fósiles y su densidad o empaquetamiento dependerá de la tasa neta de aporte de sedimentos. En general, las concentraciones densas ocurren en periodos de bajo aporte neto de sedimentos, ya sea por omisión o erosión (Kidwell 1986).

Ya que lo anterior implica que son necesarias ciertas condiciones paleoambientales y paleoecológicas para que los materiales biológicos sean preservados y acumulados, los

fósiles no se encuentran distribuidos en el registro estratigráfico de manera uniforme sino que están acumulados en ciertas unidades estratigráficas formando concentraciones fósiles (*fossil/skeletal concentration*) (Kidwell 1986; Kidwell *et al.* 1986). Una concentración fósil corresponde a cualquier acumulación relativamente densa de restos de organismos, independiente de su composición taxonómica, estado de preservación o tipo de modificación *post-mortem*, y no está restringida a un espacio físico o a un tiempo de acumulación particular (Kidwell *et al.* 1986).

Para poder interpretar la información paleoecológica y paleoambiental contenida en una concentración fósil, esta debe ser estudiada desde la perspectiva de diferentes disciplinas. En general, los atributos de interés en una concentración fósil pueden ser agrupados en los siguientes rasgos: paleontológicos, tafonómicos, sedimentológicos y estratigráficos (Lazo 2004). Ya que no hay un único criterio para caracterizar las concentraciones fósiles y la información que se puede extraer de ellas es de variado tipo, se debe ahondar en los diferentes rasgos teniendo en consideración los alcances del estudio y el tiempo disponible. Los parámetros de importancia para este trabajo, correspondientes a los principales rasgos antes mencionados, se presentan en la Figura 5.2 y detallan a continuación.



**Figura 5.2.** Rasgos y correspondientes parámetros de las concentraciones fósiles que son abordados en este trabajo, con el objetivo de inferir información paleoambiental y paleoecológica. Adaptado de Lazo (2004).

**-Composición taxonómica:** De acuerdo a Kidwell *et al.* (1986), una concentración fósil puede ser monotípica o politípica, dependiendo de si está compuesta por uno o más tipos de organismos respecto a un grupo taxonómico en particular. Además, si la composición taxonómica consiste en una baja cantidad de taxones, siendo uno de ellos dominante, la concentración puede ser denominada como pausiespecífica.

**-Hábito o modo de vida:** El grado de susceptibilidad de un resto biológico a la modificación *post-mortem* está notablemente relacionado con el modo de vida del organismo (Kidwell & Bosence 1991). Ya que los procesos tafonómicos presentan una mayor acción en los primeros centímetros bajo la interfaz agua-sedimento (zona tafonómicamente activa), los organismos con modos de vida epifaunal o semi-infaunal son los más expuestos a ellos, a diferencia de los organismos infaunales que, dependiendo de la profundidad a la que habiten, pueden protegerse de ciertos agentes tafonómicos como la bioturbación, incrustación y el transporte por corrientes (Kidwell & Bosence 1991; Lazo 2004). Los hábitos de vida representados en una concentración fósil están determinados por los tipos de organismos o especies allí acumulados (composición taxonómica). En este estudio, los modos de vida inferidos para los taxones identificados se encuentran señalados en la Tabla 4.4.

**-Desarticulación:** La desarticulación es la separación de los componentes de un esqueleto formado por diferentes partes o piezas (múltiple) a lo largo de sus articulaciones preexistentes (Brett 1990). Esta dependerá de cuan fuerte sea la unión entre los componentes y será favorecida tanto por el transporte del material como por la biodegradación o disolución del esqueleto. Por lo tanto, el grado de desarticulación no es evidencia inmediata de la energía del ambiente (Brett 1990; Lazo 2004). El hábito de vida epifaunal presenta una alta susceptibilidad a la desarticulación con respecto al modo infaunal (Kidwell & Bosence 1991). La preservación de bivalvos articulados y con sus valvas cerradas implica la muerte del organismo en la cavidad que habitaba así como un enterramiento rápido, mientras que la articulación estilo mariposa (valvas abiertas, unidas por el ligamento) podría indicar regímenes con una alta tasa de sedimentación (Brett & Baird 1986).

**-Fragmentación:** La fragmentación se refiere al grado de ruptura o rotura de un esqueleto. La resistencia que presenta un resto biológico a la fragmentación está relacionada con la morfología y composición mineral de su esqueleto (e.g grosor, curvatura, microestructura) (Brett 1990). Los restos esqueléticos con paredes delgadas son susceptibles a la fragmentación, por lo que su preservación intacta implica ambientes con baja energía. Por otro lado, la fragmentación de esqueletos resistentes indica un retrabajo prolongado o un ambiente de alta energía (Brett & Baird 1986; Brett 1990). Sin embargo, la fragmentación no se debe únicamente a agentes físicos, sino que también puede estar favorecida por la bioerosión y la biodegradación de los esqueletos (Brett 1990).

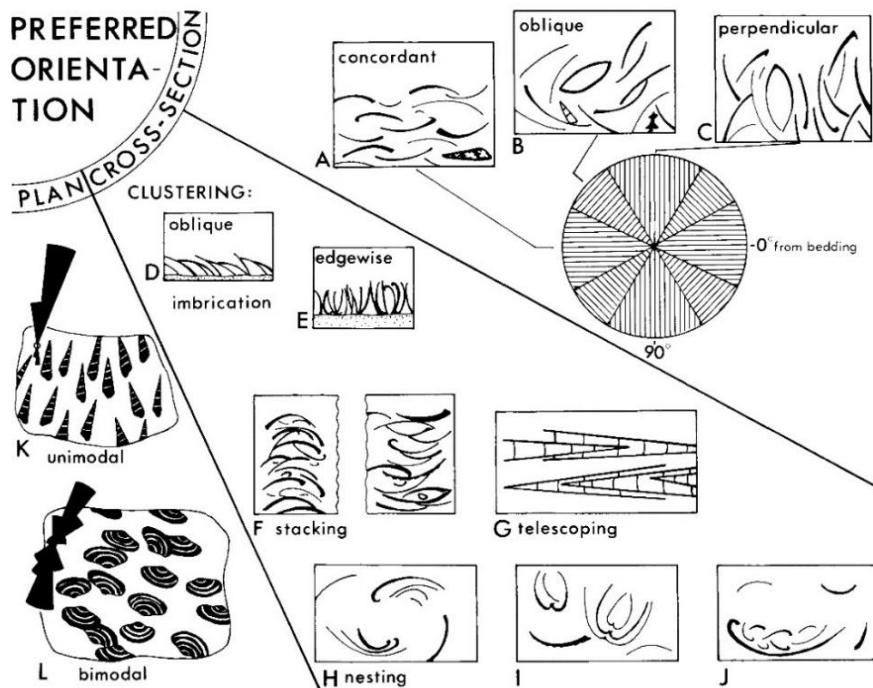
**-Corrosión:** Este término se refiere al grado de desgaste o alteración de la superficie interna o externa de las conchillas debido a procesos de abrasión mecánica (desgaste de las estructuras superficiales por roce), disolución (desestabilización química del esqueleto) o microbioerosión (alteración de la conchilla por microorganismos perforantes) (Brett & Baird 1986; Brett, 1990). La corrosión tiene su mayor efecto en las conchillas que se encuentran expuestas sobre la interfaz agua-sedimento, por lo que el grado de este parámetro indicaría el tiempo de exposición sobre el sedimento. Además, la disolución es la principal responsable de la pérdida de restos dentro de los primeros



centímetros del sedimento, aunque esta también puede ocurrir durante la diagénesis (Brett 1990; Lazo 2004).

**-Bioerosión/Incrustación:** La bioerosión es la alteración mediante perforación, raspado o tallado de restos esqueléticos (sustratos duros) por diferentes organismos al llevar a cabo actividades de predación, alimentación o habitación (Lazo 2004). La incrustación, por su parte, es la fijación (o cementación) y crecimiento de un organismo sobre un sustrato duro (Lazo 2004). La incrustación puede ocurrir tanto en vida como después de la muerte del organismo afectado y está controlada por la luminosidad, oxigenación y turbulencia del ambiente (Taylor 1990; Wignall 1993). Aunque la bioerosión e incrustación pueden ser estudiadas como rasgos tafonómicos independientes, en este estudio serán analizadas en conjunto.

**-Orientación:** De acuerdo a Kidwell *et al.* (1986), la orientación de los restos esqueléticos o bioclastos en una concentración fósil puede ser caracterizada tanto en vistas en planta, utilizando diagramas de rosa, como en secciones transversales considerando los ángulos que forman los bioclastos con el plano de estratificación (pudiendo ser concordante, oblicuo o perpendicular). Por otro lado, las secciones transversales pueden mostrar biofábricas con ordenamientos particulares, las cuales incluyen imbricación o superposición oblicua (*imbrication*), agrupamiento de lado o de canto (*edgewise clustering*), apilamiento o amontonamiento (*stacking*), anidado o enagvetado (*nesting*), y encajado o telescopado (*telescoping*) (Figura 5.3).

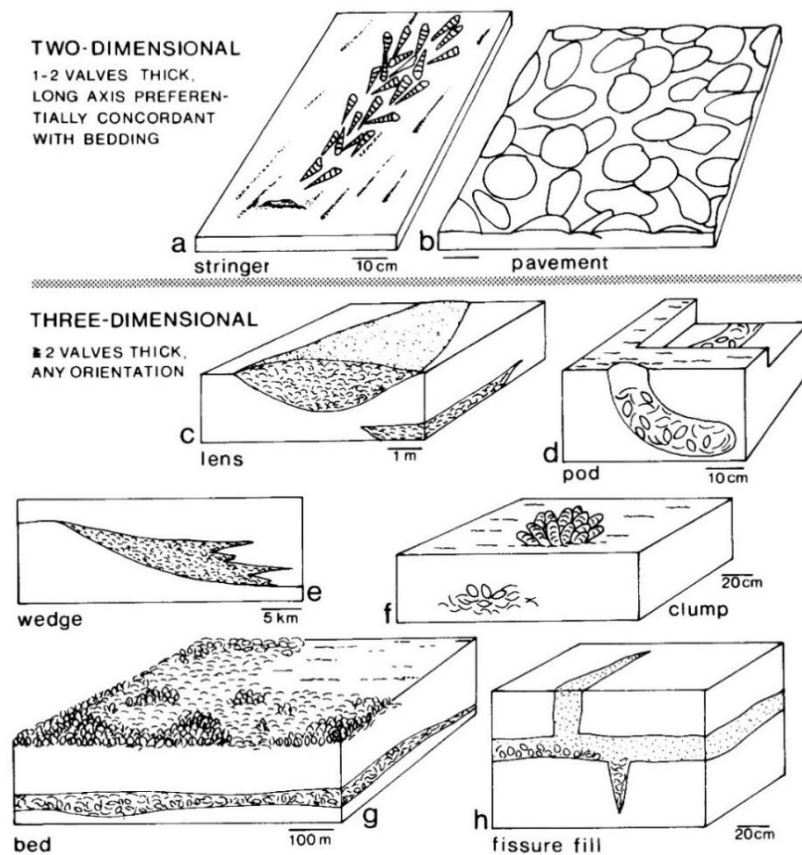


**Figura 5.3.** Tipos de orientación que pueden presentar los bioclastos en las concentraciones fósiles. Tomado de Kidwell *et al.* (1986).

**-Empaquetamiento:** El tipo de empaquetamiento puede variar desde fábricas dispersas hasta altamente densas (Kidwell *et al.* 1986). Así, se define como matriz-soportada a las concentraciones con partes duras dispersas (flotando) en una matriz, mientras que se utiliza bioclasto-soportada cuando los restos esqueléticos están en contacto unos con otros.

**-Selección:** Para caracterizar el tamaño de los bioclastos en una concentración fósil se describen los rangos de las dimensiones de los restos biológicos que predominan en relación al número de individuos o volumen esquelético. Estos rangos pueden ser tanto unimodales como polimodales, bien seleccionados o pobremente seleccionados.

**-Geometría:** Las morfologías espaciales que forman las concentraciones fósiles son divididas en dos tipos: bidimensionales y tridimensionales (Kidwell *et al.* 1986). Las geometrías bidimensionales están conformadas por bancos de una o dos conchillas de espesor, donde el eje mayor está preferentemente concordante con la estratificación, y se subdividen en pavimentos (*pavements*) y acordonamientos o seriaciones (*stringers*). Las geometrías tridimensionales superan las dos conchas de espesor y se subdividen en lentes (*lens*), encapsulamientos (*pods*), acuñaamientos (*wedges*), agrupamientos (*clumps*), capas o mantos (*bed*) y rellenos de fisura (*fissure fills*) (Figura 5.4).



**Figura 5.4.** Posibles geometrías que pueden formar las concentraciones fósiles. Tomado de Kidwell *et al.* (1986).

**-Estructura interna:** Las concentraciones fósiles pueden exhibir variaciones verticales y laterales en cualquiera de las características anteriormente mencionadas. Una concentración posee una estructura simple si es internamente homogénea o si presenta rasgos con tendencias uniformes (e.g gradaciones verticales u horizontales). Por otro lado, una concentración posee una estructura compleja si muestra patrones más variados en una o más características (e.g alternancias) (Kidwell *et al.* 1986).

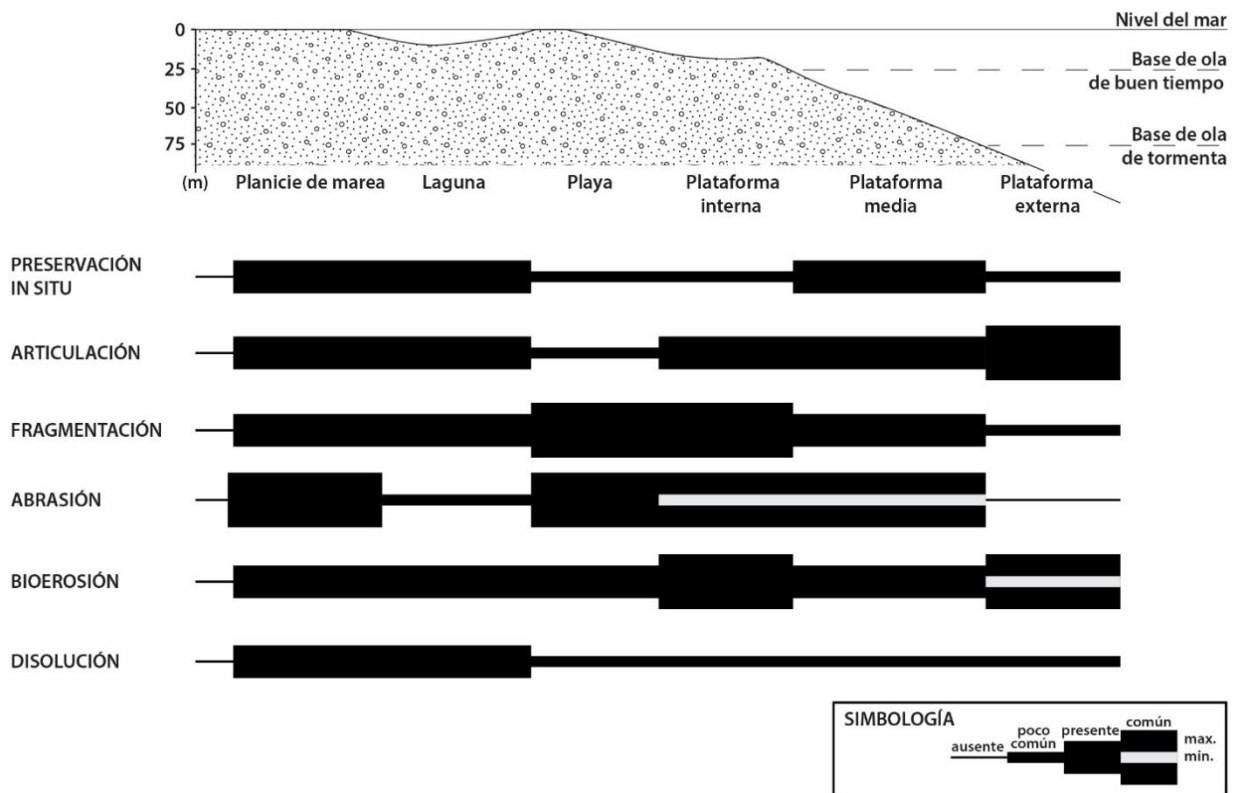
### 5.1.3 Facies tafonómicas

Una vez analizados los rasgos de una concentración fósil, especialmente los tafonómicos, es posible separar dicha concentración en facies tafonómicas o tafofacies. El concepto tafofacie se refiere a un conjunto de cuerpos sedimentarios que presentan una combinación particular de características de preservación de los fósiles que contienen (Brett & Baird 1986). Desde un punto de vista genético, una tafofacie representa el producto final de una determinada historia de transformación o modificación *post-mortem*, reflejando la actividad diferencial de los procesos bioestratinómicos en un ambiente de sedimentación particular (Brett & Speyer 1990; Martin 1999). Una concentración fósil puede estar conformada por una o más tafofacies y, a la vez, una tafofacie puede aparecer en varias concentraciones fósiles. Las tafofacies no son dependientes de la cantidad de restos esqueléticos o de su empaquetamiento en la concentración fósil, de manera que pueden presentarse como fósiles densamente empaquetados o dispersos (similar al concepto *fossil assemblage* en Kidwell *et al.* 1986).

El estudio de facies tafonómicas ha sido ampliamente respaldado con trabajos en ambientes actuales y se ha aplicado con éxito en la determinación de paleoambientes alrededor del mundo (Brett & Speyer 1990; Meldahl 2001). Como ejemplo en Sudamérica, se puede señalar la utilización de tafofacies en la interpretación de paleoambientes para el Jurásico Superior – Cretácico Inferior en rocas de la Cuenca Neuquina en Argentina (e.g Lazo 2006; Kietzmann & Palma 2009), estos análisis se han utilizado como base para la realización de este estudio.

### 5.1.4 Análisis paleoambiental de las concentraciones fósiles

Existen diversos modelos que relacionan rasgos particulares de las concentraciones fósiles con gradientes medioambientales (Martin 1999). En particular, el modelo propuesto por Kidwell & Bosence (1991) muestra tendencias batimétricas de estilos de preservación en diferentes ambientes sedimentarios marinos cercanos y lejanos a la costa (Figura 5.5). Este modelo ha sido aplicado en las tafofacies determinadas por Kietzmann & Palma (2009) para la transición Jurásico-Cretácico en la Cuenca Neuquina, permitiendo determinar los paleoambientes que estas representaban.



De acuerdo a Kidwell & Bosence (1991), la plataforma externa (ubicada bajo el nivel base de olas de tormenta) es el ambiente que muestra la mejor preservación de los restos esqueléticos: bajos niveles de fragmentación, abrasión prácticamente ausente y organismos infaunales profundos generalmente articulados, aunque fuera de su posición de vida. Cerca de la costa, en cambio, los ambientes de plataforma interna y de playa son los que presentan la preservación más deficiente, con altos índices de fragmentación y abrasión, además de frecuente desarticulación. Por último, los estilos de preservación en los ambientes de laguna, planicie de marea y plataforma media son altamente variables.

## 5.2 Concentraciones fósiles y tafofacies en la Formación Lo Valdés

En este trabajo se caracterizan las concentraciones fósiles observadas en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés en base a sus rasgos paleontológicos, tafonómicos, sedimentológicos y estratigráficos anteriormente definidos. El total de concentraciones fósiles estudiadas son agrupadas en 9 conjuntos de acuerdo a su alta similitud en características. Las caracterizaciones de estos conjuntos de concentraciones fósiles se presentan en las tablas 5.1 - 5.3.



Caracterización de la concentración fósil	Metrajes en los que se observa
<p><b>Concentraciones de fragmentos pequeños de conchillas planas.</b>  Concentración de conchillas recristalizadas altamente fragmentadas y desarticuladas.  <u>Composición taxonómica:</u> Probablemente bivalvos. Debido a las condiciones de preservación de los bioclastos no es posible entregar una identificación taxonómica precisa.  <u>Modos de vida:</u> No es posible de determinar.  <u>Rasgos tafonómicos:</u> Representados por la tafofacie Bfa (las tafofacies son descritas luego de las tablas).  <u>Orientación:</u> Los fragmentos de las conchillas son planos o tienen poca curvatura y se disponen en posiciones variables (concordantes, oblicuas y verticales).  <u>Empaquetamiento:</u> Matriz-soportado con matriz de arenisca calcárea.  <u>Selección:</u> Bien seleccionada, los bioclastos presentan tamaños de hasta 3-4 cm.  <u>Geometría:</u> Manto. <u>Estructura interna:</u> Simple.</p>	<p>33 – 34  40,7 – 41  42 – 42,5</p>
<p><b>Concentraciones de trigoniidos, otros bivalvos, amonites y fragmentos pequeños de conchillas planas.</b>  <u>Composición taxonómica:</u> Incluye ejemplares de los géneros <i>Anditrigonia</i>, <i>Trigonia</i> y <i>Pterotrigonia</i>, además de otros bivalvos, amonites y fragmentos indeterminados. Los ejemplares de <i>Anditrigonia</i> son considerablemente más abundantes que los otros taxones (concentración pausiespecífica).  <u>Modos vida:</u> Infaunal somero en trigoniidos, indeterminado en otros bivalvos.  <u>Rasgos tafonómicos:</u> Representados por la tafofacie Tr en los trigoniidos, por la tafofacie Bfa en los fragmentos de conchillas y por la tafofacie Blr en los otros bivalvos preservados como moldes internos.  <u>Orientación:</u> Tanto convexa hacia arriba como convexa hacia abajo en los trigoniidos, convexas hacia abajo en los bivalvos en moldes internos, muy variables en las conchillas de pequeño tamaño. No se observan organismos infaunales en posición de vida.  <u>Empaquetamiento:</u> Varía entre matriz-soportado y bioclasto-soportado con matriz de arenisca calcárea.  <u>Selección:</u> Polimodal, presentando bioclastos de gran tamaño (ejemplares de <i>Anditrigonia</i> y <i>Trigonia</i>) y pequeño tamaño (ejemplares de <i>Pterotrigonia</i>, conchillas fragmentadas y bivalvos en molde interno).  <u>Geometría:</u> Manto. <u>Estructura interna:</u> Simple.</p>	<p>41,5 – 42  42,5 – 43</p>
<p><b>Concentraciones de fragmentos pequeños de conchillas de bivalvos, bivalvos más completos, amonites y escasos gastrópodos.</b>  <u>Composición taxonómica:</u> Fragmentos de conchillas correspondientes a bivalvos, bivalvos de pequeño tamaño indeterminados, amonites que podrían pertenecer al género <i>Bochianites</i>, gastrópodos indeterminados.  <u>Modos de vida:</u> No es posible de determinar en los bivalvos.  <u>Rasgos tafonómicos:</u> Representados por la tafofacie Bfd.  <u>Orientación:</u> Muy variable entre concordante, oblicua y vertical.  <u>Empaquetamiento:</u> Matriz-soportado con matriz de arenisca calcárea.  <u>Selección:</u> Bien seleccionada, gran parte de los bioclastos presenta tamaños menores a 5 cm.  <u>Geometría:</u> Manto. <u>Estructura interna:</u> Simple.</p>	<p>43 – 51  51,2 – 52,4  56 – 61</p>

**Tabla 5.1.** Caracterización de las concentraciones fósiles presentes en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés.

Caracterización de la concentración fósil	Metrajes en los que se observa
<p><b>Concentraciones de ostras, fragmentos pequeños de conchillas de bivalvos y trigoniidos.</b>  <u>Composición taxonómica:</u> Pausiespecífica de ostras, con una menor presencia de trigoniidos y fragmentos de conchillas correspondientes a bivalvos.  <u>Modos de vida:</u> Epifaunal en las ostras, infaunal somero en los trigoniidos e indeterminable en los fragmentos de conchillas.  <u>Rasgos tafonómico:</u> Representados por la tafofacie Or en las ostras, por la tafofacie Tr en los trigoniidos y la tafofacie Bfd en los fragmentos de conchillas.  <u>Orientación:</u> Muy variable en todos los bioclastos.  <u>Empaquetamiento:</u> Varía de matriz-soportado a bioclasto-soportado con matriz de arenisca calcárea.  <u>Selección:</u> Mal seleccionada, presentando bioclastos con tamaños entre 1 y 10 cm.  <u>Geometría:</u> Manto. <u>Estructura interna:</u> Simple.</p>	<p>51 – 51,2 52,4 – 54,8</p>
<p><b>Concentraciones de bivalvos, fragmentos pequeños de conchillas de bivalvos y trigoniidos.</b>  <u>Composición taxonómica:</u> Politépica, representada por ejemplares de los géneros <i>Eriphyla</i>, <i>Lucina</i>, <i>Pholadomya</i>, <i>Mactromya</i>, <i>Pterotrignia</i>, <i>Sphaera</i>, <i>Tellina?</i> e <i>Isocyprina</i> además de fragmentos de conchillas correspondientes a bivalvos y escasos trigoniidos.  <u>Modos de vida:</u> Infaunales tanto profundos como someros en los géneros identificados, indeterminable en los fragmentos de conchillas.  <u>Rasgos tafonómicos:</u> Están representados por la tafofacie Blr en los moldes de bivalvos, por la tafofacie Tr en los trigoniidos y por la tafofacie Bfd en las conchillas.  <u>Orientación:</u> Principalmente convexa hacia abajo en los bivalvos en moldes internos, variable en los fragmentos de conchillas. No se observan organismos infaunales en posición de vida.  <u>Empaquetamiento:</u> Matriz-soportado con matriz de arenisca calcárea.  <u>Selección:</u> Mal seleccionada, se observan bioclastos de pequeño a gran tamaño entre 1 y 10 cm.  <u>Geometría:</u> Lente. <u>Estructura interna:</u> Simple.</p>	<p>54,8 – 56</p>
<p><b>Concentraciones de fragmentos pequeños de conchillas de bivalvos, bivalvos más completos y amonites de gran tamaño.</b>  <u>Composición taxonómica:</u> Politépica con amonites del género <i>Substeueroceras</i>, bivalvos de pequeño tamaño probablemente correspondientes a ostras y fragmentos de conchillas correspondientes a bivalvos.  <u>Modos de vida:</u> Probablemente epifaunales en los pequeños bivalvos (de corresponder a ostras), indeterminable en los fragmentos de conchillas.  <u>Rasgos tafonómicos:</u> Representados por la tafofacie Bfd.  <u>Orientación:</u> Muy variable en los bivalvos, los amonites se disponen generalmente concordantes u oblicuos.  <u>Empaquetamiento:</u> Matriz-soportado con matriz de fangolita calcárea o caliza fangolítica.  <u>Selección:</u> Mal seleccionada, los bivalvos presentan tamaños menores a 4 cm y los amonites pueden presentar tamaños de hasta 10 cm.  <u>Geometría:</u> Manto. <u>Estructura interna:</u> Simple.</p>	<p>Bancos decimétricos entre los metros 206 – 240 y bancos decimétricos a métricos entre los metros 255 – 286.</p>

**Tabla 5.2.** Caracterización de las concentraciones fósiles presentes en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés (continuación).

Caracterización de la concentración fósil	Metrajes en los que se observa
<p><b>Concentraciones de ostras de pequeño tamaño, anélidos y fragmentos pequeños de conchillas de bivalvos.</b></p> <p><u>Composición taxonómica:</u> Politípica conformada por ostras del género <i>Aetostreon</i>, anélidos del género <i>Rotularia</i> (ambos en alta proporción) y fragmentos de conchillas correspondientes a bivalvos.</p> <p><u>Modos de vida:</u> Al igual que el género <i>Aetostreon</i>, <i>Rotularia</i> presenta un hábito epifaunal libre (Lazo <i>et al.</i> 2007), indeterminable en los fragmentos de conchillas.</p> <p><u>Rasgos tafonómicos:</u> Representados en la tafofacie OAr en las ostras y anélidos, y por la tafofacie Bfd en los fragmentos de conchillas.</p> <p><u>Orientación:</u> Muy variable en todos los bioclastos.</p> <p><u>Empaquetamiento:</u> Varía entre matriz-soportado y bioclasto-soportado, la matriz es de fangolita calcárea o caliza fangolítica.</p> <p><u>Selección:</u> Bien seleccionada, con todos los bioclastos presentando tamaños menores a 5 cm.</p> <p><u>Geometría:</u> Lente. <u>Estructura interna:</u> Simple.</p>	<p>Bancos decimétricos entre los metros 206 – 240</p>
<p><b>Concentraciones de bivalvos y amonites de gran tamaño, además de fragmentos pequeños de conchillas de bivalvos.</b></p> <p><u>Composición taxonómica:</u> Politípica conformada por los taxones <i>Aetostreon</i> sp., <i>Sphaera koeneri</i>, <i>Sphaera</i> sp., <i>Cucullaea</i> (N.) <i>gabrielis</i>, <i>Isocyprina</i> sp., <i>Pholadomya gigantea</i>, Veneridae indet., Opinae indet. y <i>Spiticeras tripartitum</i>, además fragmentos de conchillas correspondientes a bivalvos.</p> <p><u>Modos de vida:</u> Epifaunal en los ejemplares de <i>Aetostreon</i>, infaunal tanto somero como profundo en los otros taxones de bivalvos, indeterminable en los fragmentos de conchillas.</p> <p><u>Rasgos tafonómicos:</u> Representados por la tafofacie Bb en los taxones de bivalvos identificados y por la tafofacie Bfd en los fragmentos de conchillas.</p> <p><u>Orientación:</u> En los bivalvos es principalmente convexa hacia abajo y en menor proporción vertical. No se observan organismos infaunales en posición de vida. Los amonites se encuentran en orientación concordante.</p> <p><u>Empaquetamiento:</u> Principalmente matriz-soportado con matriz de fangolita calcárea o caliza fangolítica.</p> <p><u>Selección:</u> Mal seleccionada, presentando bioclastos de moderado a gran tamaño (entre 4 y 10 cm).</p> <p><u>Geometría:</u> Manto. <u>Estructura interna:</u> Simple.</p>	<p>Bancos métricos entre los metros 244 – 286 286 – 301</p>
<p><b>Concentraciones monoespecíficas de conchillas de pequeño tamaño.</b></p> <p>Son concentraciones de conchillas con una alta fragmentación y desarticulación.</p> <p><u>Composición taxonómica:</u> Si bien la condición del material no permite entregar una identificación taxonómica certera, debido a las morfologías observables estos bioclastos podrían representar fragmentos de ostras.</p> <p><u>Modos de vida:</u> Probablemente epifaunal (de corresponder a ostras).</p> <p><u>Rasgos tafonómicos:</u> Representados por la tafofacie Bfc.</p> <p><u>Orientación:</u> Muy variable.</p> <p><u>Empaquetamiento:</u> Bioclasto-soportado a matriz-soportado pero con una alta densidad de bioclastos, matriz de caliza arenosa.</p> <p><u>Selección:</u> Bien seleccionada, los tamaños de los bioclastos no superan los 2 cm.</p> <p><u>Geometría:</u> Manto. <u>Estructura interna:</u> Simple.</p>	<p>376 – 379 396 – 421</p>

**Tabla 5.3.** Caracterización de las concentraciones fósiles presentes en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés (continuación).

A partir de los atributos analizados se logra diferenciar un total de 8 tafofacies que representan los diferentes estilos de preservación exhibidos en los conjuntos de concentraciones fósiles. Al igual que en el capítulo 3 (Estratigrafía), los rangos de tamaños presentados en las descripciones de las tafofacies se refieren a la longitud mayor observable de los ejemplares o fragmentos y, en general, se habla de fósiles de 'gran tamaño' cuando presentan longitudes sobre los 5 cm y de 'pequeño tamaño' cuando estas son inferiores a 4 cm.

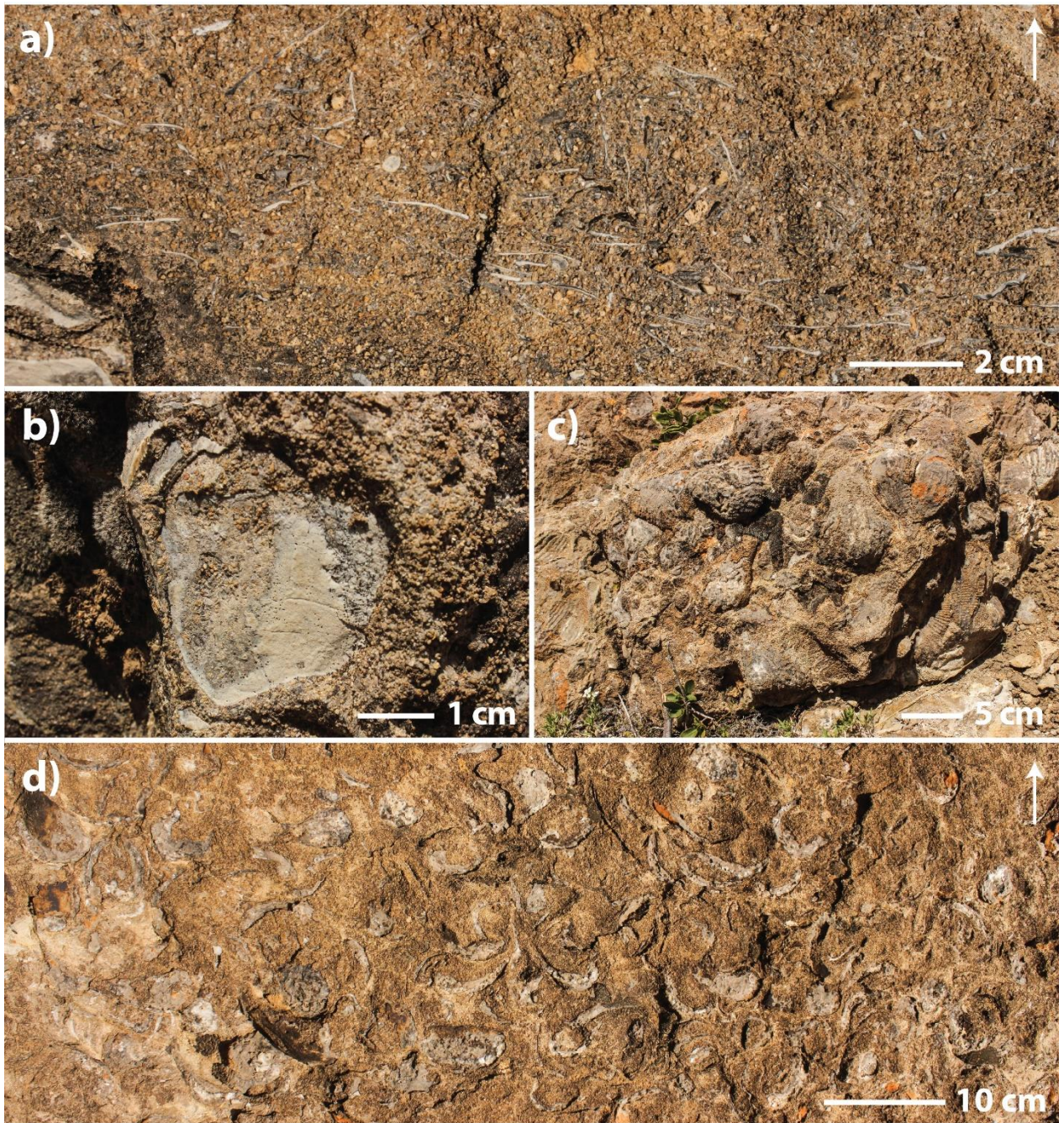
Tafofacie Bfa: Bivalvos altamente fragmentados en areniscas

**Descripción:** Se compone de fragmentos recristalizados de conchillas y otros bioclastos de pequeño tamaño relacionados a litologías de areniscas. Debido a la alta fragmentación y muy baja articulación de los ejemplares es difícil dar una identificación taxonómica y por ende tampoco es posible proponer modos de vida. La orientación de estas conchillas es variable entre concordante, oblicua y vertical. La corrosión es alta y está representada fundamentalmente por abrasión de la conchilla. La bioerosión es moderada y está caracterizada por pequeñas perforaciones observables en las vistas superficiales de las conchillas. El empaquetamiento en esta tafofacie es mayormente matriz-soportado, aunque localmente puede ser bioclasto-soportado y la matriz es de arenisca calcárea. La selección es buena, los bioclastos presentan tamaños que no superan los 3-4 cm. Esta tafofacie puede aparecer junto con las tafofacies Tr, Blr y Or. La tafofacie Bfa se ilustra en la Figura 5.6 a-b.

Tafofacie Tr: Trigoniidos retrabajados

**Descripción:** Es una tafofacie pausiespecífica compuesta por abundantes ejemplares de *Anditrigonia eximia* y una menor cantidad de ejemplares de *Trigonia carinata*, *Anditrigonia discors* y *Pterotrigonia* sp. El modo de vida representado por estos taxones es principalmente infaunal somero. Los ejemplares estudiados presentan la conchilla recristalizada a calcita y se disponen en orientaciones tanto convexas hacia arriba como hacia abajo. No se observan ejemplares en posición de vida. La articulación es baja en todos los taxones, siendo *Trigonia carinata* la única especie que se observó articulada. El grado de fragmentación es alto, mientras que la incrustación y bioerosión son moderadas. La disolución es baja, ya que si bien es posible observar ejemplares de trigoniidos como moldes internos con material concordante a la matriz, estos taxones preservan la conchilla en la mayoría de los casos mostrando un grado bajo de abrasión. El empaquetamiento en esta tafofacie varía de matriz-soportado a bioclasto-soportado y la matriz es de arenisca calcárea. La selección es polimodal puesto que los ejemplares de *Anditrigonia eximia* y *Trigonia carinata* presentan tamaños aproximadamente similares (hasta 10 cm), pero considerablemente mayores a los especímenes de *Pterotrigonia* sp. y *Anditrigonia discors* (hasta 3 cm). Esta tafofacie puede aparecer junto con las tafofacies Bfa, Or y Blr. La tafofacie Tr se ilustra en la Figura 5.6 c-d.





**Figura 5.6.** Tafofacies Bfa (bivalvos altamente fragmentados en areniscas) y Tr (trigoniidos retrabajados). a) Vista en sección de la tafofacie Bfa, se observan conchillas delgadas y con poca curvatura dispuestas en direcciones variables. b) Vista superficial de una conchilla perteneciente a la tafofacie Bfa, se aprecian perforaciones en la conchilla probablemente causados por bioerosión. c) Vista en planta de la tafofacie Tr mostrando abundantes ejemplares de trigoniidos (mayormente *Anditrigonia eximia*). d) Vista en sección de la tafofacie Tr con abundantes valvas desarticuladas de trigoniidos. Las flechas marcan la dirección de la altura estratigráfica.

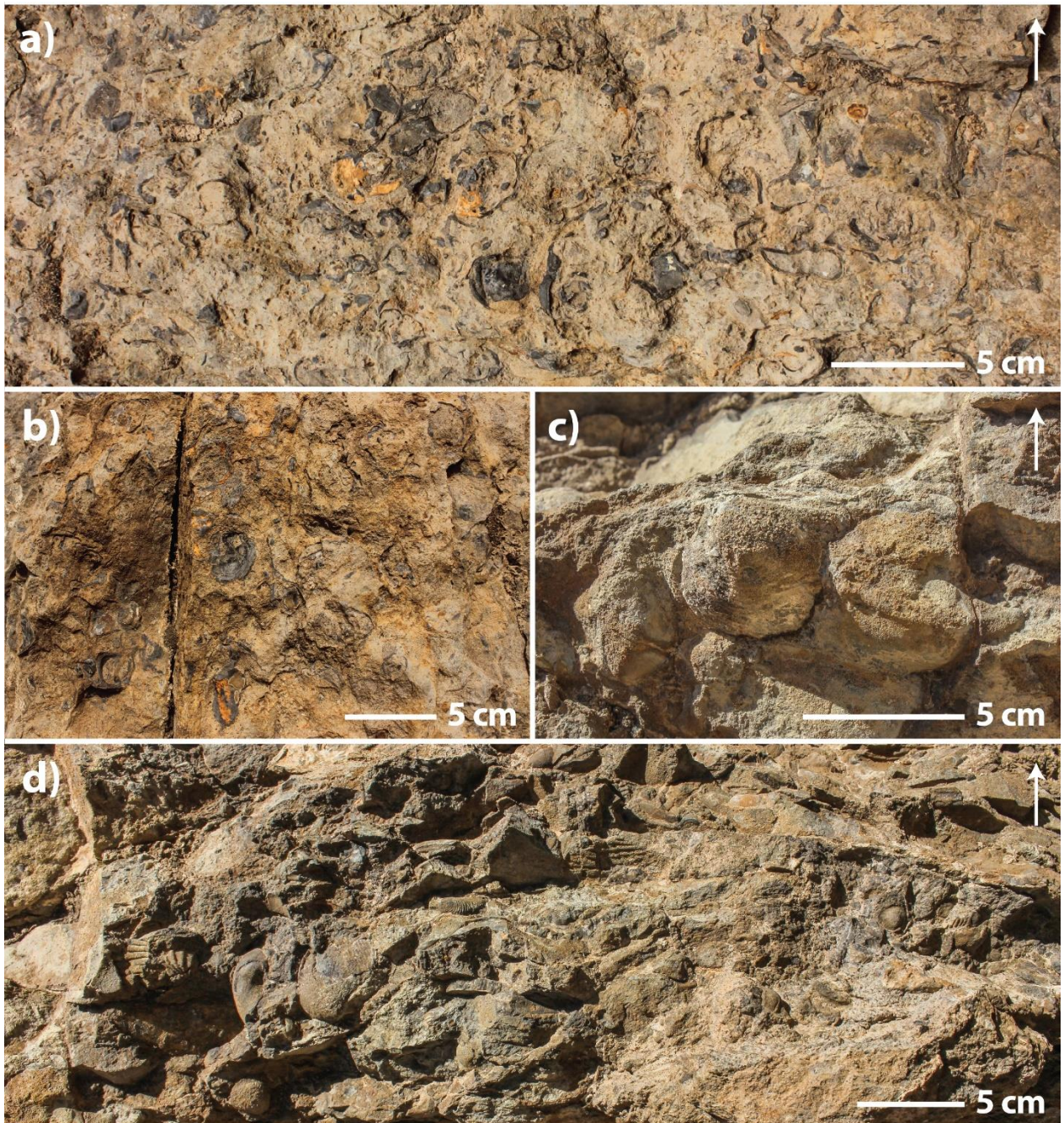


## Tafofacie Or: Ostras retrabajadas

**Descripción:** Se compone por fragmentos de conchillas no recristalizadas probablemente de ostras (debido a la similitud en la morfología que presentan estos bioclastos con los ejemplares de *Aetostreon* sp. observados en los miembros Placa Roja y Cantera). De ser esto efectivo, el modo de vida presente es epifaunal. La articulación es difícil de determinar en la mayoría de los casos, pero debido al grado alto de fragmentación pareciese ser moderada a baja. La abrasión es alta. La bioerosión e incrustación en las vistas superficiales de las conchillas es muy baja. La orientación de los bioclastos es muy variable. El empaquetamiento en esta tafofacie varía de matriz-soportado a bioclasto-soportado con matriz de arenisca calcárea. La selección es mala, los bioclastos presentan tamaños entre 1 y 10 cm. Esta tafofacie puede aparecer junto con las tafofacies Tr y Bfa. La tafofacie Or se ilustra en la Figura 5.7 a-b.

## Tafofacie Blr: Bivalvos infaunales retrabajados

**Descripción:** Está conformada por bivalvos infaunales profundos y someros retrabajados de los siguientes taxones: *Eriphyla* sp., *Lucina* aff. *leufuensis*, *Lucina?* sp., *Pholadomya gigantea*, *Mactromya?* sp., *Pterotrigonia* sp., *Sphaera* sp., *Tellina?* sp. e *Isocyprina* sp. Los ejemplares estudiados presentan mayormente orientaciones convexas hacia abajo, aunque también se observan posiciones convexas hacia arriba y verticales. No se observan organismos en posición de vida. La articulación es baja. La disolución es alta, gran parte de los ejemplares están preservados como moldes internos con material concordante a la matriz, sin embargo, la fragmentación es moderada debido a que los rellenos de las valvas suelen conservar más del 50% de su tamaño original. Cuando se preserva la conchilla, ésta no cubre todo el molde y aun puede distinguirse la ornamentación, por lo que la abrasión es baja. La bioerosión y la incrustación son bajas. El empaquetamiento de esta tafofacie es matriz-soportado con matriz de arenisca calcárea. La selección es mala, ya que se observan bivalvos de pequeño a gran tamaño entre 3 y 10 cm. Esta tafofacie puede aparecer junto con las tafofacies Bfa y Tr. La tafofacie Blr se ilustra en la Figura 5.7 c-d.



**Figura 5.7.** Tafofacies Or (ostras retrabajadas) y Blr (bivalvos infaunales retrabajados). a) Vista en sección de la tafofacie Or, mostrando una composición aparentemente monotípica de fragmentos de conchillas de ostras. b) Vista en planta de la tafofacie Or, se aprecian fragmentos de conchillas de similares características a los de la fotografía anterior. c) Vista en sección de la tafofacie Blr, focalizándose en dos moldes internos de bivalvos que conservan parte de la conchilla. d) Vista en sección más general de la tafofacie Blr, se aprecian abundantes moldes internos de bivalvos de diferentes tamaños. Las flechas marcan la dirección de la altura estratigráfica.



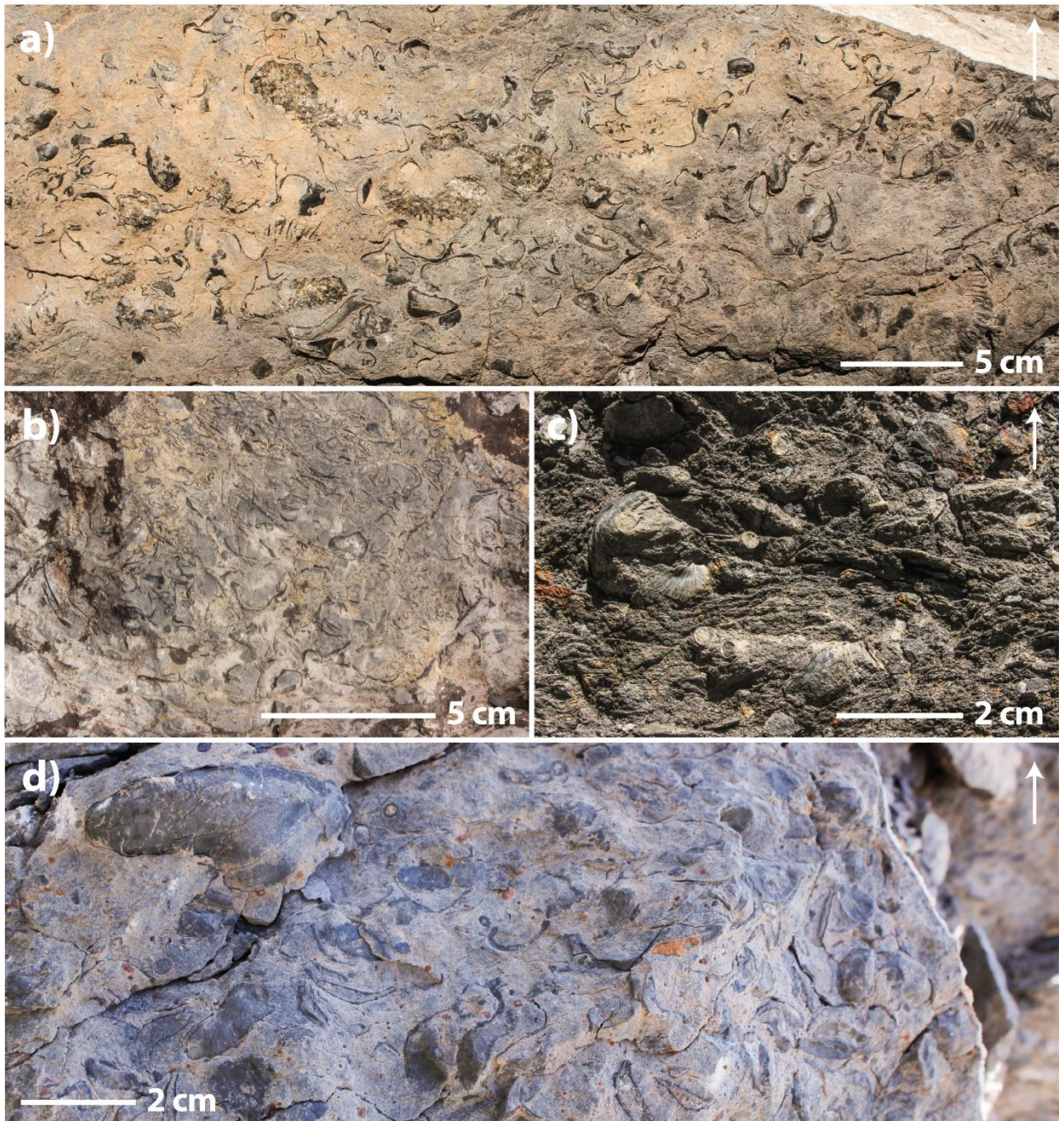
## Tafofacie Bfd: Bivalvos altamente fragmentados en diversas litologías

**Descripción:** Es una tafofacie politípica de fragmentos de conchillas de bivalvos y pequeños bivalvos relacionados a areniscas calcáreas, fangolitas calcáreas y calizas fangolíticas. Debido al tamaño y al grado de fragmentación de los bivalvos no es posible dar una identificación taxonómica certera, aunque algunos fragmentos podrían pertenecer a ostras. De acuerdo a esta interpretación, el modo de vida presente es epifaunal. Los bioclastos presentan una baja a moderada articulación. La fragmentación es alta. La corrosión, bioerosión e incrustación son difíciles de determinar en los fragmentos de conchillas, mientras que en los ejemplares pequeños de ostras todos estos rasgos son bajos. La orientación es muy variable. El empaquetamiento es fundamentalmente matriz-soportado con matriz de arenisca calcárea, fangolita calcárea o caliza fangolítica. La selección es buena, con tamaños siempre menores a 4 cm. Esta tafofacie puede aparecer junto con las tafofacie OAr y Bb. La tafofacie Bfd se ilustra en la Figura 5.8 a-b.

## Tafofacie OAr: Ostras y anélidos retrabajados

**Descripción:** Tafofacie de carácter politípica conformada por ostras del género *Aetostreon* y anélidos del género *Rotularia*, ambos en abundancia. Estos taxones representan modos de vida epifaunales libres. Las orientaciones de los ejemplares estudiados son muy variables. La fragmentación es moderada para ambos taxones. La articulación de las ostras es difícil de determinar debido a que la zona de la valva derecha suele estar cubierta por sedimento concordante con la matriz, pero pareciese ser moderada a alta. La abrasión es moderada al igual que la disolución. La bioerosión y la incrustación son bajas en los ejemplares analizados. El empaquetamiento en esta tafofacie puede ser tanto matriz-soportado como bioclasto-soportado y la matriz es de fangolita calcárea o caliza fangolítica. La selección es bimodal, los ejemplares de *Aetostreon* presentan tamaños de hasta 5 cm y los ejemplares de *Rotularia* de 1 a 2 cm. Esta tafofacie puede aparecer junto con las tafofacie Bfd. La tafofacie OAr se ilustra en la Figura 5.8 c-d.





**Figura 5.8.** Tafofacies Bfd (bivalvos altamente fragmentados en diversas litologías) y OAr (ostras y anélidos retrabajados). a) Vista en sección de la tafofacie Bfd, se pueden observar fragmentos pequeños, delgados y curvos de conchillas de bivalvos; otros bivalvos de pequeño tamaño, casi completos que podrían corresponder a ostras; y secciones de amonites de diferentes tamaños con relleno sedimentario y esparítico. b) Vista en planta de la tafofacie Bfd, mostrando ejemplares de características similares a la fotografía anterior. c-d) Vistas en sección de la tafofacie OAr, en ambas fotografías se observan ejemplares y fragmentos de ostras (*Aetostreon* sp.) de pequeño tamaño, además de pequeñas secciones circulares que corresponden a anélidos del género *Rotularia*. Las flechas marcan la dirección de la altura estratigráfica.

## Tafofacie Bb: Bivalvos con bioerosión e incrustación

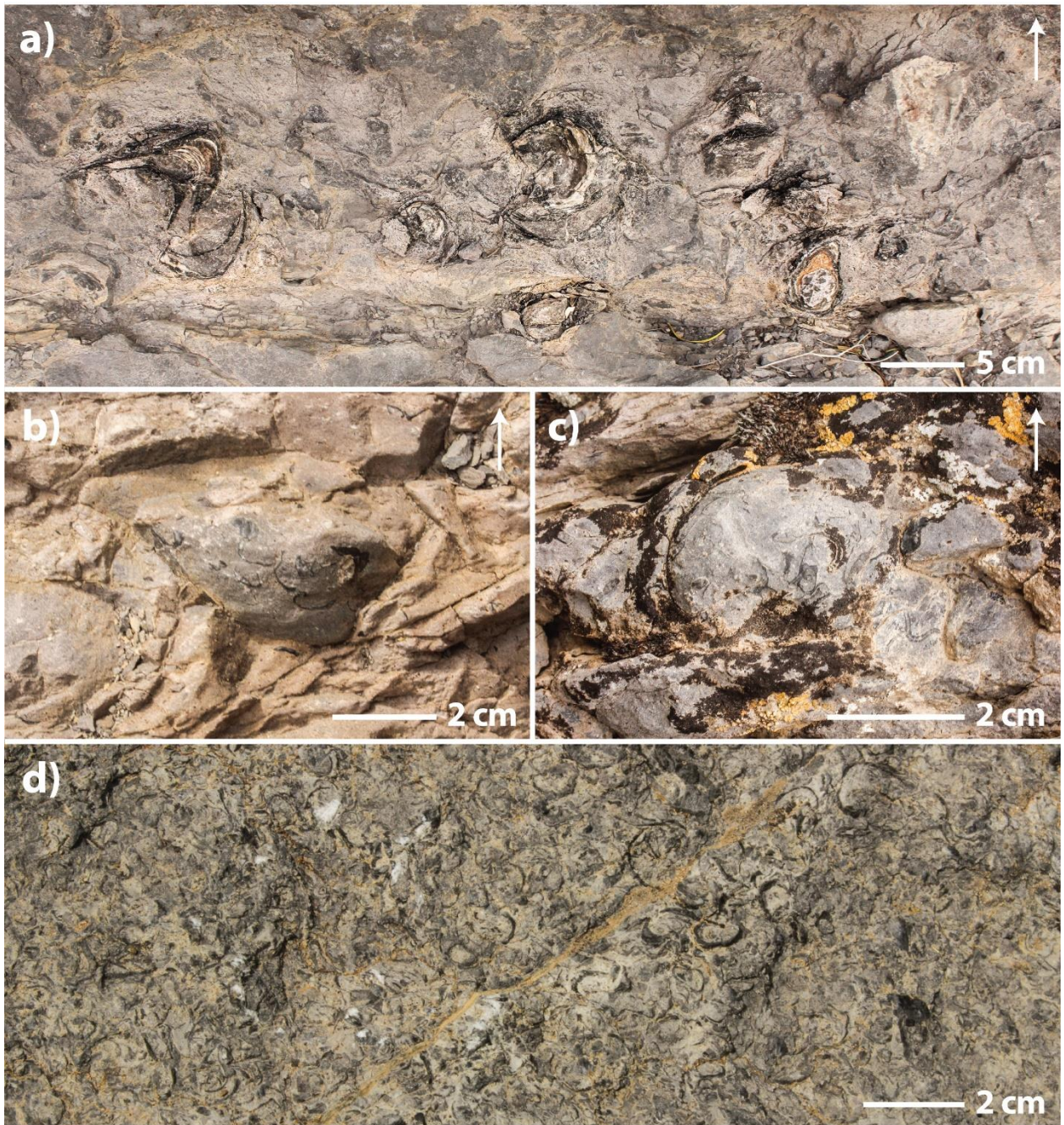
**Descripción:** Tafofacie politípica de bivalvos infaunales profundos, infaunales someros y epifaunales con abundante bioerosión e incrustación. Los taxones identificados son: *Aetostreon* sp., *Pholadomya gigantea*, *Sphaera koeneni*, *Sphaera* sp., *Cucullaea gabrielis*, *Isocyprina?* sp., Veneridae indet y Opinae indet. La orientación de los ejemplares estudiados es principalmente convexa hacia abajo y en menor proporción vertical. No se observaron organismos infaunales en posición de vida. La articulación es difícil de determinar en las ostras, pero es alta en los otros taxones. La fragmentación en los ejemplares es baja. Los ejemplares de *Aetostreon* sp. suelen presentar la conchilla con ornamentación bien definida, por lo que la disolución y abrasión son bajas en este taxón. Por otro lado, los otros taxones de bivalvos se presentan mayormente como vaciados (disolución alta) y de presentar parte de la conchilla, esta exhibe bien la ornamentación (abrasión baja). La bioerosión e incrustación son altas. La incrustación, en particular, está comúnmente presente en las conchillas de las ostras, pero también se observa (aparentemente) en algunos moldes internos de ostras y otros bivalvos. El empaquetamiento es matriz-soportado con clastos bien dispersos, la matriz es de fangolita calcárea o caliza fangolítica. La selección es mala, presentando bioclastos de moderado a gran tamaño (entre 4 y 10 cm). Esta tafofacie puede aparecer junto con las tafofacie Bfd. La tafofacie Bb se ilustra en la Figura 5.9 a-c.

## Tafofacie Bfc: Bivalvos altamente fragmentados en calizas arenosas

**Descripción:** Tafofacie de carácter monotípico conformada por fragmentos de conchillas de bivalvos relacionados a calizas arenosas. Debido a la alta fragmentación y muy baja articulación de los ejemplares es difícil dar una identificación taxonómica certera, sin embargo las morfologías observadas podrían indicar que los bioclastos corresponden a fragmentos de ostras. De esta manera el hábito de vida representado sería epifaunal. La orientación de estas conchillas es muy variable. La disolución y abrasión son bajas. La bioerosión e incrustación son difíciles de determinar debido a las condiciones de los bioclastos. El empaquetamiento en esta tafofacie varía de bioclasto-soportado a matriz-soportado, pero con una alta densidad de bioclastos. La matriz es de caliza arenosa. La selección es buena, los bioclastos presentan tamaños que no superan los 2 cm. No se observaron tafofacies asociadas a esta. La tafofacie Bfc se ilustra en la Figura 5.9 d.

Utilizando los datos y metrajés mostrados en las tablas 5.1 a 5.3, se ilustra la distribución de las 8 tafofacies propuestas a lo largo de la sección realizada en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés (Figura 5.10).





**Figura 5.9.** Tafofacies Bb (bivalvos con bioerosión e incrustación) y Bfc (bivalvos altamente fragmentados en calizas). a) Vista en sección de la tafofacie Bb, donde se observan ejemplares articulados de gran tamaño correspondientes *Aetostreon* sp. b) Vaciado de bivalvo (*Veneridae* indet.) perteneciente a la tafofacie Bb con aparente presencia (o relicto) de organismos incrustantes. c) Molde interno de *Aetostreon* sp. perteneciente a la tafofacie Bb, mostrando también aparente incrustación (o el relicto de ella). d) Vista en sección de la tafofacie Bfc, se observan abundantes fragmentos y ejemplares de composición monotípica posiblemente correspondientes a ostras de pequeño tamaño. Las flechas marcan la dirección de la altura estratigráfica.



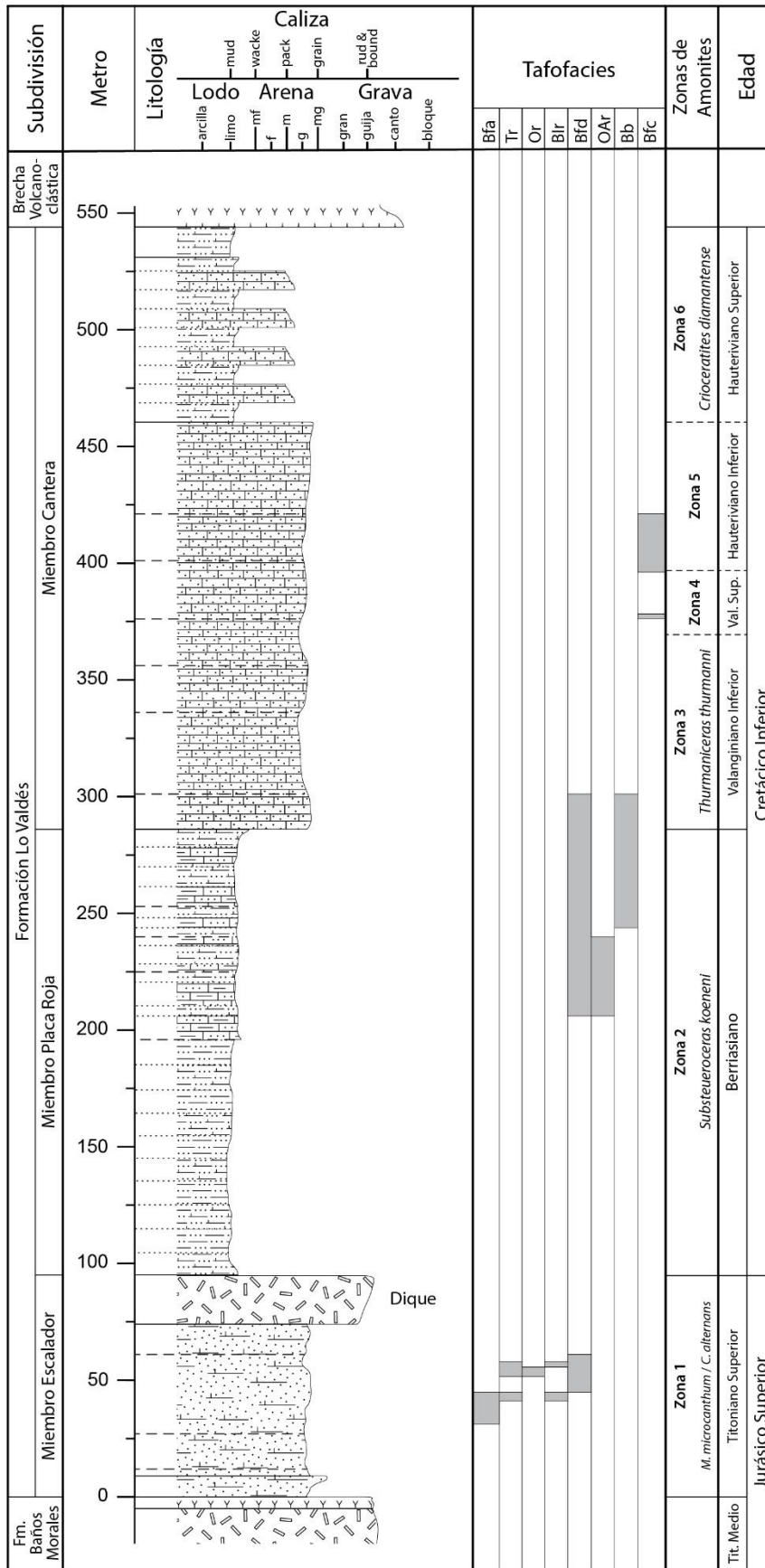


Figura 5.10. Distribución de las tafofacies propuestas en la columna de Lo Valdés.



### 5.3 Análisis paleoambiental e interpretación

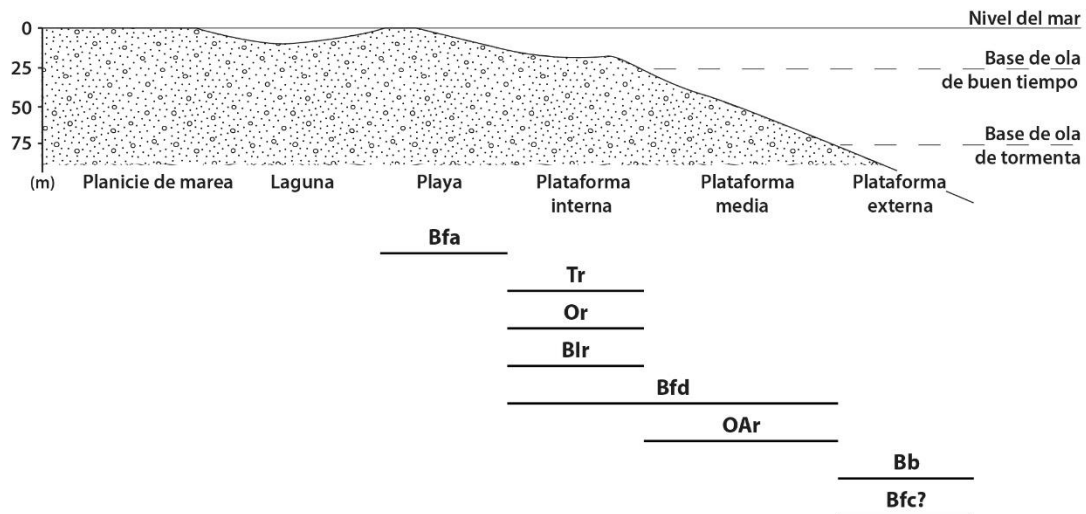
Una vez realizado el análisis de facies tafonómicas es posible interpretar condiciones paleoecológicas y paleoambientales mediante la aplicación de modelos que relacionen los estilos de preservación con ambientes sedimentarios. Sin embargo, se debe considerar que la falta de estándares para cuantificar los efectos de los agentes tafonómicos puede provocar desajustes al momento de aplicar dichos modelos al estudio de tafofacies. En particular, Kidwell & Bosence (1991) utilizan una escala de ponderación cualitativa de los rasgos tafonómicos considerados en su modelo, por lo que la correlación con las escalas cuantitativas determinadas en este estudio puede no ser precisa. Para que la interpretación ambiental de las tafofacies sea más robusta, se complementará la información obtenida del modelo aplicado con la información litológica recopilada en este trabajo y la de estudios paleoambientales relacionados a este contexto (e.g Salazar 2012; Lazo 2004; Kietzmann & Palma 2009). La Tabla 5.4 muestra la correlación que se utilizará entre la escala de ponderación aplicada en este estudio y la propuesta por Kidwell & Bosence (1991).

Escala utilizada en este trabajo	Escala utilizada en Kidwell & Bosence (1991)
Muy bajo (<10%)	Ausente
Bajo (10-30%)	Escaso
Moderado (30-60%)	Presente
Alto (>60%)	Común

**Tabla 5.4.** Correlación entre las escalas utilizadas por este trabajo y las propuestas en Kidwell & Bosence (1991) para ponderar los rasgos tafonómicos.

Al graficar las tafofacies identificadas en el modelo batimétrico de Kidwell & Bosence (1991) se obtiene la siguiente distribución paleoambiental de las tafofacies (Figura 5.11).

La tafofacie Bfa (bivalvos altamente fragmentados en areniscas) comparte varios atributos tafonómicos con los esperados en un ambiente de playa: fragmentación y abrasión alta, articulación muy baja y bioerosión moderada. Este ambiente también concuerda con el importante aporte terrígeno que presentan las litologías relacionadas a esta tafofacie (arenitas líticas y wackas líticas). La abrasión alta, así como la bioerosión moderada podría indicar un tiempo considerable de exposición sobre la interfaz agua-sedimento. Por otro lado, la combinación de altos grados de fragmentación y desarticulación permitiría inferir un retrabajo continuo y prolongado. La génesis de esta tafofacie puede interpretarse como el retrabajo prolongado de bioclastos expuestos a la interfaz agua-sedimento en un ambiente de playa, quizá relacionado al oleaje de buen tiempo.



**Figura 5.11.** Distribución ambiental de las tafofacies identificadas en este estudio según el modelo de Kidwell & Bosence (1991), complementado con datos litológicos y estudios previos.

La tafofacie Tr (trigoniidos retrabajados) presenta rasgos tafonómicos mayormente esperados en un ambiente de plataforma interna: articulación baja (pero con presencia de bivalvos articulados), fragmentación alta y abrasión baja. Sin embargo, la incrustación y bioerosión en esta tafofacie es moderada, diferenciándose levemente de lo propuesto en el modelo. Este ambiente es cercano a la costa, lo que es afín con el alto aporte terrígeno que presentan las litologías relacionadas a esta tafofacie (arenitas líticas y wackas líticas). La composición taxonómica (trigoniidos con concha gruesa) es concordante con ambientes de alta energía (Scholler & Ulmer-Scholler 2003) y aguas poco profundas de hasta 10 o 30 metros de profundidad (Stanley 1977 y Francis & Hallam 2003, respectivamente). La bioerosión moderada y la abrasión baja pueden relacionarse a la exposición de los bioclastos al alcance del retrabajo biológico, pero bajo la interfaz agua-sedimento protegiéndose así de la abrasión. Por otro lado, la combinación de baja articulación y alta fragmentación podría indicar un ambiente de alta energía. El origen de esta tafofacie puede ser interpretado como la exhumación o desentierro de organismos infaunales someros por la acción de episodios de alta energía (probablemente tormentas) en un ambiente de plataforma interna. Estos episodios de alta energía sepultarían las conchillas bajo la interfaz agua-sedimento protegiéndolas de la abrasión, pero dejándolas al alcance de la acción de otros organismos.

La tafofacie Or (ostras retrabajadas), al igual que la tafofacie Tr, presenta un estilo de preservación que podría ser relacionado a una ambiente de plataforma interna: fragmentación alta, abrasión alta y articulación moderada a baja. La incrustación y bioerosión presentan una magnitud menor a la propuesta para este ambiente, pero esto puede deberse a una subrepresentación de la magnitud real debido a las condiciones del material o al método de conteo. El ambiente de plataforma interna concuerda con las litologías de arenita lítica y wacka lítica asociadas a esta tafofacie. La composición taxonómica está representada por ostras y por consiguiente muestra modos de vida epifaunales libres. La combinación de una corrosión alta, una baja a moderada articulación y una alta fragmentación podrían indicar ambientes de alta energía. La

génesis de esta tafofacie puede relacionarse a la movilización de organismos epifaunales, en un contexto de plataforma interna, por episodios de alta energía que luego depositaron los bioclastos en orientaciones aleatorias.

La tafofacie Blr (bivalvos infaunales retrabajados) presenta rasgos tafonómicos afines a los esperados tanto en la plataforma interna como media. La articulación baja y la fragmentación moderada indicarían un ambiente de alta energía, mientras que la baja abrasión y la baja bioerosión permiten inferir que los bioclastos no estuvieron expuestos por tiempos prolongados a la interfaz agua-sedimento. La composición taxonómica muestra hábitos de vida tanto infaunales profundos como someros, por lo que su mezcla podría indicar eventos de alta energía. La litología asociada a esta tafofacie (arenita lítica y wacka lítica) puede presentarse en ambos ambientes, pero es más probable de ocurrir en la plataforma interna debido a su mayor cercanía con la costa. Integrando estos datos tafonómicos, paleoecológicos y litológicos se interpreta el origen de esta tafofacie como el desentierro y mezcla de organismos infaunales profundos y someros por eventos de alta energía en un contexto de plataforma interna (quizá distal). Estos eventos luego depositarían los bioclastos bajo la interfaz agua-sedimento, protegiéndolos en cierto grado de la abrasión y bioerosión.

La tafofacie Bfd (bivalvos altamente fragmentados en diversas litologías) presenta similitud en características tafonómicas con las esperadas en un ambiente de plataforma interna: articulación baja a moderada, fragmentación alta, abrasión baja y preservación *in situ* muy baja. La bioerosión e incrustación es difícil de evaluar en los fragmentos de conchillas de bivalvos, pero en los otros bivalvos es baja. La abrasión y bioerosión bajas pueden indicar cortos periodos de exposición sobre la interfaz agua-sedimento. La articulación baja a moderada, en conjunto con la fragmentación alta indicarían ambientes de alta energía. Sin embargo, esta tafofacie está asociada a litologías que se relacionan tanto a un ambiente de plataforma interna (arenitas líticas y wackas líticas), como a un ambiente de plataforma media (fangolitas calcáreas y calizas fangolíticas con muy bajo aporte terrígeno). Cabe destacar que, aunque no se observaron asociadas, esta tafofacie puede aparecer en las mismas litologías que la tafofacie Bfa (bivalvos altamente fragmentados en arenisca), pero se consideraron como tafofacies diferentes debido a la forma de los bioclastos presentes (formas planas en Bfa, formas curvas en Bfd), a su estado de preservación (Bfa presenta conchillas más fragmentadas y desarticuladas que Bfd) y a la aparición de pequeños ejemplares de ostras asociados a los fragmentos de conchillas en la tafofacie Bfd. Un posible origen para esta tafofacie podría ser el desentierro y movilización de pequeños ejemplares de ostras y otros bivalvos por eventos singulares de alta energía en la plataforma interna, siendo depositados luego bajo la interfaz agua-sedimento evitando la bioerosión y abrasión o transportados hacia la plataforma media por flujos de relajación de tormentas (Lazo 2004). Otro origen podría ser la génesis autóctona de esta tafofacie tanto en la plataforma interna como en la plataforma media por eventos singulares de alta energía que retrabajen estos bivalvos pequeños, depositándolos luego bajo la acción de la abrasión y bioerosión en sus respectivos ambientes.

La tafofacie OAr (ostras y anélidos retrabajados) presenta rasgos tafonómicos similares a los esperados en un ambiente de plataforma media: moderada a alta articulación, moderada fragmentación y moderada abrasión. Sin embargo, la preservación *in situ* es muy baja, alejándose de lo propuesto en el modelo. La bioerosión e incrustación es baja, aunque podría estar subrepresentada por el muestreo. Las litologías asociadas a esta tafofacie (fangolitas calcáreas y calizas fangolíticas) presentan concordancia con un ambiente sedimentario de plataforma media. El grado de articulación y fragmentación de esta tafofacie podría indicar una energía del ambiente baja. La corrosión moderada puede estar relacionada a una exposición considerable sobre la interfaz agua-sedimento. La composición taxonómica muestra ostras y serpúlidos con modos de vida epifaunales libres. La génesis de esta tafofacie se interpreta como la movilización de especies epifaunales por corrientes de baja energía, depositándolas cerca de la interfase agua-sedimento en orientaciones aleatorias bajo un ambiente de plataforma media.

La tafofacie Bb (bivalvos con bioerosión e incrustación) presenta una alta afinidad con el estilo de preservación propuesto para el ambiente de plataforma externa: articulación alta con organismos fuera de su posición de vida, fragmentación baja, abrasión baja y bioerosión e incrustación altas. Este ambiente también es concordante con las litologías asociadas a esta tafofacie (fangolitas calcáreas y calizas fangolíticas con poco a nulo aporte terrígeno). La alta articulación, baja fragmentación y baja abrasión permiten inferir un ambiente de baja energía, mientras que la alta bioerosión e incrustación puede estar relacionada a una exposición considerable en la interfaz agua-sedimento, pero esta ocurriría durante la vida del organismo o, de ocurrir posterior a su muerte, el tiempo de exposición a la interface no sería el suficiente para degradar los componentes del esqueleto y provocar la desarticulación. Los modos de vida representados en esta tafofacie son tanto epifaunales como infaunales someros y profundos. Si bien la preservación presentada por los bivalvos infaunales difiere de la exhibida por las ostras en cuanto al grado de disolución (en el primer caso los ejemplares corresponden a vaciados y en el segundo preservan usualmente la conchilla), ambos grupos son vinculados a esta tafofacie ya que los demás rasgos tafonómicos son similares y, además, es posible observar moldes internos de ostras y bivalvos infaunales con aparente presencia de incrustación, aunque un análisis más detallado de los ejemplares es necesario para corroborar esta interpretación.

La presencia de moldes internos con incrustación puede deberse, por un lado, a la preservación parcial de los organismos incrustantes fijados a la superficie interna de la conchilla previo a la disolución de esta dentro del sedimento, quedando sus relictos en el vaciado o molde interno, así como a la ocurrencia de al menos un ciclo de enterramiento-exhumación del material (Lazo 2004). En este último caso, las conchillas son rellenadas con sedimento, enterradas y cementadas, produciéndose luego la disolución parcial o total de la conchilla. Posterior a esto los moldes internos son retrabajados siendo expuestos a la interfaz agua-sedimento en donde puede ocurrir la bioerosión e incrustación (Lazo 2004). Debido a que la preservación en forma de vaciado implica la disolución de la conchilla cuando las valvas aún se encontraban articuladas y mayormente cerradas, lo que dificulta la colonización de organismos incrustantes, se considera que la ocurrencia de distintos ciclos de enterramiento-exhumación sería



escenario más probable para explicar este material con una posible incrustación, sin embargo, como se mencionó anteriormente es necesario un mayor análisis de los posibles epibiontes presentes para confirmar esta interpretación.

Reuniendo toda la información expuesta, el origen de la tafofacie Bb podría plantearse de dos maneras. En el caso de descartarse la presencia de incrustación en moldes internos, la génesis de esta tafofacie puede interpretarse como un ambiente de plataforma externa de baja energía en donde los organismos epifaunales son colonizados en vida por organismos incrustantes, mientras que los organismos infaunales se encuentran protegidos de ellos gracias a su modo de vida. Debido a la ocurrencia de episodios esporádicos de alta energía (como grandes tormentas), los organismos infaunales y epifaunales son excavados y mezclados, siendo luego depositados bajo la interfaz agua-sedimento fuera de la acción de agentes biogénicos que los degraden y/o alteren. Por otro lado, de confirmarse la presencia de incrustación en moldes internos, el origen de la tafofacie podría estaría relacionado de igual manera a un ambiente de plataforma externa de baja energía, pero en donde los episodios esporádicos de alta energía producen la mezcla de los organismos epifaunales e infaunales, así como el retrabajo de moldes internos, depositándolos cerca de la interfaz agua-sedimento en donde son susceptibles a la bioerosión e incrustación por periodos considerables de tiempo, pero no suficientes para producir la desarticulación de los ejemplares. Luego estos materiales serían enterrados por nuevos episodios de sedimentación.

La tafofacie Bfc (bivalvos altamente fragmentados en calizas arenosas) muestra complejidad a la hora de determinar el paleoambiente en el que se origina. Por un lado se tiene que la fragmentación es alta y la articulación muy baja, esto desde el punto de vista de procesos físicos podría indicar una alta energía del ambiente. La abrasión es baja, lo que puede estar relacionado a una baja exposición sobre la interfaz agua-sedimento o a una energía de ambiente baja. La bioerosión e incrustación es difícil de determinar debido a las condiciones de los bioclastos. Tampoco es posible entregar una composición taxonómica certera debido a las condiciones del material, aunque por la morfología de los fragmentos estos podrían corresponder a ostras. De esta manera, los rasgos tafonómicos no son concluyentes a la hora de determinar un ambiente de sedimentación.

Por otra parte, la tafofacie Bfc está relacionada a litologías de calizas tipo *packstone* y *rudstone* con muy bajo aporte terrígeno, por lo que se puede inferir que el ambiente de depositación se encuentra lejos de la influencia del material de la costa. Salazar (2012) interpreta estas facies carbonáticas de la Formación lo Valdés como parte de un ambiente de plataforma externa. Además, debido a la homogeneidad de las concentraciones en donde esta tafofacie está presente, así como a las potencias de dichas concentraciones (hasta decenas de metros), se estima que esta tafofacie es autóctona, o sea, no fue transportada desde otro ambiente sedimentario.

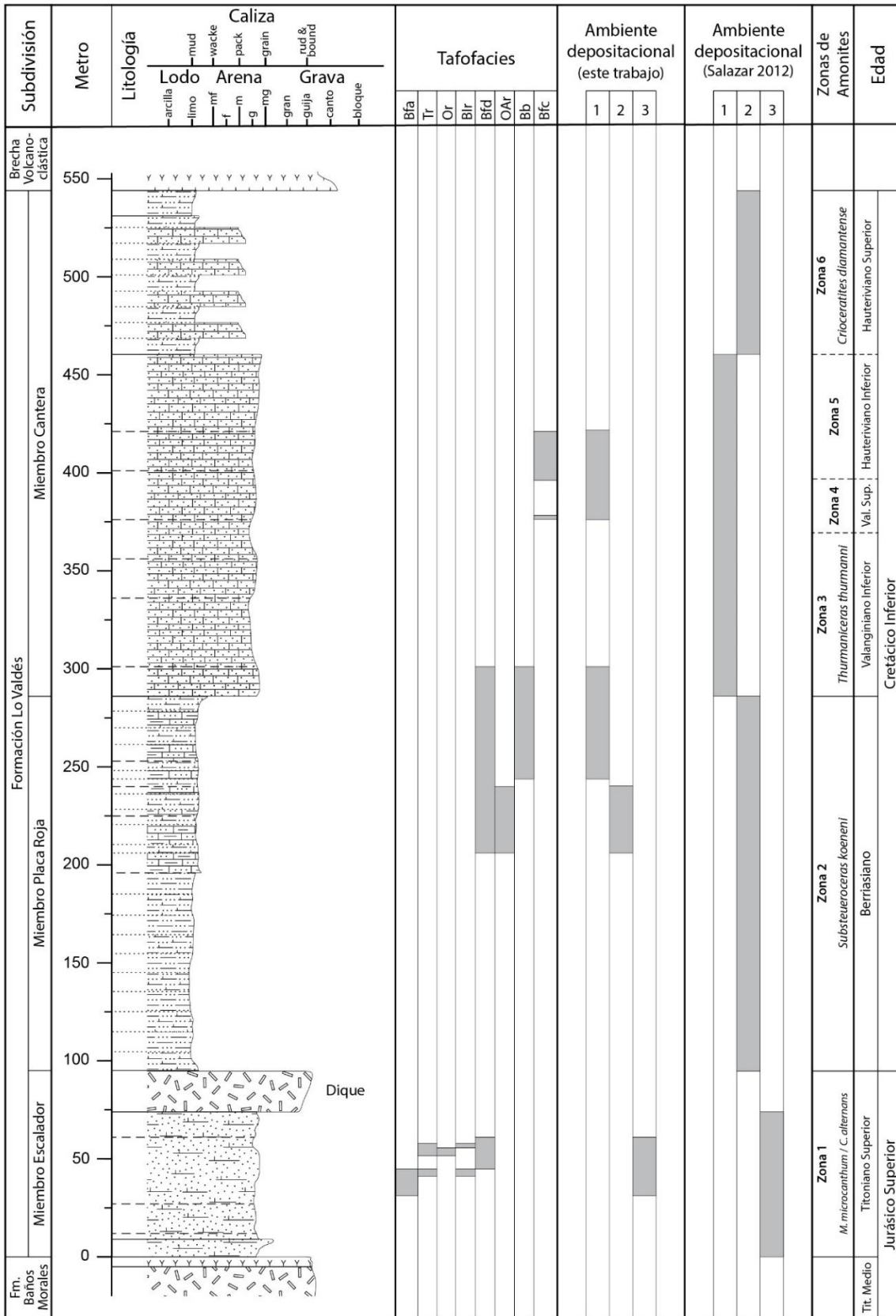
De acuerdo a Kidwell & Bosence (1991), varias características atribuidas convencionalmente a procesos físicos pueden ser originadas o imitadas por agentes biológicos. Una alto grado de fragmentación y desarticulación puede deberse o estar altamente influenciado por la bioerosión. Cuando la fragmentación de los bioclastos es originada por procesos mecánicos se tiene como resultado una gran variedad de tamaños, en cambio, la fragmentación producida por procesos biológicos tiende a producir mayormente bioclastos de pequeño tamaño (Kidwell & Bosence 1991). La selección de tamaños en esta tafofacie es muy buena y presenta bioclastos de tamaño menor a 2 cm.

Integrando todos estos datos, una posible génesis para la tafofacie Bfc estaría relacionada a un contexto de plataforma externa de poca energía, en donde los bioclastos presentes sobre la interfaz agua-sedimento están expuestos a una baja abrasión, pero a una activa acción de procesos biogénicos por periodos considerables de tiempo, generando estos depósitos monoespecíficos de conchillas muy fragmentadas. Sin embargo, esta posible génesis requiere de más antecedentes y análisis para ser corroborada.

Finalmente, se complementa la distribución de las tafofacies en la sección de Lo Valdés (Figura 5.10) junto con la interpretación de paleoambientes realizada para cada una de ellas (Figura 5.11), con la finalidad de obtener la variación paleoambiental a lo largo de los distintos metrajes de la columna, que representan la transición Jurásico-Cretácico en Chile Central (Figura 5.12). Esta última figura presenta además la biozonación de amonites y el análisis de ambientes de depositación, realizados para la Formación Lo Valdés por Salazar (2012).

Las tafofacies reconocidas en el Miembro Escalador (Bfa, Tr, Or Blr y Bfd) representan ambientes de playa y plataforma interna, que son equivalentes y concordantes con el ambiente de *shoreface* propuesto para este miembro por Salazar (2012). Por otro lado, las tafofacies identificadas en el Miembro Placa Roja están relacionadas a ambientes de plataforma media (Bfd y OAr) y externa (Bb), los cuales son análogos a los ambientes de *offshore transition* y *offshore*, respectivamente. El ambiente de plataforma media es concordante con lo propuesto por Salazar (2012) para este miembro, pero de acuerdo a este autor la transición a un ambiente de plataforma externa no ocurriría sino hasta el inicio del Miembro Cantera. Por último, el Miembro Cantera presenta dos tafofacies (Bb y Bfc) relacionadas genéticamente a un ambiente de plataforma externa, lo cual concuerda con el ambiente de *offshore* propuesto por Salazar (2012) para este miembro, aunque la génesis de la tafofacie Bfc aún requiere de más análisis.

Así, a partir del análisis tafonómico realizado en este estudio, se puede interpretar un aumento del nivel del mar entre los metros iniciales del Miembro Escalador hasta el metro 301 del Miembro Cantera (o posiblemente hasta el metro 421), abarcando edades desde el Titoniano superior al Valanginiano inferior (o incluso Hauteriviano inferior), de acuerdo a la biozonación de amonites propuesta por Salazar (2012).



**Figura 5.12.** Transición paleoambiental propuesta para la localidad tipo de la Formación Lo Valdés, en base al análisis de tafofacies realizado. Ambientes deposicionales: 1 *offshore*, 2 *offshore transition*, 3 *shoreface*.

## 6 Discusión y conclusiones

El estudio de la localidad tipo de la Formación Lo Valdés realizado en el presente trabajo abarca tres temáticas principales: estratigrafía, paleontología y análisis tafonómico. A continuación se abordan las conclusiones y discusiones derivadas de cada una de ellas.

### 6.1 Estratigrafía

Se levanta una columna estratigráfica de detalle de 573 metros de potencia en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés. A lo largo de la extensión de esta columna se analizan afloramientos de roca correspondientes a la Formación Baños Morales, a la Formación Lo Valdés y a una unidad de brecha volcanoclástica que sobreyace a esta última.

La columna inicia en los 20 metros superiores de la Formación Baños Morales (Miembro Placa Verde), en donde se observan litologías de andesita y toba lítica de lapilli. La andesita presenta abundantes cristales de plagioclasa de hasta 2 cm, zeolita y calcita en menor proporción. La toba lítica de lapilli presenta una matriz compuesta por vidrio y microcristales (clorita, zeolita y plagioclasa), en donde las texturas de desvitrificación son comunes. Los clastos en esta litología están compuestos por fragmentos de andesita y cristales rotos de plagioclasa. El contacto entre la Formación Baños Morales y la Formación Lo Valdés es neto.

En la Formación Lo Valdés son medidos 74 metros en el Miembro Escalador, 191 metros en el Miembro Placa Roja y 258 metros en el Miembro Cantera, además se miden 21 metros en un dique andesítico que corta la sección. De esta manera se obtiene una potencia total de 544 metros para la Formación Lo Valdés en su localidad tipo.

El Miembro Escalador se compone de litologías sedimentarias silisiclásticas de tipo arenita lítica calcárea y *wacka* lítica calcárea que presentan abundantes clastos de origen volcánico. Los fósiles identificados están representados por abundantes bivalvos, amonites y escasos gastrópodos. El techo de este miembro se ubica en el metro 74, en contacto neto con un dique de composición andesítica de 21 metros de potencia que corta tanto el segmento superior del Miembro Escalador como el tramo basal del Miembro Placa Roja.

La base del Miembro Placa Roja se encuentra en el metro 95 de la columna, en contacto neto con el dique andesítico mencionado. Las litologías presentes son tanto silisiclásticas (fangolita y fangolita calcárea) como carbonáticas (*wackestone*, *floatstone* y *rudstone*, referidas en general como calizas fangolíticas). A grandes rasgos, este miembro puede ser subdividido informalmente en un tramo inferior (metros 95– 196) y un tramo superior



(metros 196–286). El tramo inferior está conformado principalmente por una intercalación entre fangolitas calcáreas fisibles y competentes en igual proporción. Los afloramientos en este tramo se encuentran muy meteorizados y la fauna fósil observada es reducida y está dominada por amonites indeterminados. El tramo superior presenta una intercalación entre litologías de fangolita calcárea y caliza fangolítica, las proporciones de cada litología dentro de la intercalación varían dependiendo del metraje, pudiendo dominar una sobre la otra o presentarse en igual proporción. En este tramo el contenido fósil es abundante observándose amonites, bivalvos, serpúlidos y escasos gastrópodos. El techo de este miembro se ubica en el metro 286 donde presenta un contacto concordante con el Miembro Cantera.

El Miembro Cantera está conformado por litologías carbonáticas de tipo *calci-mudstone*, *wackestone*, *packstone* y *rudstone*. Al igual que el miembro anterior, el Miembro Cantera puede subdividirse informalmente en un tramo inferior (metros 286–460) y un tramo superior (metros 460–544). El tramo inferior corresponde a calizas arenosas masivas y sus afloramientos se encuentran interrumpidos por abundante vegetación. Entre los metros 286–301 el contenido fósil es abundante presentando macroinvertebrados de moderado a gran tamaño, entre ellos amonites, bivalvos y gastrópodos. Entre los metros 336–376 se encuentran niveles de caliza arenosa masiva con escaso a nulo contenido fósil, mientras que a partir del metro 376 y finalizando en el metro 460, los niveles de caliza adquieren un mayor contenido fósil (de moderado a abundante) representado por pequeños fragmentos de conchillas. En el metro 460 inicia el tramo superior, el cual termina en el techo de este miembro en el metro 544. Este tramo se compone de intercalaciones entre calizas arenosas y calizas fangolíticas, dominando las calizas fangolíticas. El contenido fósil en estos metros es moderado y está caracterizado por amonites dispersos.

La columna finaliza con 9 metros correspondientes a la base de una unidad de brecha volcanoclástica que sobreyace a la Formación Lo Valdés. Las litologías presentes en los metrajes analizados son tobas de lapilli y tobas de brecha, ambas con clastos poco esféricos, angulosos y polimícticos de calizas, fangolitas y fragmentos fósiles. El tamaño de los clastos es menor a 5 cm en las tobas de lapilli y menor a 10 cm para la brecha de toba. Debido a que los clastos presentan litologías y fósiles que se observan en la Formación Lo Valdés, se interpreta que el límite entre esta formación y la unidad de brecha corresponde a un contacto erosivo.

Los datos litoestratigráficos obtenidos en este trabajo presentan concordancia con los estudios de Salazar (2012) y Salazar & Stinnesbeck (2015) en la Formación Lo Valdés. Las litologías descritas en este trabajo presentan una alta similitud con las identificadas en los estudios mencionados, mientras que las potencias medidas en este trabajo para la Formación Lo Valdés y sus miembros presentan una diferencia menor a un 3% con respecto a las propuestas por dichos estudios. Este trabajo además complementa la descripción litológica entregada por Salazar & Stinnesbeck (2015) para el Miembro Placa Verde de la Formación Baños Morales, agregando la litología de toba lítica de lapilli al techo de este miembro.

También se obtiene una buena correlación al compararse los resultados litoestratigráficos obtenidos con los expuestos por Biro (1964). El miembro "Arenáceo" propuesto por este autor, equivalente al Miembro Escalador, presenta una potencia y litologías afines a las obtenidas en este estudio. Por otro lado, el miembro "Calcáreo" definido por Biro (1964) incluye a los miembros Placa Roja y Cantera, al dique andesítico y a la unidad de brecha volcániclaística indefinida. En este caso, las litologías asociadas a cada una de estas 4 unidades (o subunidades) son mayormente concordantes en ambos trabajos, sin embargo, los metrajes medidos presentan una diferencia de aproximadamente un 10% al comparar la suma de las potencias de los miembros Placa Roja y Cantera aquí obtenidas con sus metrajes equivalentes en Biro (1964), ya que este último excede por 53 metros a las mediciones realizadas en este trabajo.

## 6.2 Paleontología

Sobre la base de un total de 108 ejemplares de invertebrados fósiles recolectados durante la realización de este trabajo, son identificados, con diferente grado de certeza, 46 taxones correspondientes a anélidos (2) y moluscos (44). Estos últimos a su vez son agrupados en gastrópodos (2 taxones), bivalvos (33 taxones), nautiloideos (1 taxón) y amonites (8 taxones).

La preservación de los bivalvos fósiles en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés es en general deficiente, lo que dificulta la identificación taxonómica ya sea a nivel específico o incluso genérico. El tipo de preservación predominante es el de molde interno o vaciado con frecuente deformación y desgaste de la superficie de las conchillas, sin embargo, los ejemplares de trigoniidos y ostras analizados se caracterizan por preservar generalmente la conchilla, mostrando diferentes grados de detalle de la ornamentación. En el caso de los amonites, la preservación consiste principalmente en moldes internos con frecuente aplastamiento o compresión. En el material predominan las últimas vueltas y/o cámaras de habitación, las cuales suelen exhibir el patrón general de la ornamentación y la morfología de la zona ventral, facilitando su identificación a nivel de género o especie. Cuando los ejemplares presentan el área del umbilico, este con frecuencia carece de rasgos morfológicos bien preservados.

Contrastando la fauna de bivalvos identificada en este estudio con la propuesta por Biro (1964) para la Formación Lo Valdés, se observa que el total de los taxones determinados a nivel de especie en este trabajo fueron documentadas también por el autor mencionado (*Cucullaea* (N.) *gabrielis*, *Trigonia carinata*, *Anditrigonia eximia*, *Anditrigonia discors*, *Lucina leufuensis*, *Sphaera koeneni*, *Ptychomya koeneni* y *Pholadomya gigantea*), además ambos trabajos incluyen taxones relacionados los géneros *Lucina*, *Eriphyla* e '*Isocardia*'. Por otro lado, al comparar la fauna aquí propuesta con la determinada por Lazo (2004), se obtiene que aproximadamente un 60% de las especies identificadas también son registradas en unidades correlacionables a la Formación Lo Valdés en la cuenca Neuquina (*Cucullaea* (N.) *gabrielis*, *Trigonia carinata*, *Sphaera koeneni*, *Ptychomya koeneni* y *Pholadomya gigantea*), además ambos estudios presentan taxones

relacionados los géneros *Aetostreon*, *Pterotrigonia*, *Eriphyla*, *Sphaera* y *Aphrodina*. Sin embargo, para analizar de manera más fundamentada el grado de afinidad faunística que existiría entre la Formación Lo Valdés y otras unidades correlacionables a ella, es imperante la realización de un estudio sistemático detallado que permita una mayor identificación de taxones a nivel de especie.

En cuanto a los amonites, se observa una buena concordancia entre los taxones identificados en este estudio y las siguientes biozonas propuestas por Salazar (2012) para la Formación Lo Valdés: *Micracanthoceras microcanthum* / *Corongoceras Alternans* (Zona 1), *Substeueroceras koeneni* (Zona 2) y *Crioceratites diamantense* (Zona 6).

Se infieren los modos de vida de los taxones de bivalvos identificados en este trabajo al comprarlos con especímenes de la literatura que presentan afinidades morfológicas y/o de parentesco. De esta manera, los modos de vida identificados para los 33 taxones de bivalvos son: epifaunal libre (3), epifaunal bisado (2), epifaunal (en general, 1), semi-infaunal (1), infaunal somero (10), infaunal profundo (8) e infaunal (en general, 8).

Se analiza la distribución de los taxones identificados a lo largo de la columna realizada para la localidad tipo de la Formación Lo Valdés. La presencia de zonas en la sección que no cuentan con taxones identificados se debe a factores del terreno (zonas de vegetación sin afloramientos de roca en superficie) o de la preservación de los fósiles (preservación deficiente de rasgos morfológicos que permitan la identificación más allá del nivel de clase, por lo que fueron excluidos del estudio).

El Miembro Escalador presenta una amplia fauna compuesta por 17 taxones de bivalvos y 2 taxones de amonites. En cuanto a los bivalvos, la mayoría de estos taxones se observaron asociados *in situ* en dos tipos de concentraciones fósiles dentro del miembro: 1) *Trigonia carinata*, *Anditrigonia eximia*, *Anditrigonia discors* y *Pterotrigonia* sp.; y 2) *Anditrigonia eximia*, *Pterotrigonia* sp., *Eriphyla* sp., *Lucina* aff. *leufuensis*, *Lucina*? sp., *Sphaera* sp., *Mactromya*? sp., *Tellina*? sp., *Isocyprina* sp. y *Pholadomya gigantea*.

El Miembro Placa Roja presenta taxones identificados únicamente en la mitad superior (metros 196 – 286). La fauna presente en estos metrajes considera un total de 8 taxones de bivalvos, 4 taxones de amonites, 2 taxones de anélidos, 1 taxón de nautiloideo y 1 taxón de gastrópodo. Focalizándose en los bivalvos, los ejemplares *in situ* de *Aetostreon* sp. son comunes a lo largo de toda esta porción, a veces formando concentraciones fosilíferas densas junto a abundantes ejemplares de *Rotularia* sp. Los especímenes de Mytilidae indet., *Cucullaea* (N.) *gabrielis*, *Sphaera* sp., *Isocyprina*? sp. y *Aphrodina* sp se encuentran *in situ* de forma dispersa a lo largo de estos metrajes, aunque hacia el techo del miembro aumentan considerablemente su abundancia (especialmente el género *Sphaera*).

La base del Miembro Cantera (metros 286-301) presenta un abundante contenido de bivalvos correspondientes a un total de 16 taxones, además se identifican 3 taxones de amonites y 2 de gastrópodos, aunque la mayoría de los taxones fueron observados únicamente en los rodados. Los bivalvos identificados *in situ* corresponden a *Aetostreon* sp., *Opinae* indet., *Sphaera koeneni*, *Sphaera* sp., *Mactromya?* sp. y Veneridae indet. Estos especímenes forman una concentración fosilífera matriz-soportada a lo largo de los metrajes mencionados, en donde los fósiles son abundantes pero se encuentran considerablemente dispersos.

### 6.3 Análisis tafonómico

Con el fin de realizar interpretaciones paleoambientales, se describen las concentraciones fósiles presentes en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés a través de sus rasgos paleontológicos (composición taxonómica y modos de vida), tafonómicos (grado de desarticulación, fragmentación, corrosión, bioerosión e incrustación), sedimentológicos (orientación de los bioclastos, empaquetamiento, selección, geometría) y estratigráficos (estructura interna).

Posterior a su caracterización, se analizan los rasgos (especialmente los tafonómicos) para identificar las tafofacies que componen a cada concentración, proponiéndose un total de 8 tafofacies en la localidad tipo de la Formación Lo Valdés: Bfa (Bivalvos altamente fragmentados en areniscas), Tr (Trigoniidos retrabajados), Or (Ostras retrabajadas), Blr (Bivalvos infaunales retrabajados), Bfd (Bivalvos altamente fragmentados en diversas litologías), OAr (Ostras y anélidos retrabajados), Bb (Bivalvos con bioerosión e incrustación) y Bfc (Bivalvos altamente fragmentados en calizas arenosas).

Mediante la aplicación del modelo batimétrico de tendencias de preservación en diferentes ambientes marinos propuesto por Kidwell & Bosence (1991), complementado con datos estratigráficos determinados en este estudio y estudios paleoambientales relacionados a este contexto (e.g Salazar 2012; Lazo 2004; Kietzmann & Palma 2009), se interpretan los ambientes sedimentarios que representan cada una de las tafofacies y se plantea un posible origen para ellas.

**-Tafofacie Bfa (Bivalvos altamente fragmentados en areniscas):** Compuesta mayormente por fragmentos recristalizados de conchillas con secciones planas, probablemente correspondientes a bivalvos. Las litologías asociadas son arenitas líticas y *wackas* líticas. En base a sus características tafonómicas, el ambiente sedimentario interpretado para esta tafofacie es de playa. Se propone que la génesis de esta tafofacie estaría relacionada al retrabajo prolongado de bioclastos expuestos a la interfaz agua-sedimento en un ambiente de playa, quizá relacionado al oleaje de buen tiempo.



**-Tafofacie Tr (Trigoniidos retrabajados):** Tafofacie pausiespecífica compuesta por abundantes ejemplares de *Anditrigonia eximia* y una menor cantidad de ejemplares de *Trigonia carinata*, *Anditrigonia discors* y *Pterotrigonia* sp. Las litologías asociadas son arenitas líticas y *wackas* líticas. En base a sus características tafonómicas, el ambiente sedimentario interpretado para esta tafofacie es de plataforma interna. Se propone que la génesis de esta tafofacie estaría relacionada a la exhumación o desentierro de organismos infaunales, particularmente trigoniidos, por la acción de episodios de alta energía (probablemente tormentas) en la plataforma interna, estos episodios sepultarían las conchillas bajo la interfaz agua-sedimento protegiéndolas de la abrasión, pero al alcance de la acción de otros organismos.

**-Tafofacie Or (Ostras retrabajadas):** Compuesta por fragmentos de conchillas de ostras indeterminadas. Las litologías asociadas son arenitas líticas y *wackas* líticas. En base a sus características tafonómicas, el ambiente sedimentario interpretado para esta tafofacie es de plataforma interna. Se propone que la génesis de esta tafofacie estaría relacionada a la movilización de organismos epifaunales, particularmente ostras, por episodios de alta energía en la plataforma interna, depositando luego los bioclastos en orientaciones aleatorias.

**-Tafofacie Blr (Bivalvos infaunales retrabajados):** Tafofacie politípica conformada por los taxones *Eriphyla* sp., *Lucina* aff. *leufuensis*, *Lucina?* sp., *Pholadomya gigantea*, *Mactromya?* sp., *Pterotrigonia* sp., *Sphaera* sp., *Tellina?* sp. e *Isocyprina* sp. Las litologías asociadas son arenitas líticas y *wackas* líticas. En base a sus características tafonómicas, el ambiente sedimentario interpretado para esta tafofacie es de plataforma interna. Se propone que la génesis de esta tafofacie estaría relacionada al desentierro y mezcla de organismos infaunales profundos y someros por eventos de alta energía en un contexto de plataforma interna. Estos eventos luego depositarían los bioclastos bajo la interfaz agua-sedimento protegiéndolos en cierto grado de la abrasión y bioerosión.

**-Tafofacie Bfd (Bivalvos altamente fragmentados en diversas litologías):** Es una tafofacie politípica compuesta por fragmentos de conchillas de bivalvos con secciones curvas y bivalvos de pequeño tamaño, aparentemente ostras. Las litologías asociadas son arenitas líticas, *wackas* líticas, fangolitas calcáreas y calizas fangolíticas, en donde las dos últimas presentan un bajo aporte terrígeno. Considerando tanto las características tafonómicas como las litologías asociadas a esta tafofacie, los ambientes sedimentarios interpretados corresponden tanto a una plataforma interna como una plataforma media. Un posible origen para esta tafofacie podría ser el retrabajo de pequeños ejemplares de ostras y otros bivalvos por eventos singulares de alta energía en la plataforma interna, siendo depositados luego bajo la interfaz agua-sedimento evitando la bioerosión y abrasión, o transportados hacia la plataforma media por flujos de relajación de tormentas (Lazo 2004). Otro origen podría ser la génesis autóctona de esta tafofacie tanto en la plataforma interna como en la plataforma media por eventos singulares de alta energía que retrabajen estos bivalvos pequeños, depositándolos luego bajo la acción de la abrasión y bioerosión en sus respectivos ambientes.

**-Tafofacie OAr (Ostras y anélidos retrabajados):** Tafofacie de carácter politípica conformada por ostras del género *Aetostreon* y anélidos del género *Rotularia*, ambos en abundancia. Las litologías asociadas son fangolitas calcáreas y calizas fangolíticas con bajo aporte terrígeno. En base a sus características tafonómicas, el ambiente sedimentario interpretado para esta tafofacie es de plataforma media. Se propone que la génesis de esta tafofacie estaría relacionada a la movilización de organismos epifaunales por corrientes de baja energía, depositándolas cerca de la interfase agua-sedimento en orientaciones aleatorias bajo un contexto de plataforma media.

**-Tafofacie Bb (Bivalvos con bioerosión e incrustación):** Tafofacie politípica compuesta por los taxones *Aetostreon* sp., *Pholadomya gigantea*, *Sphaera koeneni*, *Sphaera* sp., *Cucullaea gabrielis*, *Isocyprina?* sp., Veneridae indet y Opinae indet. Las litologías asociadas son fangolitas calcáreas y calizas fangolíticas con bajo aporte terrígeno. En base a sus características tafonómicas, el ambiente sedimentario interpretado para esta tafofacie es de plataforma externa. Una posible génesis de esta tafofacie puede interpretarse como un ambiente de plataforma externa de baja energía en donde los organismos epifaunales son colonizados en vida por organismos incrustantes, a diferencia de los organismos infaunales. Debido a la ocurrencia de episodios esporádicos de alta energía (como grandes tormentas), los organismos infaunales y epifaunales son excavados y mezclados, siendo luego depositados bajo la interfaz agua-sedimento fuera de la acción de agentes biogénicos que los degraden y/o alteren. Sin embargo, se requiere de un mayor análisis del material para descartar o confirmar la presencia de epibiontes colonizando moldes internos, lo que podría modificar la interpretación genética de la tafofacie.

**-Tafofacie Bfc (Bivalvos altamente fragmentados en calizas arenosas):** Es una tafofacie monotípica conformada por fragmentos de conchillas, posiblemente correspondientes a ostras. Las litologías relacionadas son calizas arenosas de tipo *packstone* y *rudstone* con bajo aporte terrígeno. Los rasgos tafonómicos no son concluyentes a la hora de determinar un ambiente de sedimentación, mientras que los datos litoestratigráficos indicarían un ambiente de plataforma externa. Ya que ni los datos tafonómicos ni los datos litoestratigráficos son suficientes para inferir una génesis relacionada a procesos físicos, se plantea una posible génesis relacionada a procesos biológicos, de acuerdo a lo propuesto por Kidwell & Bosence (1991). De esta manera, el origen de la tafofacie podría estar relacionado a un contexto de plataforma externa con baja energía, en donde los bioclastos presentes sobre la interfaz agua-sedimento están expuestos a una baja abrasión, pero a una activa acción de procesos biogénicos por periodos considerables de tiempo, generando así estos depósitos monoespecíficos de conchillas muy fragmentadas. Sin embargo, este origen no es concluyente y requiere de más análisis.

La distribución de las tafofacies a lo largo de la columna realizada y sus ambientes de depositación asociados permiten identificar una transición paleoambiental dentro de la Formación Lo Valdés. Las tafofacies reconocidas en el Miembro Escalador representan ambientes de playa (Bfa) y plataforma interna (Tr, Or Blr y Bfd). Por otro lado, las

tafocías identificadas en el Miembro Placa Roja están relacionadas a ambientes de plataforma media (Bfd y OAr) y externa (Bb). Por último, el Miembro Cantera presenta dos tafocías (Bb y Bfc) relacionadas genéticamente a un ambiente de plataforma externa, aunque la génesis de la tafocía Bfc aún requiere de más análisis. Así, a partir del análisis tafonómico realizado en este estudio, se puede interpretar un aumento del nivel del mar entre los metros iniciales del Miembro Escalador hasta el metro 301 del Miembro Cantera (o posiblemente hasta el metro 421), lo que corresponde a edades desde el Titoniano superior al Valanginiano inferior (o incluso Hauteriviano inferior), de acuerdo a la biozonación de amonites propuesta por Salazar (2012).

La transición ambiental identificada presenta concordancia con lo obtenido por Salazar (2012) en cuanto a los ambientes marinos propuestos y las edades que representan, con la diferencia de que este autor relaciona el paso de un ambiente de plataforma media a una plataforma externa con inicio del Miembro Cantera, mientras que de acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, dicha transición ocurriría entre los metros finales del Miembro Placa Roja.

También sería interesante el repetir este estudio en otras secciones de la Formación Lo Valdés, a modo de comprobar si estas interpretaciones son comunes a todos los afloramientos de la formación y, de ser posible, obtener nuevos datos tafonómicos y paleoambientales para los tramos en donde la realización de estos análisis no fue posible en la localidad tipo (como el tramo inferior del Miembro Placa Roja y en varios segmentos del Miembro Cantera).

Cabe destacar que, como se puede observar en este trabajo, el análisis tafonómico es una herramienta útil para interpretar la información paleoambiental contenida en el registro fósil, particularmente en las concentraciones fosilíferas densas. Sin embargo, es necesario estandarizar los conceptos, metodologías y técnicas de muestreo, así como establecer parámetros cuantificables para los rasgos, especialmente los tafonómicos, con el objetivo de facilitar y reducir la ambigüedad en la aplicación de modelos y en la comparación entre diferentes estudios tafonómicos. Otro aspecto importante, es que el análisis tafonómico se ve particularmente afectado por la cantidad de ejemplares muestreados en terreno y por el grado de detalle de su análisis *in situ*. De esta manera, para obtener resultados representativos se debe dedicar un tiempo considerable al análisis de las concentraciones fósiles en terreno. Por último, las interpretaciones realizadas a partir de análisis tafonómicos siempre deben estar respaldadas por datos litoestratigráficos (por ejemplo el análisis de facies sedimentarias), de manera de obtener resultados debidamente respaldados.

## 7. Bibliografía

**ABERHAN, M., ALROY, J., FURSICH, F. T., KIESSLING, W., KOSNIK, M., MADIN, J., PATZKOWSKY, M. y WAGNER, P. 2004.** Ecological attributes of marine invertebrates [en línea]. The Paleobiology Database. <<https://paleobiodb.org/#/>> [consulta octubre 2018]

**AGUIRRE, L., CALDERÓN, S., VERGARA, M., OLIVEROS, V., MORATA, D. y BELMAR, M. 2009.** Edades isotópicas de rocas de los valles Volcán y Tinguiririca, Chile central. En: XII CONGRESO Geológico Chileno, Santiago, Chile. pp. 22-26.

**ARANEDA, M., AVENDAÑO, M., y MERLO, C. 2000.** Modelo gravimétrico de la Cuenca de Santiago, etapa III final. En: IX CONGRESO Geológico Chileno. Puerto Varas, Chile. Geological Society of Chile. pp. 404 -408.

**BIRO, L. 1964.** Estudio sobre el límite entre el Titoniano y el Neocomiano en la Formación Lo Valdés, provincia de Santiago, principalmente en base a Ammonoideos. Tesis de Geólogo. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 118p.

**BIRO, L. 1980.** Estudio sobre el límite entre el Titoniano y el Neocomiano en la Formación Lo Valdés, Provincia de Santiago (33°50' lat. sur), Chile; principalmente sobre la base de ammonoideos. En: CONGRESO ARGENTINO de Paleontología y Bioestratigrafía. Buenos Aires. No. 2. pp. 135-152.

**BRETT, C. 1990.** Destructive Taphonomic Processes and Skeletal Durability. En: BRIGGS, B. y CROWTHER, P. (Eds). Palaeobiology: a Synthesis. Oxford. Blackwell publishing. pp. 223-226.

**BRETT, C. y BAIRD, G. 1986.** Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios* 1:207-227.

**BRETT, C. y SPEYER, S. 1990.** Taphofacies. En: BRIGGS, B. y CROWTHER, P. (Eds). Palaeobiology: a Synthesis. Oxford. Blackwell publishing. pp. 258-263.

**CAMACHO, H. 1966.** Invertebrados fósiles. Buenos Aires, EUDEBA. 707p



**CAMACHO, H. 2007.** Los Invertebrados fósiles. Buenos Aires, Universidad Maimónides. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. 857p.

**CAMACHO, H., DAMBORENEA, S., y DEL RÍO, C. 2007.** Bivalvia. En: CAMACHO, H. (Ed.). Los Invertebrados fósiles. Buenos Aires, Universidad Maimónides. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. pp. 387-440.

**CATALDO, C. 2008.** Estudio de la fauna de gastrópodos del Miembro Pilmatué de la Formación Agrio, Cretácico temprano de Cuenca Neuquina. Trabajo final de Licenciatura. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 168p.

**CHARRIER, R. y MUÑOZ, N. 1994.** Jurassic Cretaceous Palaeogeographic evolution of the Chilean Andes at 23–24 S latitude and 34–35 S latitude: A comparative analysis. En: REUTTER, K.-J. y WIGGER, P. J. (Eds). Tectonics of the southern Central Andes: Estructure and evolution of an Active Continental Margin. Berlin, Heidelberg. Springer. pp. 233-242

**CHARRIER, R., PINTO, L. y RODRÍGUEZ, M. P. 2007.** Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. En: Moreno, T. y Gibbons, W. (Eds.). The geology of Chile. Geological Society. London. pp. 21-114.

**CICHOWOLSKI, M. 2003.** The nautiloid genus *Cymatoceras* from the Cretaceous of Neuquén and Austral basins, Argentina. *Cretaceous Research* 24(4): 375-390.

**CICHOWOLSKI, M., MOURGUES, F. A., Y PÉREZ, D. A. 2004.** El género *Cymatoceras* (Nautilida) en el Cretácico Inferior de la Cuenca de Atacama, norte de Chile. *Revista geológica de Chile* 31(1): 119-131.

**COX, L., NEWELL, N., BRANSON, C., CASEY, R., CHAVAN, A., A. COOGAN, A., DECHASEAUX, C., FLEMING, C., HAAS, F., HERTLEIN, L., KEEN, A., LAROCQUE, A., MCALESTER, A., PERKINS, B., PURI, H., SMITH, L., SOOT-RYEN, T., STENZEL, H., TURNER, R. y WEIR, J. 1969.** Systematic descriptions. En: MOORE, R. y TEICHERT, C. (Eds). *Treatise of Invertebrate Paleontology Part N, Mollusca 6, Bivalvia*. Vol. 1 y 2. Geological Society of America and University of Kansas Press. pp. N225-N907.

**DAMBORENEA, S., POLUBOTKO, I., SEY, I. y PARAKETSOV, K. 1992.** Bivalve zones and assemblages of the circum-Pacific region. En: WESTERMANN, G (Ed.). The Jurassic of the Circum-Pacific. World and Regional Geology 3. New York. Cambridge University Press. pp. 300-307.

**DUNHAM, R. J. 1962.** Classification of carbonate rocks according to depositional texture. En: Ham, W. E. Classification of carbonate rocks. Memoir of the American Association of Petroleum Geologist No.1. pp. 108-121.

**FARÍAS, M., CHARRIER, R., CARRETIER, S., MARTINOD, J., FOCK, A., CAMPBELL, D., CÁCERES, J. y COMTE, D. 2008.** Late Miocene high and rapid surface uplift and its erosional response in the Andes of central Chile (33–35 S). *Tectonics* 27(1).

**FOCK, A. 2005.** Cronología y tectónica de la exhumación en el Neógeno de los Andes de Chile Central entre los 33° y los 34°S. Memoria para optar al Título de Geólogo. Memoria de Geólogo. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 172p.

**FOLK, R. 1962.** Spectral subdivision of limestone types. Memoir of the American Association of Petroleum Geologist No. 1: 62-84.

**FRANCIS, A. y HALLAM, A. 2003.** Ecology and evolution of Jurassic trigoniid bivalves in Europe. *Lethaia* 36(4): 287-304.

**GANSSER, A. 1973.** Facts and theories on the Andes: Twenty-sixth William Smith Lecture. *Journal of the Geological Society* 129: 93-131.

**GIAMBIAGI, L. B. 2003.** Deformación cenozoica de la faja plegada y corrida del Aconcagua y Cordillera Frontal, entre los 33°30' y 33°45'S. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58(1): 85-96.

**GODOY, E., CASTELLI, J. C., LÓPEZ, M. C. y RIVERA, O. 1988.** Y Klohn tenía razón: La Formación Colimapu recupera sus miembros basales. V Congreso Geológico Chileno. Tomo III. pp. 101 – 120.

**GONZÁLEZ, O. L. 1963.** Observaciones geológicas en el valle del río Volcán. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile. *Revista Minerale* N°81.

**HALLAM, A., BIRO-BAGOCZKY, L. y PEREZ, E. 1986.** Facies analysis of the Lo Valdés Formation (Tithonian-Hauterivian) of the High Cordillera of central Chile, and the palaeogeographic evolution of the Andean Basin. *Geological Magazine* 124(4): 425-435.

**HALLSWORTH, C. y KNOX, R. 1999.** BGS Rock Classification Scheme vol. 3: Classification of sediments and sedimentary rocks. British Geological Survey. UK.

**JARA, P. y CHARRIER, R. 2014.** Nuevos antecedentes estratigráficos y geocronológicos para el Meso-Cenozoico de la Cordillera Principal de Chile entre 32° y 32°30'S: Implicancias estructurales y paleogeográficas. *Anedon Geology* 41(1): 174-209.

**KAUFFMAN, E. G. 1969.** Form, function, and evolution. En: MOORE, R., TEICHERT, C. (Eds). *Treatise of Invertebrate Paleontology Part N, Mollusca 6, Bivalvia*. Vol. 1. Geological Society of America and University of Kansas Press. pp. N129-N205.

**KIDWELL, S. 1986.** Models for fossil concentrations: paleobiologic implications. *Paleobiology* 12(1): 6-24.

**KIDWELL, S. y BOSENCE, D. 1991.** Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. En: ALLISON, P. y BRIGGS, D. *Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record*. New York. Plenum Press. pp. 115-209.

**KIDWELL, S., FÜRSICH, F., y AIGNER, T. 1986.** Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaios* 1(3): 228-238.

**KIESSLING, W. 2004.** Ecology opinions [en línea]. The Paleobiology Database. <<https://paleobiodb.org/#/>> [consulta octubre 2018]

**KIETZMANN, D. 2007.** Cicloestratigrafía y bioestratigrafía de la Formación Vaca Muerta, origen y frecuencia de su ritmicidad, Arroyo Loncoche-Malargüe, Mendoza. Trabajo final de licenciatura. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires. 175p.

**KIETZMANN, D. y PALMA, R. 2008.** Resultados preliminares en el análisis cicloestratigráfico de la Formación Vaca Muerta (Titoniano inferior-Berriasiano superior), Mendoza. En: 12° REUNION Argentina de Sedimentología. Buenos Aires. Resúmenes: 87.

**KIETZMANN, D. y PALMA, R. 2009.** Tafofacies y biofacies de la Formación Vaca Muerta en el sector surmendocino de la Cuenca Neuquina: implicancias paleoecológicas, sedimentológicas y estratigráficas. *Ameghiniana* 46(2): 321-343.

**LAZO, D. 2004.** Análisis de concentraciones fósiles del Cretácico Inferior de Cuenca Neuquina. Tesis de doctorado. Buenos Aires. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. 337p.

**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 Neuquina, Argentina. *Ameghiniana* 43(2):311-326.

**LAZO, D. 2007a.** Análisis de biofacies y cambios relativos del nivel del mar en el Miembro Pilmatué de la Formación Agrio, Cretácico Inferior de cuenca Neuquina, Argentina. *Ameghiniana* 44(1): 73-89.

**LAZO, D. 2007b.** Early Cretaceous bivalves of the Neuquen Basin, west-central Argentina: notes on taxonomy, palaeobiogeography and palaeoecology. *Geological Journal* 42: 127–142.

**LAZO, D., OTTONE, E. y AGUIRRE-URRETA, B. 2007.** Annelida. En: CAMACHO, H. (Ed.). Los Invertebrados fósiles. Vol. II. Buenos Aires, Universidad Maimónides. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. pp. 503-513.

**LE MAITRE, R. W., STRECKEISEN, A., ZANETTIN, B., LE BAS, M. J., BONIN, B., BATEMAN, P., BELLINI, G., DUDEK, A., EFREMOVA, S., KELLER, J., LAMEYRE, J., SABINE, P. A., SCHMID, R., SORENSEN, H. y WOOLLEY, A. R. 2002.** Igneous rocks: A classification and glossary of terms. Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommittee on the Systematics of Igneous Rocks. 2ª ed. New York. Cambridge University Press. 236p.

**LUCI, L. y LAZO, D. 2012.** The genus *Steinmanella* Crickmay (Bivalvia) in the transition between the Vaca Muerta and Mulichinco formations, Early Valanginian, Neuquén Basin, Argentina. *Ameghiniana* 49(1): 96-117.

**MALDONADO, V. 2016.** Petrografía, facies, paleontología, bioestratigrafía y patrimonio de la Formación Baños del Flaco, sector Río Maitenes, Región del Maule, Chile. Memoria para optar al título de Geóloga. Concepción. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas. 201p.



**MARDONES, V. 2016.** Análisis estructural de los depósitos mesozoicos y cenozoicos en la cordillera principal en el Valle del Río Volcán, Región Metropolitana, Chile (33°44'-33°56'S). Memoria para optar al título de Geólogo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 140p.

**MARTIN, R. E. 1999.** Taphonomy: a process approach. Cambridge Paleobiology Series vol. 4. United Kingdom. Cambridge University Press. 508p.

**MELDAHL, K. H. 2001.** Shells. En: BRIGGS, D. y CROWTHER, P. (Eds.). Palaeobiology II. Blackwell Publishing. pp. 262-264

**MPODOZIS, C. y RAMOS, V. 1989.** The Andes of Chile and Argentina. En: ERICKSEN, G. E., CAÑAS PINOCHET, M. T., y REINEMUND, J. A (Eds). Geology of the Andes and its Relation to Hydrocarbon and Mineral Resources. Earth Sciences Series. Houston, Texas. 11. pp. 59-90.

**MÜLLER, A. H. 1979.** Fossilization (Taphonomy). En: MOORE, R. y TEICHERT, C. (Eds). Treatise of Invertebrate Paleontology Part A: Fossilization (Taphonomy), Biogeography and Biostratigraphy. Geological Society of America and University of Kansas Press. pp. A2-A78.

**NICHOLS, G. 2009.** Sedimentology and Stratigraphy. 2ª ed. UK. Wiley-Blackwell. 419p.

**PARDO-CASAS, F. y MOLNAR, P. 1987.** Relative motion of the Nazca (Farallon) and South American plates since late Cretaceous time. Tectonics 6 (3): 233-248.

**PARDO, M., COMTE, D., y MONFRET, T. 2002.** Seismotectonic and stress distribution in the central Chile subduction zone. Journal of South American Earth Sciences 15(1): 11-22.

**PARSCH, K. O. 1956.** Die Serpuliden-Fauna des südwestdeutschen Jura. Palaeontographica Abteilung A 107: 211-240.

**PEREZ, E. y REYES, R. 1983.** Las especies del género Anditrigonia Levy, 1967, en la colección Phiippi. Revista Geológica de Chile 18: 15-41.

**PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. y SIEVER, R. 1987.** Sand and sandstone. New York. Springer. 553p.

**QUIROGA, R. 2013.** Análisis estructural de los depósitos cenozoicos de la Cordillera Principal entre el cerro Provincia y el cordón El Quempe, Región Metropolitana, Chile (33°18' y 33°25'S). Memoria de Geólogo. Santiago. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 111p.

**REBOULET, S., SZIVES, O., AGUIRRE-URRETA, B., BARRAGÁN, R., COMPANY, M., FRAU, C., KAKABADZE, M.V., KLEIN, J., MORENO-BEDMAR, J.A., LUKENEDER, A., PICTET, A., PLOCH, I., RAISOSSADAT, S.N., VAŠÍČEK, Z., BARABOSHKIN, E.J. y MITTA, V.V. 2018.** Report on the 6th International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the Kilian Group (Vienna, Austria, 20th August 2017). *Cretaceous Research*.

**SALAZAR, C. 2012.** The Jurassic-Cretaceous Boundary (Tithonian - Hauterivian) in the Andean Basin of Central Chile: Ammonites, Bio- and Sequence Stratigraphy and Palaeobiogeography. Tesis de doctorado. Universität Heidelberg. 388p.

**SALAZAR, C., MARTÍNEZ, A., VILLANELO, L., y STINNESBECK, W. 2014.** *Cymatoceras perstriatum* (Steuer, 1897) (Cephalopoda, Nautiloidea) from the early Berriasian-early Valanginian (Lower Cretaceous) of central Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 63: 179-186.

**SALAZAR, C. y STINNESBECK, W. 2015.** Redefinition, stratigraphy and facies of the Lo Valdés Formation (Upper Jurassic-Lower Cretaceous) in central Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 64: 41-68.

**SCHOLLE, P. y ULMER-SCHOLLE, D. 2003.** A color guide to the petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity diagenesis. AAPG Memoir 77. Oklahoma. The American Association of Petroleum Geologists. 459p.

**SOTO-ACUÑA, S., OTERO, R., ORREGO, R. y SALAZAR, C. 2016.** Nuevo hallazgo de reptiles marinos en el Cretácico Inferior de la Formación Lo Valdés, Cuenca Andina. En: Libro de Resúmenes V Simposio de Paleontología de Chile. Concepción. pp. 63-66.

**STANLEY, S. M. 1977.** Coadaptation in the Trigoniidae, a remarkable family of burrowing bivalves. *Paleontology* 20: 869-899.

**STENZEL, H. B. 1971.** Oysters. En: MOORE, R. y TEICHERT, C. (Eds). Treatise of Invertebrate Paleontology Part N, Mollusca 6, Bivalvia. Vol. 3. Geological Society of America and University of Kansas Press. pp. N953-N1213.

**STRECKEISEN, A. 1979.** Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites, and melilitic rocks: Recommendations and suggestions of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. *Geology* 7:331-335

**TAYLOR, P. D. 1990.** Encrusters. En: BRIGGS, B. y CROWTHER, P. (Eds). *Palaeobiology: a Synthesis*. Oxford. Blackwell publishing. pp. 258-263.

**TAVERA, J. 1951.** Informe sobre material paleontológico proveniente de Lo Valdés. En: Informes paleontológicos (monografías) 1948-1963. Santiago. Universidad de Chile. Departamento de Geología.

**TAVERA, J. 1952.** Informe sobre un material de fósiles recolectado en Lo Valdés por el geólogo Sr. H. Thomas. En: Informes paleontológicos (monografías) 1948-1963. Santiago. Universidad de Chile. Departamento de Geología.

**VILLAMIL, T., KAUFFMAN, E. y LEANZA, H. 1998.** Epibiont habitation patterns and their implications for life habits and orientation among trigoniid bivalves. *Lethaia* 31(1): 43-56.

**WEAVER, C. E. 1931.** Paleontology of the Jurassic and Cretaceous of West Central Argentina. *Memoirs of the University of Washington* vol. 1. Seattle. University of Washington Press. 595p.

**WENTWORTH, C. K. 1922.** A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology* 30: 377-392.

**WIGNALL, P. B. 1993.** Distinguishing between oxygen and substrate control fossil benthic assemblages. *Journal of the Geological Society of London* 150:193-196.

**WRIGHT, V. P. 1992.** A revised classification of limestones. *Sedimentary Geology* 76: 177-185.

**ZONENSHAYN, L. P., SAVOSTIN, L. A. y SEDOV, A. P. 1984.** Global paleogeodynamic reconstructions for the last 160 million years. *Geotectonics* 18(3): 181-195.

# ANEXOS

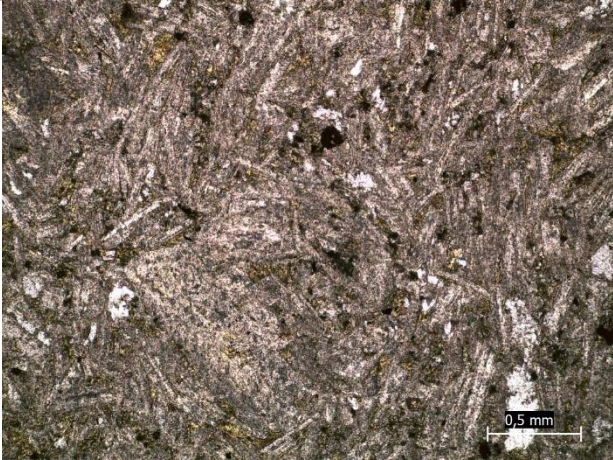

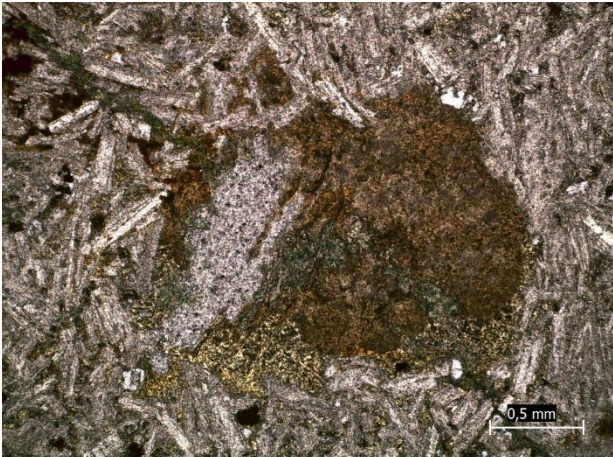

Anexo 1: Descripción de cortes transparentes

Anexo 2: Descripción de muestras macroscópicas



# Anexo 1: Descripción de cortes transparentes

## Anexo 1.1 Rocas volcánicas

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS VOLCÁNICAS			
<b>Código de corte transparente:</b> LV3 66-73 (Salazar 2012)			
<b>Unidad:</b> Dique (techo M. Escalador, base M. Placa Roja)			
<b>Metraje:</b> 66 - 73 Rodado			
<b>Clasificación de la roca:</b> Andesita			
Composición	%	Tamaño moda (mm)	Forma
Plagioclasa	80%	<2,5	Subhedral
Cuarzo	5%	0,2	Anhedral
Matriz	15%	NO APLICA	
Texturas	-Corte con textura porfídica y masa fundamental de grano fino. -Plagioclasas con zonaciones y macla de Carlsbad. -Plagioclasas con textura de sieve.		
<b>Observaciones:</b> Plagioclasas levemente alteradas a arcillas. Matriz cloritizada.			
Fotografía			
			
			



### DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS VOLCÁNICAS

**Código de corte transparente:** LV4-6 (Salazar 2012)

**Unidad:** Dique (techo M. Escalador, base M. Placa Roja)

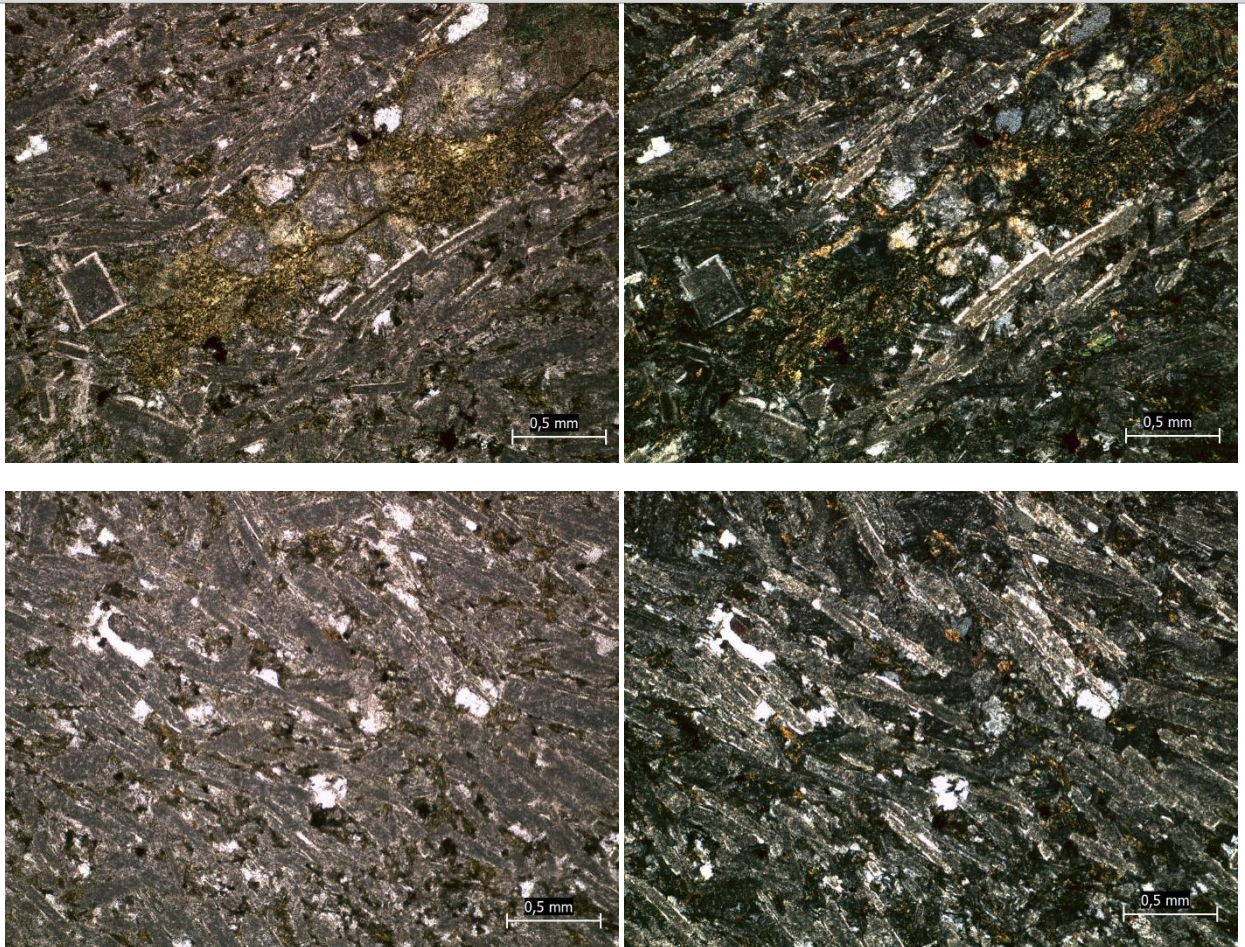
**Metraje:** 79

**Clasificación de la roca:** Andesita

Composición	%	Tamaño moda (mm)	Forma
Plagioclasa	80%	<2,5	Subhedral
Cuarzo	4%	0,2	Anhedral
Actinolita	1%	0.1	Anhedral
Matriz	15%	NO APLICA	
Texturas	-Corte con textura porfídica y masa fundamental de grano fino. -Plagioclasas con textura traquítica. -Plagioclasas con textura de sieve.		



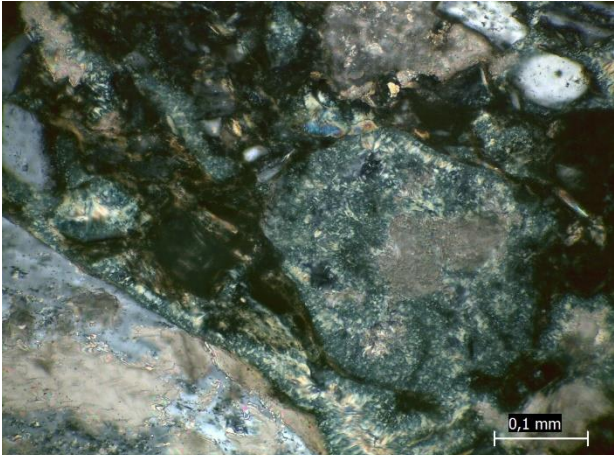

**Observaciones:** Plagioclasas altamente alteradas a arcillas. Matriz cloritizada.

#### Fotografía

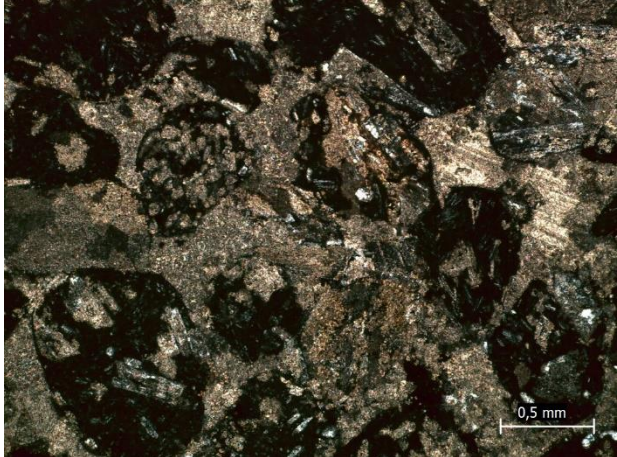
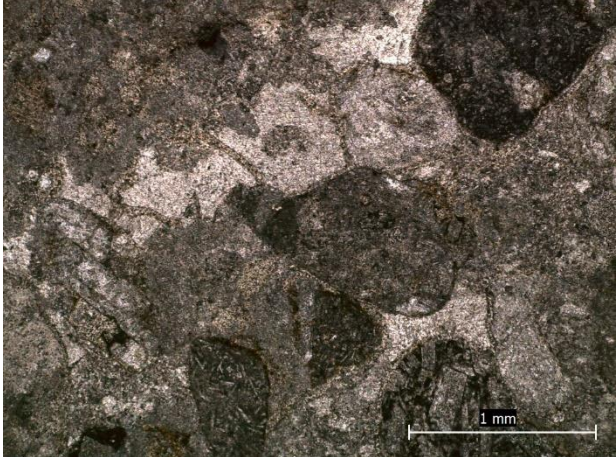




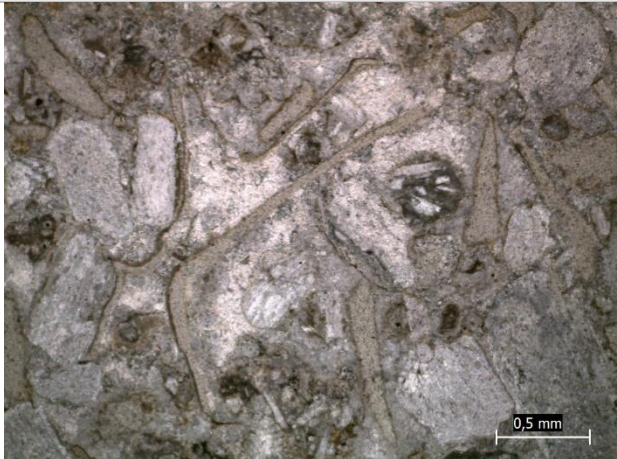

## Anexo 1.2 Rocas piroclásticas

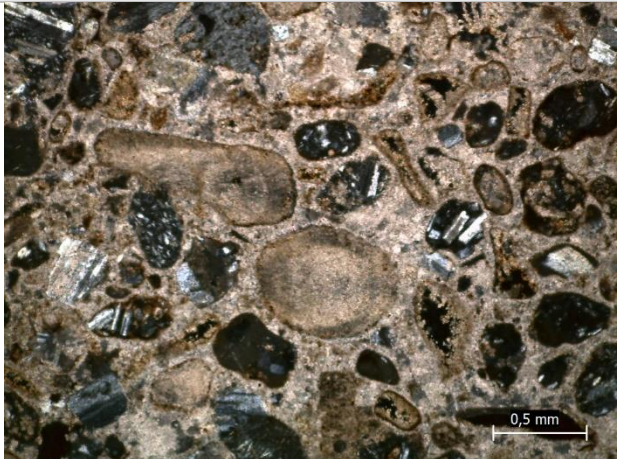

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS PIROCLÁSTICAS					
<b>Código de corte transparente:</b> BM-755					
<b>Unidad:</b> Miembro Placa Verde (Fm. Baños Morales)					
<b>Metraje:</b> -5 (755 comparado con Salazar & Stinnesbeck, 2015)					
<b>Clasificación de la roca:</b> Toba lítica de lapilli					
Composición		%	Tamaño moda (mm)	Esfericidad	Redondez
<b>Líticos</b>	Volcánicos	25%	0,5	Baja	Angular a subangular
<b>Minerales</b>	Plagioclasa	20%	1	Baja	Angular a subangular
<b>Matriz</b>	Clorita	15%	NO APLICA		
	Zeolitas	15%			
	Plagioclasa	10%			
	Vidrio	15%			
<p><b>Observaciones:</b> Corte con proporción matriz 55% - clastos 45% y mala selección de los clastos. Los fragmentos líticos corresponden en su totalidad a andesitas. Las plagioclasas presentan en ocasiones alteración a clorita. Los granos presentan tamaños de hasta 1 cm y algunos presentan texturas de fragmentación. Matriz compuesta por agregados fibrosos de clorita, zeolitas, fragmentos minerales (plagioclasas) y vidrio presentando texturas de desvitrificación. Se observan algunas esquirlas de vidrio, vesículas y zonas en donde se han perdido porciones de los clastos, dejando espacios vacíos.</p>					
Fotografía					
					
					

## Anexo 1.3 Rocas sedimentarias siliciclásticas

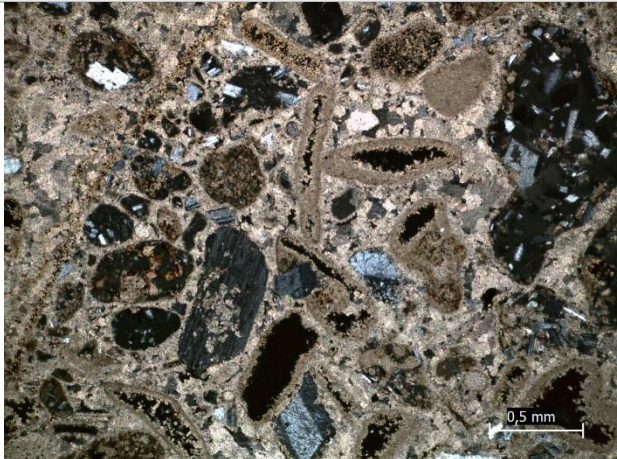
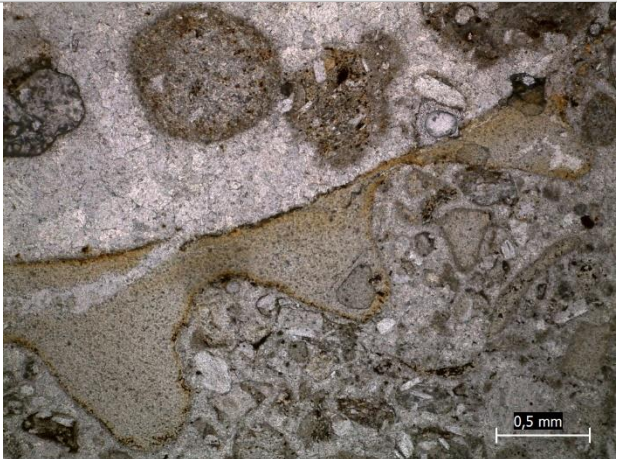
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS					
<b>Código de corte transparente:</b> LV3-10 (Salazar 2012)					
<b>Unidad:</b> Miembro Escalador (Fm. Lo Valdés)					
<b>Metraje:</b> 10					
Características roca			Clasificación		
<b>Fábrica</b>	Matriz-soportada		<b>Granulométrica (Wentworth, 1922)</b>	Arenisca calcárea muy gruesa	
<b>Selección</b>	Moderada		<b>Composicional (Pettijohn <i>et al.</i>, 1987)</b>	Wacka lítica calcárea	
<b>Textura</b>	Clástica		<b>Composición porcentual:</b>	Granos:	70%
<b>Madurez textural</b>	Inmadura			Matriz:	20%
<b>Madurez composicional</b>	Inmadura			Cemento:	10%
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
<b>Líticos</b>	Volcánicos	85%	1,5	Alta	Subredondeada
<b>Minerales</b>	Plagioclasa	5%	1	Baja	Subangular
<b>Aloquímicos</b>	Peloides	5%	1 y 3	NO APLICA	
	Bioclastos	5%	2		
Tamaño de los granos		(%)	Observaciones:		
Grava		15%	Roca con matriz calcárea y cemento esparítico. Abundante alteración a calcita en todo el corte (líticos, minerales, aloquímicos y matriz). Los clastos líticos presentan también opaquización. Posibles bioclastos: Foraminíferos, gastrópodos. Peloides con formas alargadas, curvas y redondeadas, compuestos por micrita. Posiblemente relacionados a bioclastos o pellets.		
Arena		80%			
Fango		5%			
Tipo de contacto de granos					
Flotante	X	Completo			
Puntual	X	Suturado			
Largo	X	Cóncavo-Convexo			
<b>Cemento</b>	Calcáreo (Esparita)				
Fotografía					
					

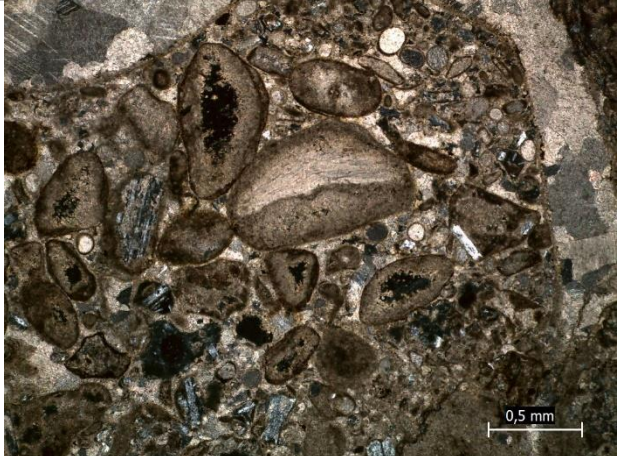
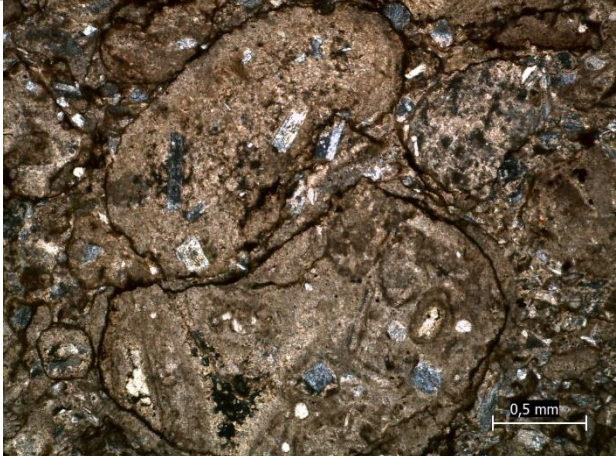


DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS						
Código de corte transparente: LV3-28 (Salazar 2012)						
Unidad: Miembro Escalador (Fm. Lo Valdés)						
Metraje: 28						
Características roca			Clasificación			
Fábrica	Clasto-soportada		Granulométrica (Wentworth, 1922)	Arenisca calcárea gruesa		
Selección	Moderada		Composicional (Pettijohn <i>et al.</i> , 1987)	Arenita lítica calcárea		
Textura	Clástica		Composición porcentual	Granos:	85%	
Madurez textural	Inmadura			Matriz:	12%	
Madurez composicional	Inmadura			Cemento:	3%	
Composición granos			100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	45%	1	Alta	Subredondeada	
Minerales	Plagioclasa	30%	0,5	Baja	Subredondeada	
Aloquímicos	Peloides	20%	1	NO APLICA		
	Bioclastos	5%	0,5			
Tamaño de los granos			(%)	Observaciones:		
Grava			1%	Roca con matriz calcárea y cemento esparítico. Abundante alteración a calcita en todo el corte (líticos, minerales, aloquímicos y matriz). Los clastos líticos presentan también opaquización. Posibles bioclastos: Foraminíferos. Peloides con formas rectangulares, alargadas, curvas y redondeadas, compuestos por micrita. Posiblemente relacionados a pellets, bioclastos u oolitas.		
Arena			94%			
Fango			5%			
Tipo de contacto de granos						
Flotante	X	Completo				
Puntual	X	Suturado	X			
Largo	X	Cóncavo-Convexo	X			
Cemento		Calcáreo (Esparita)				
Fotografía						
						


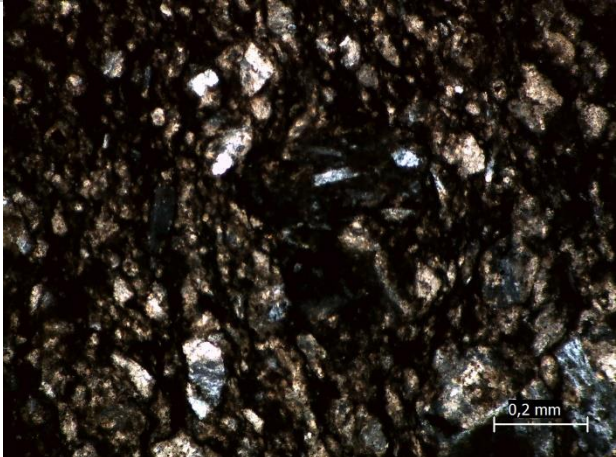
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS					
Código de corte transparente: LV3-40 (Salazar 2012)					
Unidad: Miembro Escalador (Fm. Lo Valdés)					
Metraje: 40					
Características roca			Clasificación		
Fábrica	Clasto-soportada		Granulométrica (Wentworth, 1922)	Arenisca calcárea muy gruesa	
Selección	Moderada a Baja		Composicional (Pettijohn <i>et al.</i> , 1987)	Arenita lítica calcárea	
Textura	Clástica		Composición porcentual	Granos:	85%
Madurez textural	Inmadura			Matriz:	15%
Madurez composicional	Inmadura			Cemento:	0%
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	40%	1	Alta	Subangular
Minerales	Plagioclasa	30%	1	Baja	Subangular
Aloquímicos	Peloides	15%	0,5	NO APLICA	
	Bioclastos	15%	1,5		
Tamaño de los granos		(%)	Observaciones:		
Grava		10%	Roca con matriz calcárea, no se observa cemento. Abundante alteración a calcita en todo el corte (líticos, minerales, aloquímicos y matriz). Los clastos líticos presentan también opaquización. Posibles bioclastos: Algas, bivalvos, gastrópodos, cnidarios. Peloides con formas rectangulares, alargadas y redondeadas. Posiblemente relacionados a bioclastos y pellets. La mayoría de los Peloides presentan bordes irregulares de microesparita con micrita en el centro.		
Arena		80%			
Fango		10%			
Tipo de contacto de granos					
Flotante	X	Completo			
Puntual	X	Suturado			
Largo	X	Cóncavo-Convexo	X		
Cemento		No			
Fotografía					
					



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS					
Código de corte transparente: LV3-53 (Salazar 2012)					
Unidad: Miembro Escalador (Fm. Lo Valdés)					
Metraje: 53					
Características roca			Clasificación		
Fábrica	Matriz-soportada		Granulométrica (Wentworth, 1922)	Arenisca calcárea gruesa	
Selección	Moderada		Composicional (Petrijohn <i>et al.</i> , 1987)	Wacka lítica calcárea	
Textura	Clástica		Composición porcentual	Granos:	70%
Madurez textural	Inmadura			Matriz:	25%
Madurez composicional	Inmadura			Cemento:	5%
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	40%	1	Baja	Subangular
Minerales	Plagioclasa	30%	0,5	Baja	Subangular
Aloquímicos	Peloides	20%	0,5	NO APLICA	
	Bioclastos	10%	0,5 y 2		
Tamaño de los granos		(%)	Observaciones:		
Grava		5%	Roca con matriz calcárea y cemento esparítico. Abundante alteración a calcita en todo el corte (líticos, minerales, aloquímicos y matriz). Los clastos líticos presentan también opaquización. Posibles bioclastos: Algas, bivalvos Peloides con formas rectangulares, alargadas y redondeadas. Posiblemente relacionados a bioclastos, pellets y oolitas. La mayoría de los Peloides presentan bordes irregulares de microesparita con micrita en el centro.		
Arena		85%			
Fango		10%			
Tipo de contacto de granos					
Flotante	X	Completo			
Puntual	X	Suturado			
Largo	X	Cóncavo-Convexo			
Cemento	Calcáreo (Esparita)				
Fotografía					
					

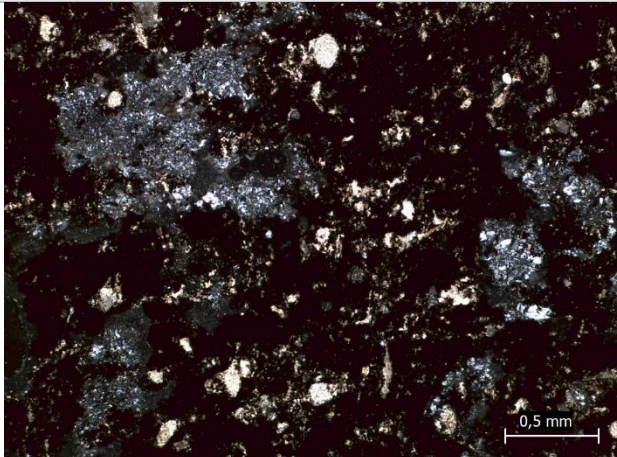

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS					
Código de corte transparente: LV3-63 (Salazar 2012)					
Unidad: Miembro Escalador (Fm. Lo Valdés)					
Metrage: 63					
Características roca			Clasificación		
Fábrica	Clasto-soportada		Granulométrica (Wentworth, 1922)	Arenisca calcárea muy gruesa	
Selección	Moderada a Baja		Composicional (Pettijohn <i>et al.</i> , 1987)	Arenita lítica calcárea	
Textura	Clástica		Composición porcentual	Granos:	85%
Madurez textural	Inmadura			Matriz:	12%
Madurez composicional	Inmadura			Cemento:	3%
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	35%	1	Alta	Subangular
Minerales	Plagioclasa	20%	0,7	Baja	Subangular
Aloquímicos	Oolitas	10%	0,1	NO APLICA	
	Peloides	15%	1,5		
	Bioclastos	20%	0,7		
8. Tamaño de los granos		(%)	Observaciones:		
Grava		10%	Roca con matriz calcárea y cemento esparítico. Abundante alteración a calcita en todo el corte. Se observan granos líticos pervasivamente alterados por calcita, en donde es difícil determinar su origen. Ya que en algunos de estos clastos se pueden reconocer relictos de minerales de plagioclasa, los granos son catalogados como "volcánicos". Sin embargo, no se descarta que algunos puedan representar intraclastos. Posibles bioclastos: Bivalvos. Algunos bioclastos preservan su estructura interna, mientras que otros se encuentran reemplazados por esparita. Peloides con formas rectangulares y redondeadas. Las oolitas presentan un borde definido y se encuentran reemplazadas internamente por esparita (podrían representar calciesféras).		
Arena		75%			
Fango		15%			
9. Tipo de contacto de granos					
Flotante		Completo		Posibles bioclastos: Bivalvos. Algunos bioclastos preservan su estructura interna, mientras que otros se encuentran reemplazados por esparita. Peloides con formas rectangulares y redondeadas. Las oolitas presentan un borde definido y se encuentran reemplazadas internamente por esparita (podrían representar calciesféras).	
Puntual	X	Suturado	X		
Largo	X	Cóncavo-Convexo	X		
Cemento		Calcáreo (Esparita)			
Fotografía					
					

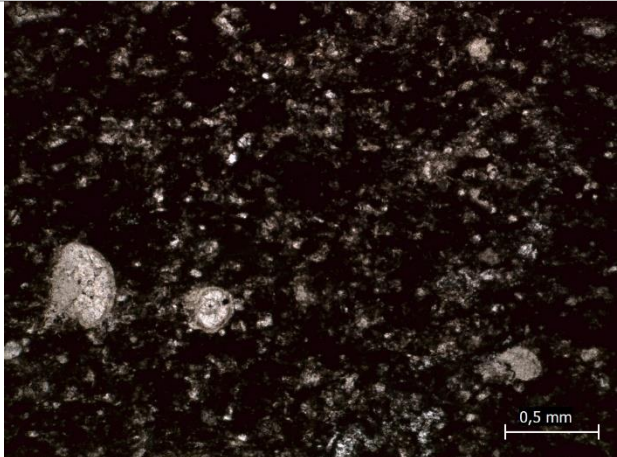
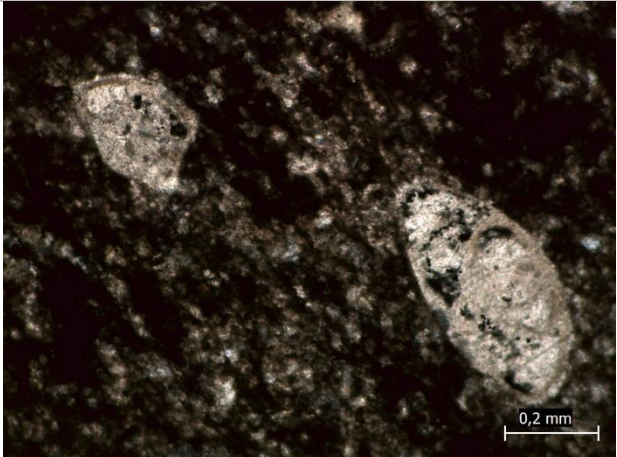


DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS					
Código de corte transparente: LV5-3 (Salazar 2012)					
Unidad: Miembro Placa Roja (Fm. Lo Valdés)					
Metrage: 97					
Características roca			Clasificación		
Fábrica	Matriz-soportada		Granulométrica (Wentworth, 1922)	Fangolita	
Selección	Buena		Composicional (Pettijohn <i>et al.</i> , 1987)	Fangolita	
Textura	Clástica		Composición porcentual	Granos:	15%
Madurez textural	Madura			Matriz:	85%
Madurez composicional	Madura			Cemento:	0%
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	2%	0,4	Baja	Subangular
Minerales	Plagioclasa	5%	0,4	Baja	Angular a subangular
Granos irreconocibles	-	85%	<0,1	Baja a alta	Subangular a subredondeado
Aloquímicos	Peloides	0%	-	NO APLICA	
	Bioclastos	8%	1		
8. Tamaño de los granos		(%)	Observaciones:		
Grava		1%	Los granos presentan en general alteración a calcita, los clastos líticos presentan además opaquización. Posibles bioclastos: Bivalvos Los granos irreconocibles corresponden a granos tamaño arena muy fina y fango con colores de interferencia blanco-amarillo (1° orden) en donde no se puede reconocer su naturaleza. Probablemente estos representen granos muy alterados a calcita.		
Arena		14%			
Fango		85%			
9. Tipo de contacto de granos					
Flotante	X	Completo			
Puntual	X	Suturado			
Largo	x	Cóncavo-Convexo			
Cemento	-				
Fotografía					
					

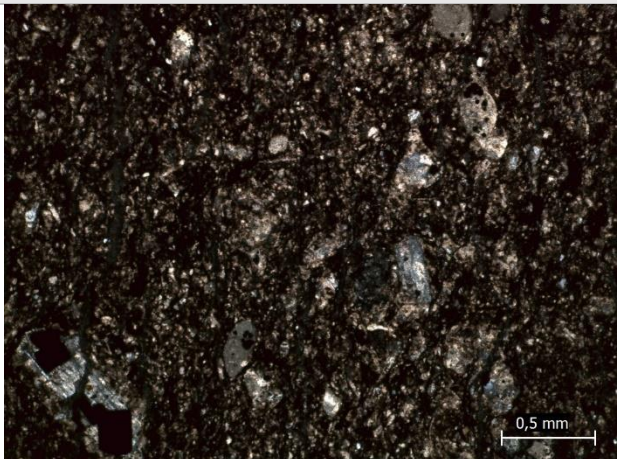

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS					
Código de corte transparente: LV5-30 (Salazar 2012)					
Unidad: Miembro Placa Roja (Fm. Lo Valdés)					
Metrage: 124					
Características roca			Clasificación		
Fábrica	Matriz-soportada		Granulométrica (Wentworth, 1922)	Fangolita calcárea	
Selección	Buena		Composicional (Pettijohn <i>et al.</i> , 1987)	Fangolita calcárea	
Textura	Clástica		Composición porcentual	Granos:	22%
Madurez textural	Madura			Matriz:	78%
Madurez composicional	Madura			Cemento:	0%
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esféricidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	2%	0,5	Alta	Subangular
Minerales	Plagioclasa	1%	0,4	Baja	Subangular
Granos irreconocibles	-	62%	<0,2	Baja a alta	Subangular a subredondeado
Aloquímicos	Peloides	0%	-	NO APLICA	
	Bioclastos	35%	0,2 y 1		
8. Tamaño de los granos		(%)	Observaciones:		
Grava		5%	Los granos presentan en general alteración a calcita, los clastos líticos presentan además opaquización. Posibles bioclastos: Bivalvos, gastrópodos, radiolarios, algas. Los granos irreconocibles corresponden a granos tamaño arena muy fina y fango con colores de interferencia blanco-amarillo (1° orden) en donde no se puede reconocer su naturaleza. Probablemente estos representen granos muy alterados a calcita.		
Arena		17%			
Fango		78%			
9. Tipo de contacto de granos					
Flotante	X	Completo			
Puntual	X	Suturado			
Largo	X	Cóncavo-Convexo			
Cemento		-			
Fotografía					



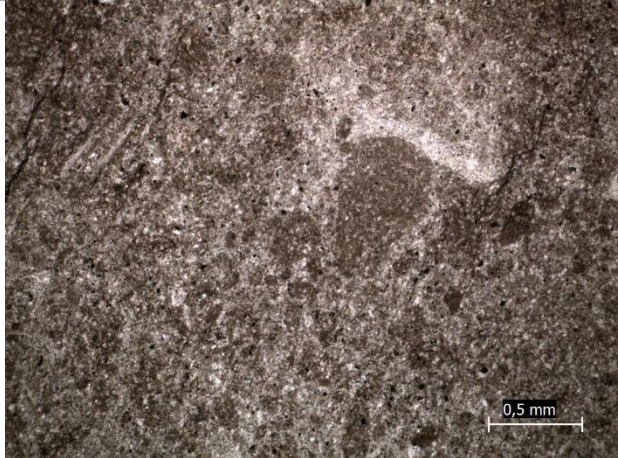

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS					
Código de corte transparente: LV5-74 (Salazar 2012)					
Unidad: Miembro Placa Roja (Fm. Lo Valdés)					
Metrage: 168					
Características roca			Clasificación		
Fábrica	Matriz-soportada		Granulométrica (Wentworth, 1922)	Fangolita calcárea	
Selección	Buena		Composicional (Pettijohn <i>et al.</i> , 1987)	Fangolita calcárea	
Textura	Clástica		Composición porcentual	Granos:	20%
Madurez textural	Madura			Matriz:	80%
Madurez composicional	Madura			Cemento:	0%
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	0%	-	-	-
Minerales	Plagioclasa	10%	0,5	Baja	Subangular
Granos irreconocibles	-	70%	<0,2	Baja a alta	Subangular a subredondeado
Aloquímicos	Peloides	0%	-	NO APLICA	
	Bioclastos	20%	0,2 y 1		
8. Tamaño de los granos		(%)	Observaciones:		
Grava		3%	Los granos presentan en general alteración a calcita. Posibles bioclastos: Bivalvos, foraminíferos. Los granos irreconocibles corresponden a granos tamaño arena muy fina y fango con colores de interferencia blanco-amarillo (1° orden) en donde no se puede reconocer su naturaleza. Probablemente estos representen granos muy alterados a calcita. Se observan zonas amorfas de agregados minerales (incoloros a NP, C.I blanco-gris), que representan cúmulos de plagioclasas muy alteradas, de las cuales algunas conservan relictos de sus maclas.		
Arena		17%			
Fango		80%			
9. Tipo de contacto de granos					
Flotante	X	Completo			
Puntual	X	Suturado			
Largo	X	Cóncavo-Convexo			
Cemento		-			
Fotografía					
					

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS						
Código de corte transparente: LV6-10 (Salazar 2012)						
Unidad: Miembro Placa Roja (Fm. Lo Valdés)						
Metrage: 203						
Características roca			Clasificación			
Fábrica	Matriz-soportada		Granulométrica (Wentworth, 1922)	Fangolita calcárea		
Selección	Buena		Composicional (Pettijohn <i>et al.</i> , 1987)	Fangolita calcárea		
Textura	Clástica		Composición porcentual	Granos:	20%	
Madurez textural	Madura			Matriz:	80%	
Madurez composicional	Madura			Cemento:	0%	
Composición granos			100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos		0%	-	-	-
Minerales	Plagioclasa		0%	-	-	-
Granos irreconocibles	-		85%	<0,1	Baja a alta	Subangular a subredondeado
Aloquímicos	Peloides		1%	0,8	NO APLICA	
	Bioclastos		14%	0,4		
8. Tamaño de los granos			(%)	Observaciones:		
Grava			1%	Los granos presentan en general alteración a calcita. Posibles bioclastos: Bivalvos, radiolarios, foraminíferos. Los granos irreconocibles corresponden a granos tamaño arena muy fina y fango con colores de interferencia blanco-amarillo (1° orden) en donde no se puede reconocer su naturaleza. Probablemente estos representen granos muy alterados a calcita. Peloides con formas redondeadas y rellenos con micrita, posiblemente relacionados a bioclastos, pellets y oolitas.		
Arena			19%			
Fango			80%			
9. Tipo de contacto de granos						
Flotante	X	Completo				
Puntual	X	Suturado				
Largo	X	Cóncavo-Convexo				
Cemento		-				
Fotografía						
						

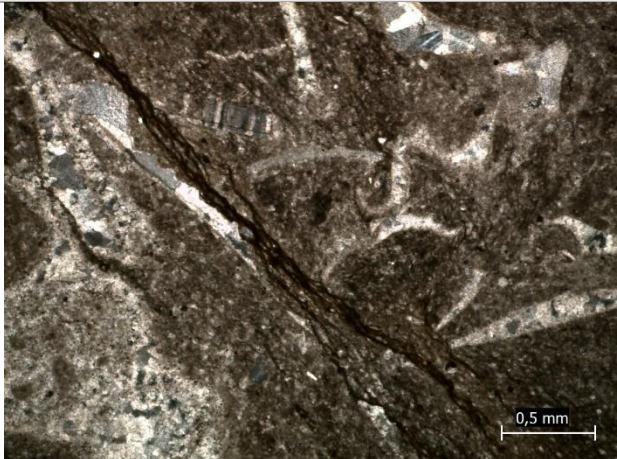
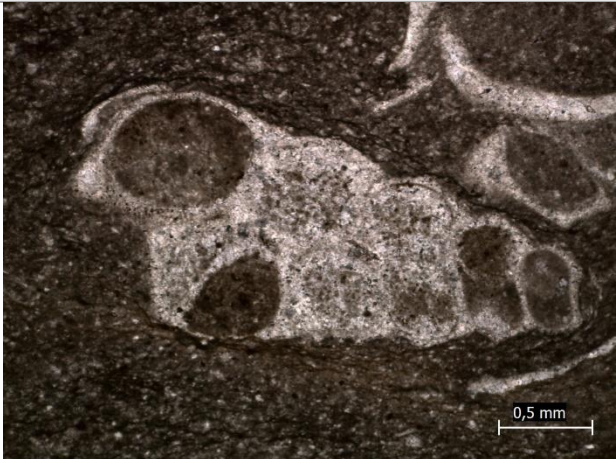


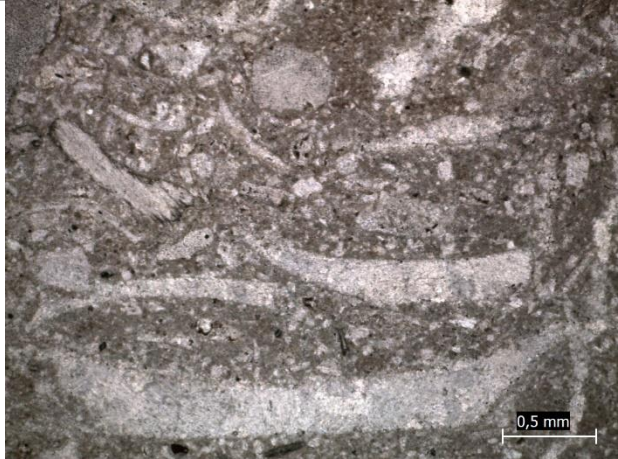
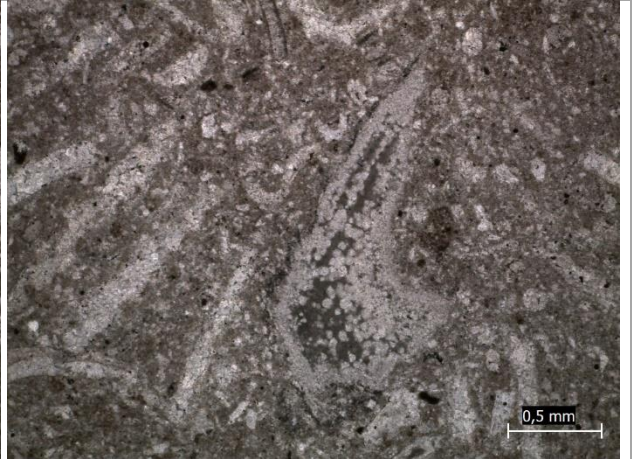
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS SILICICLÁSTICAS						
Código de corte transparente: LV6-29 (Salazar 2012)						
Unidad: Miembro Placa Roja (Fm. Lo Valdés)						
Metrage: 222						
Características roca			Clasificación			
Fábrica	Matriz-soportada		Granulométrica (Wentworth, 1922)	Fangolita calcárea		
Selección	Buena		Composicional (Pettijohn <i>et al.</i> , 1987)	Fangolita calcárea		
Textura	Clástica		Composición porcentual	Granos:	22%	
Madurez textural	Madura			Matriz:	78%	
Madurez composicional	Madura			Cemento:	0%	
Composición granos			100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	0%	-	-	-	
Minerales	Plagioclasa	10%	0,4	-	-	
Granos irreconocibles	-	70%	<0,1	Baja a alta	Subangular a subredondeado	
Aloquímicos	Peloides	0%	-	NO APLICA		
	Bioclastos	20%	0,4			
8. Tamaño de los granos			(%)	Observaciones:		
Grava			2%	Los granos presentan en general alteración a calcita. Posibles bioclastos: Bivalvos, espículas de equinodermos. Los granos irreconocibles corresponden a granos tamaño arena muy fina y fango con colores de interferencia blanco-amarillo (1° orden) en donde no se puede reconocer su naturaleza. Probablemente estos representen granos muy alterados a calcita. La textura presente en este corte podría interpretarse también como una roca carbonática de tipo wackstone, pero debido a la considerable cantidad de granos terrígenos de plagioclasa, a la baja cantidad de aloquímicos y a la gran cantidad de granos irreconocibles se prefiere la clasificación siliciclástica.		
Arena			20%			
Fango			78%			
9. Tipo de contacto de granos						
Flotante	X	Completo				
Puntual	X	Suturado				
Largo	X	Cóncavo-Convexo				
Cemento		-				
Fotografía						
						

## Anexo 1.4 Rocas sedimentarias carbonatadas

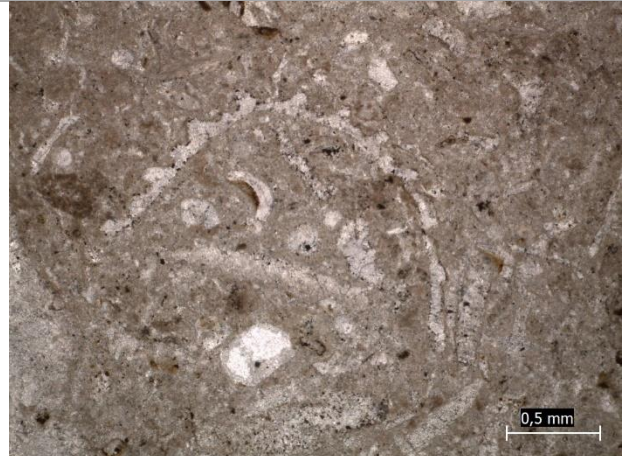
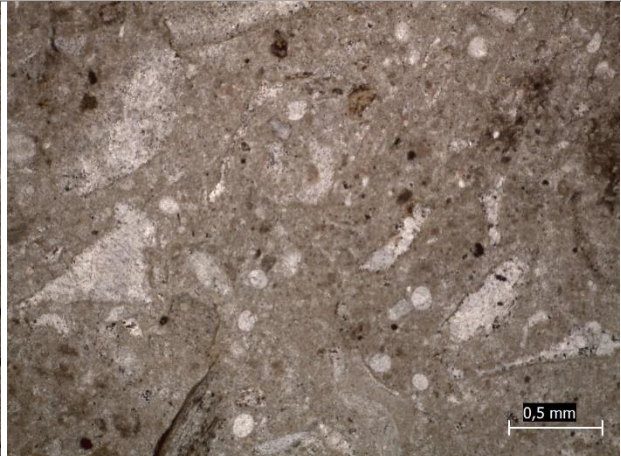
DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
Código de corte transparente: LV6-58 (Salazar 2012)					
Unidad: Miembro Placa Roja (Fm. Lo Valdés)					
Metraje: 251					
Características roca			Clasificación		
Fábrica	Matriz-soportada		Composicional (Folk, 1962)	Biomicrita	
Composición porcentual:	Granos:	15%			
	Matriz:	85%	Textural (Wright, 1992)	Wackstone	
	Cemento:	0%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	0%	-	-	-
Minerales	Plagioclasa	0%	-	-	-
Aloquímicos	Peloides	10%	0,6	NO APLICA	
	Bioclastos	90%	0,4 y 2		
Composición matriz		(%)	Observaciones:		
Micrita		100%	El corte presenta una gran proporción de matriz y una baja proporción de bioclastos y peloides de tamaño arena y grava. La mayoría de los bioclastos están parcial o totalmente reemplazados a calcita (esparita).		
Fango fino indeterminado		0%	Posibles bioclastos: Bivalvos y espículas de equinodermos. Peloides de micrita con formas redondeadas, posiblemente relacionados a pellets, oolitas o intraclastos		
Fotografía					
					

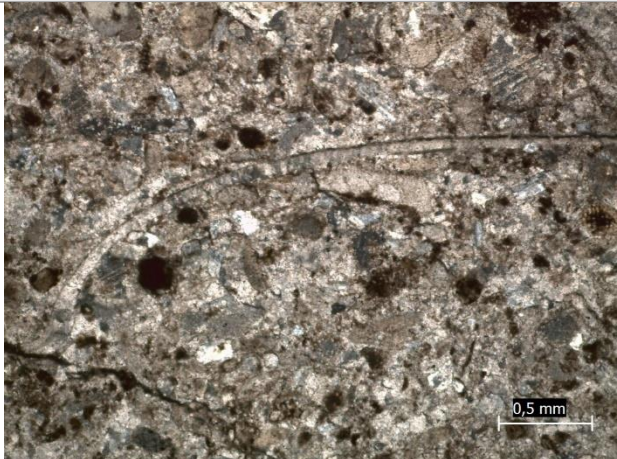
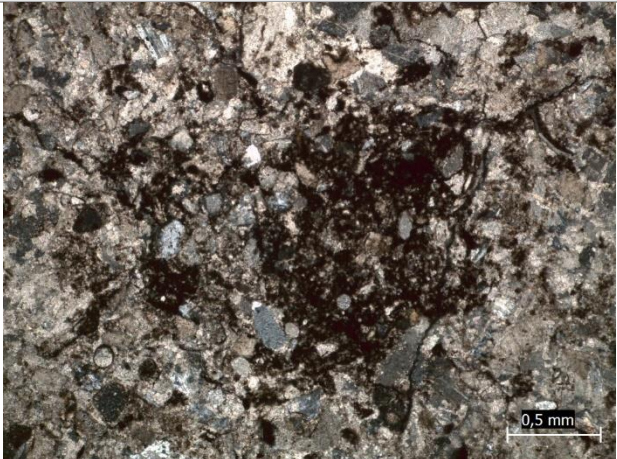


DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
Código de corte transparente: LV7-2 (Salazar 2012)					
Unidad: Miembro Placa Roja (Fm. Lo Valdés)					
Metrage: 253					
Características roca			Clasificación		
Fábrica	Matriz-soportada		Composicional (Folk, 1962)	Biomicrita	
Composición porcentual:	Granos:	35%			
	Matriz:	65%	Textural (Wright, 1992)	Floatstone	
	Cemento:	0%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	0%	-	-	-
Minerales	Plagioclasa	0%	-	-	-
Aloquímicos	Oolitas	10%	0,2	NO APLICA	
	Peloides	0%	-		
	Bioclastos	90%	0,5 y 2		
Composición matriz		(%)	Observaciones:		
Micrita		100%	El corte presenta mayormente una textura matriz-soportada, sin embargo, en sectores donde los bioclastos son de gran tamaño la textura se torna bioclasto-soportada La mayoría de los bioclastos están parcial o totalmente reemplazados a calcita (esparita) y presentan tamaños de arena y grava. Más de un 10% de los granos son de tamaño grava.		
Fango fino indeterminado		0%	Posibles bioclastos: Bivalvos, gastrópodos, foraminíferos, anélidos, crinoideos y espículas de equinodermos. Las oolitas se encuentran en general con microestructura de disolución-relleno y algunas se muestran como oolitas superficiales. Se observan venillas de calcita.		
Fotografía					
					


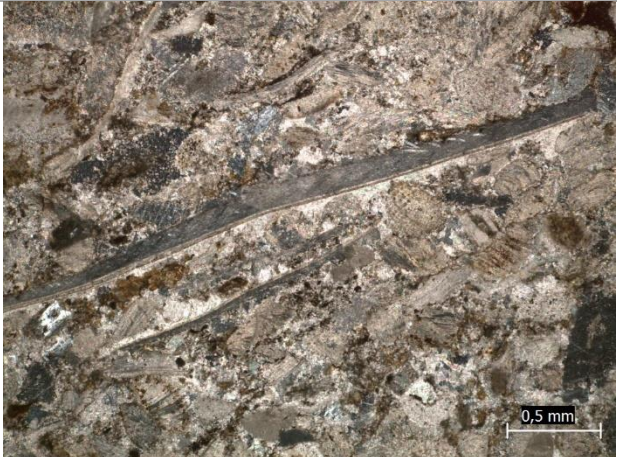
DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
<b>Código de corte transparente:</b> LV7-34 (Salazar 2012)					
<b>Unidad:</b> Miembro Placa Roja (Fm. Lo Valdés)					
<b>Metraje:</b> 285					
Características roca			Clasificación		
<b>Fábrica</b>	Matriz-soportada a bioclasto-soportada		<b>Composicional (Folk, 1962)</b>	Biomicrita	
<b>Composición porcentual:</b>	Granos:	55%			
	Matriz:	40%	<b>Textural (Wright, 1992)</b>	Floatstone a Rudstone	
	Cemento:	5%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
<b>Líticos</b>	Volcánicos	0%	-	-	-
<b>Minerales</b>	Plagioclasa	5%	0,2	Baja	Subangular
<b>Aloquímicos</b>	Peloides	0%	-	NO APLICA	
	Bioclastos	95%	0,5 y 2,5		
Composición matriz		(%)	<b>Observaciones:</b>		
Micrita		100%	El corte presenta zonas bioclasto-soportadas con abundantes bioclastos tamaño grava y zonas matriz-soportadas, mayormente con bioclastos tamaño arena. La mayoría de los bioclastos están parcial o totalmente reemplazados a calcita (esparita). Más de un 10% de los granos son de tamaño grava.		
Fango fino indeterminado		0%	Posibles bioclastos: Bivalvos, algas. Se observan también cristales de plagioclasa que conservan sus maclas.		
Fotografía					
					

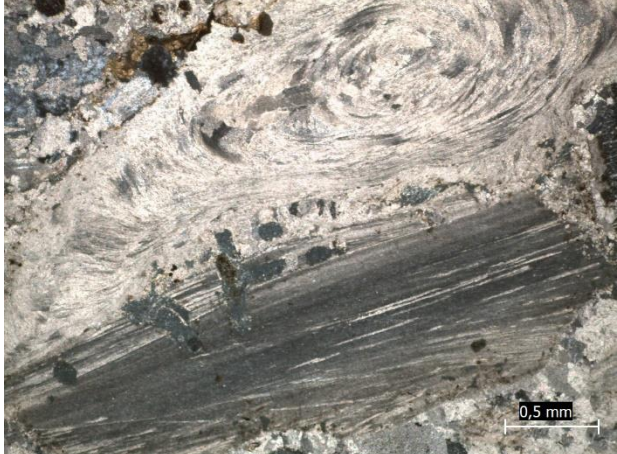



DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
<b>Código de corte transparente:</b> LV8-2 (Salazar 2012)					
<b>Unidad:</b> Miembro Cantera (Fm. Lo Valdés)					
<b>Metraje:</b> 287					
Características roca			Clasificación		
<b>Fábrica</b>	Matriz-soportada		<b>Composicional (Folk, 1962)</b>	Biomicrota oolítica	
<b>Composición porcentual:</b>	Granos:	40%		<b>Textural (Wright, 1992)</b>	Wackstone
	Matriz:	55%			
	Cemento:	5%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
<b>Líticos</b>	Volcánicos	5%	0,5	Alta	Subangular
<b>Minerales</b>	Plagioclasa	15%	0,5	Baja	Subangular
<b>Aloquímicos</b>	Oolitas	20%	0,1	NO APLICA	
	Peloides	0%	-		
	Bioclastos	60%	0,5 y 2,5		
Composición matriz		(%)	Observaciones:		
Micrita		100%	Corte mayormente matriz-soportado, en sectores bioclasto soportado, con matriz de micrita y en algunos casos se observa cemento esparítico. Los granos terrígenos presentan en general alteración a calcita, los clastos líticos presentan además opaquización.		
Fango fino indeterminado		0%	La mayoría de los bioclastos están parcial o totalmente reemplazados a calcita (esparita). Posibles bioclastos: Bivalvos y equinodermos (fragmentos y espículas). Los bioclastos presentan tamaños tanto de arena como grava, ambos abundantes. Las oolitas se encuentran en general con microestructura de disolución-relleno.		
Fotografía					
					

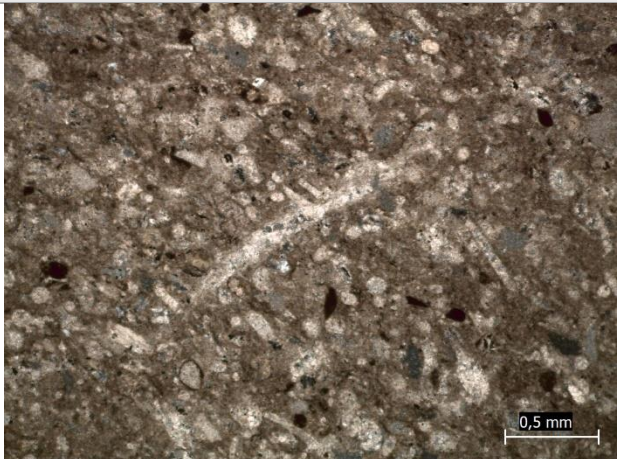
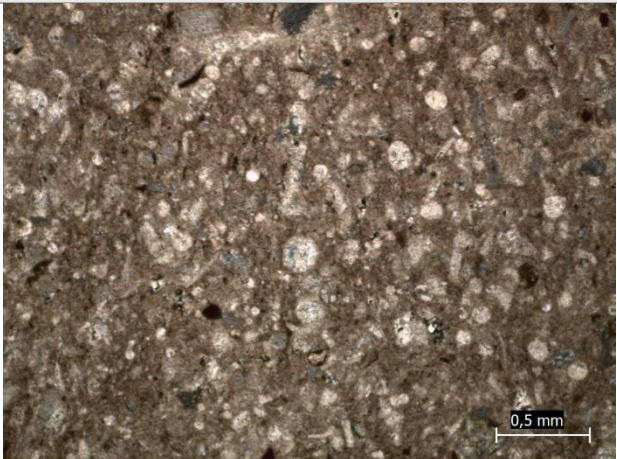
DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
Código de corte transparente: LV8-43 (Salazar 2012)					
Unidad: Miembro Cantera (Fm. Lo Valdés)					
Metrage: 328					
Características roca			Clasificación		
Fábrica	Bioclasto-soportada		Composicional (Folk, 1962)	Biomicrita oolítica	
Composición porcentual:	Granos:	85%		Textural (Wright, 1992)	Packstone
	Matriz:	12%			
	Cemento:	3%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Líticos	Volcánicos	5%	0,5	Alta	Subangular
Minerales	Plagioclasa	5%	0,2	Baja	Subangular
Aloquímicos	Oolitas	20%	0,1	NO APLICA	
	Peloides	0%	-		
	Bioclastos	70%	0,2 y 0,5		
Composición matriz		(%)	Observaciones:		
Micrita		70%	Corte bioclasto-soportado, la matriz está formada tanto por micrita como por fango indeterminado, también se observa cemento esparítico. Los granos terrígenos presentan en general alteración a calcita, los clastos líticos presentan además opaquización.		
Fango fino indeterminado		30%	Bioclastos son de tamaño mayormente arena y en ocasiones grava, con recristalización completa o parcial a calcita (esparita). Posibles bioclastos: Bivalvos, equinodermos (fragmentos). Las oolitas se encuentran en general con microestructura de disolución-relleno.		
Fotografía					
					

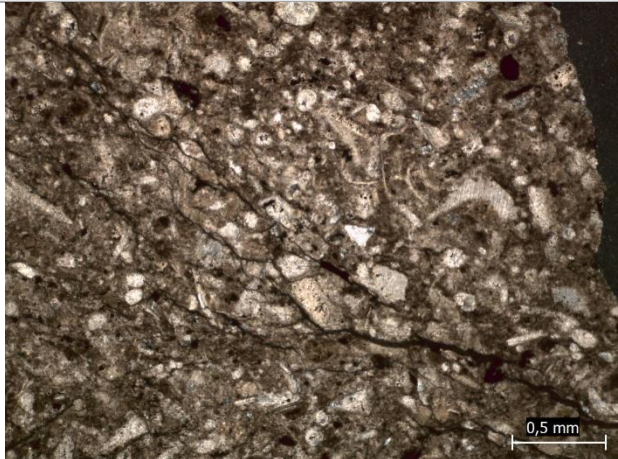
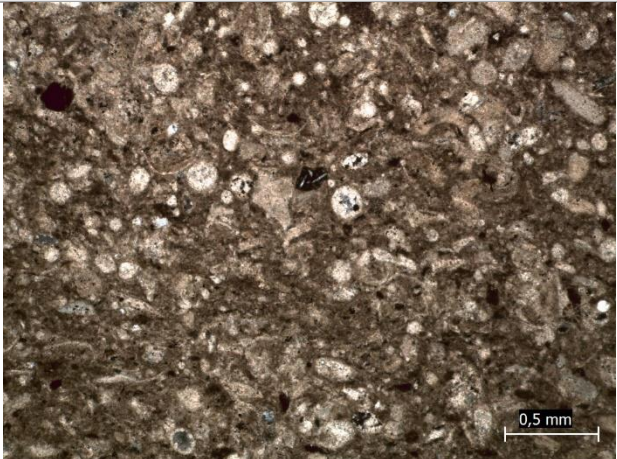



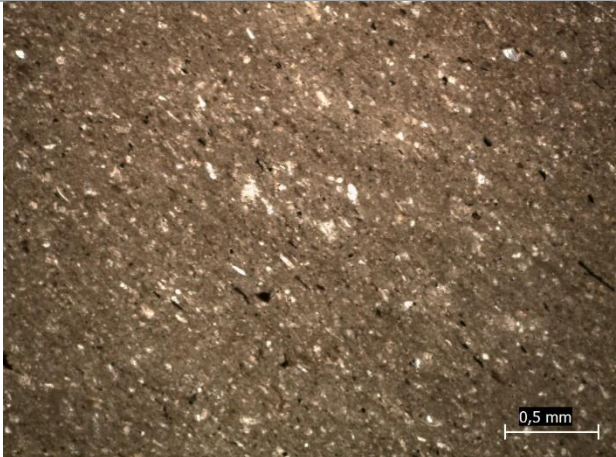
DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
<b>Código de corte transparente:</b> LV8-91 (Salazar 2012)					
<b>Unidad:</b> Miembro Cantera (Fm. Lo Valdés)					
<b>Metraje:</b> 376					
Características roca			Clasificación		
<b>Fábrica</b>	Bioclasto-soportada		<b>Composicional (Folk, 1962)</b>	Biomicrita	
<b>Composición porcentual:</b>	Granos:	85%		<b>Textural (Wright, 1992)</b>	Packstone
	Matriz:	10%			
	Cemento:	5%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
<b>Líticos</b>	Volcánicos	10%	0,8	Baja	Subangular
<b>Minerales</b>	Plagioclasa	10%	0,5	Baja	Subangular
<b>Aloquímicos</b>	Peloides	0%	-	NO APLICA	
	Bioclastos	80%	0,5 y 1		
Composición matriz		(%)	Observaciones:		
Micrita		100%	Corte bioclasto-soportado, matriz de micrita, también se observa cemento esparítico. Los granos terrígenos presentan en general alteración a calcita, los clastos líticos presentan además opaquización.		
Fango fino indeterminado		0%	Bioclastos son de tamaño mayormente arena y en ocasiones grava, con recristalización completa o parcial a calcita (esparita). Posibles bioclastos: Bivalvos, equinodermos (fragmentos), algas, corales.		
Fotografía					
					

DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
<b>Código de corte transparente:</b> LV9-16 (Salazar 2012)					
<b>Unidad:</b> Miembro Cantera (Fm. Lo Valdés)					
<b>Metraje:</b> 406					
Características roca			Clasificación		
<b>Fábrica</b>	Bioclasto-soportada		<b>Composicional (Folk, 1962)</b>	Biomicrita	
<b>Composición porcentual:</b>	Granos:	70%		<b>Textural (Wright, 1992)</b>	Rudstone
	Matriz:	20%			
	Cemento:	10%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
<b>Líticos</b>	Volcánicos	10%	0,8	Baja	Subangular
<b>Minerales</b>	Plagioclasa	10%	0,5	Baja	Subangular
<b>Aloquímicos</b>	Peloides	0%	-	NO APLICA	
	Bioclastos	80%	2 y 5		
Composición matriz		(%)	Observaciones:		
Microesparita		100%	Corte bioclasto-soportado, matriz de microesparita, también se observa cemento esparítico. Los granos terrígenos presentan en general alteración a calcita, los clastos líticos presentan además opaquización. Bioclastos son de tamaño arena y grava, con recristalización completa o parcial a calcita (esparita). Más del 10% de bioclastos tamaño grava.		
Fango fino indeterminado		0%	Posibles bioclastos: Bivalvos, equinodermos (fragmentos), corales, foraminíferos. Destacan grandes conchillas de bivalvos de tamaño grava que conservan su microestructura foliada.		
Fotografía					
					



DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
<b>Código de corte transparente:</b> LV9-69 (Salazar 2012)					
<b>Unidad:</b> Miembro Cantera (Fm. Lo Valdés)					
<b>Metraje:</b> 459					
Características roca			Clasificación		
<b>Fábrica</b>	Bioclasto-soportada		<b>Composicional (Folk, 1962)</b>	Oomicrita	
<b>Composición porcentual:</b>	Granos:	70%		<b>Textural (Wright, 1992)</b>	Packstone
	Matriz:	30%			
	Cemento:	0%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
<b>Líticos</b>	Volcánicos	0%	-	-	-
<b>Minerales</b>	Plagioclasa	5%	0,2	Baja	Subangular
<b>Aloquímicos</b>	Oolitas	60%	0,1 y 0,2	NO APLICA	
	Peloides	0%	-		
	Bioclastos	35%	0,4 y 1		
Composición matriz		(%)	<b>Observaciones:</b>		
Micrita		100%	Corte mayormente bioclasto-soportado, aunque en algunos sectores presenta textura matriz-soportada. Matriz de micrita. Las plagioclasas presentan en general alteración a calcita.		
Fango fino indeterminado		0%	Bioclastos son de tamaño mayormente arena con recristalización completa o parcial a calcita (esparita). En general se encuentran poco reconocibles. Posibles bioclastos: Bivalvos. Las oolitas se encuentran en general con microestructura de disolución-relleno y dominan por sobre otros granos.		
Fotografía					
					


DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
<b>Código de corte transparente:</b> LV9-102 (Salazar 2012)					
<b>Unidad:</b> Miembro Cantera (Fm. Lo Valdés)					
<b>Metraje:</b> 492					
Características roca			Clasificación		
<b>Fábrica</b>	Bioclasto-soportada		<b>Composicional (Folk, 1962)</b>	Oomicrita fosilífera	
<b>Composición porcentual:</b>	Granos:	75%		<b>Textural (Wright, 1992)</b>	Packstone
	Matriz:	25%			
	Cemento:	0%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
<b>Líticos</b>	Volcánicos	1%	0,2	Alta	Subangular
<b>Minerales</b>	Plagioclasa	5%	0,2	Baja	Subangular
<b>Aloquímicos</b>	Oolitas	50%	0,2	NO APLICA	
	Peloides	0%	-		
	Bioclastos	44%	0,5		
Composición matriz		(%)	<b>Observaciones:</b>		
Micrita		100%	Corte bioclasto-soportado con matriz de micrita. Los granos terrígenos presentan en general alteración a calcita, los clastos líticos presentan además opaquización. Bioclastos son de tamaño mayormente arena y en ocasiones grava, con recristalización completa o parcial a calcita (esparita). Posibles bioclastos: Bivalvos, radiolarios, esponjas (aparentes espículas). Las oolitas se encuentran en general con microestructura de disolución-relleno.		
Fango fino indeterminado		0%			
Fotografía					
					

DESCRIPCIÓN ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS					
<b>Código de corte transparente:</b> LV9-149 (Salazar 2012)					
<b>Unidad:</b> Miembro Cantera (Fm. Lo Valdés)					
<b>Metraje:</b> 539					
Características roca			Clasificación		
<b>Fábrica</b>	Matriz-soportada		<b>Composicional (Folk, 1962)</b>	Biomicrita	
<b>Composición porcentual:</b>	Granos:	10%			
	Matriz:	90%	<b>Textural (Wright, 1992)</b>	Calci-mudstone	
	Cemento:	0%			
Composición granos		100%	Diámetro moda (mm)	Esfericidad	Redondez
<b>Líticos</b>	Volcánicos	0%	-	-	-
<b>Minerales</b>	Plagioclasa	0%	-	-	-
<b>Aloquímicos</b>	Peloides	0%	-	NO APLICA	
	Bioclastos	100%	0,2 y 0,5		
Composición matriz		(%)	<b>Observaciones:</b>		
Micrita		100%	El corte muestra una abundante proporción de matriz micrítica y escasos bioclastos de tamaño arena. Posibles bioclastos: Bivalvos.		
Fango fino indeterminado		0%	La mayoría de los bioclastos son irreconocibles. También se observa la presencia de vetillas y venillas de calcita.		
Fotografía					
					



## Anexo 2: Descripción de muestras macroscópicas

### Anexo 2.1 Rocas volcánicas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS VOLCÁNICAS			
<b>Código de muestra:</b> BM/1A			
<b>Unidad:</b> Miembro Placa Verde (Formación Baños Morales)			
<b>Metraje:</b> -20 (740 comparado con Salazar & Stinnesbeck, 2015)			
<b>Clasificación de la roca:</b> Andesita			
Descripción muestra			
<b>Color roca fresca:</b> Gris-marrón con tonos verdes.			
<b>Color de intemperismo:</b> Gris-marrón con tonos morados o rojizos.			
<b>Textura:</b> Porfídica con masa fundamental afanítica.			
<b>Fábrica:</b> Isótropa.			
<b>Observaciones:</b> Presencia de vesículas de hasta 7mm de diámetro con formas sub-esféricas a sub-romboidales y amígdalas de calcita.			
Composición	%	Tamaño moda (mm)	Forma
Plagioclasa	35%	10	Subhedral
Máficos	5%	2	Subhedral
Calcita	5%	5	Anhedral
Matriz	55%	NO APLICA	
<b>Alteración:</b> Calcita posterior.			
Fotografía			
			



**DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS VOLCÁNICAS****Código de muestra:** BM/1B**Unidad:** Miembro Placa Verde (Formación Baños Morales)**Metraje:** -20 (740 comparado con Salazar & Stinnesbeck, 2015)**Clasificación de la roca:** Andesita**Descripción muestra****Color roca fresca:** Gris-marrón con tonos verdes.**Color de intemperismo:** Gris-marrón con tonos morados o rojizos.**Textura:** Porfídica con masa fundamental afanítica.**Fábrica:** Isótropa.**Observaciones:** Sin vesículas, escasas amígdalas de calcita.

Composición	%	Tamaño moda (mm)	Forma
Plagioclasa	35%	10	Subhedral
Máficos	4%	2	Subhedral
Calcita	1%	5	Anhedral
Matriz	60%	NO APLICA	

**Alteración:** Calcita posterior.**Fotografía**

### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS VOLCÁNICAS

**Código de muestra:** BM/2A

**Unidad:** Miembro Placa Verde (Formación Baños Morales)

**Metraje:** -20 Rodado (740 comparado con Salazar & Stinnesbeck, 2015)

**Clasificación de la roca:** Andesita

#### Descripción muestra

**Color roca fresca:** Gris-verde.

**Color de intemperismo:** Gris-verde.

**Textura:** Porfídica con masa fundamental afanítica.

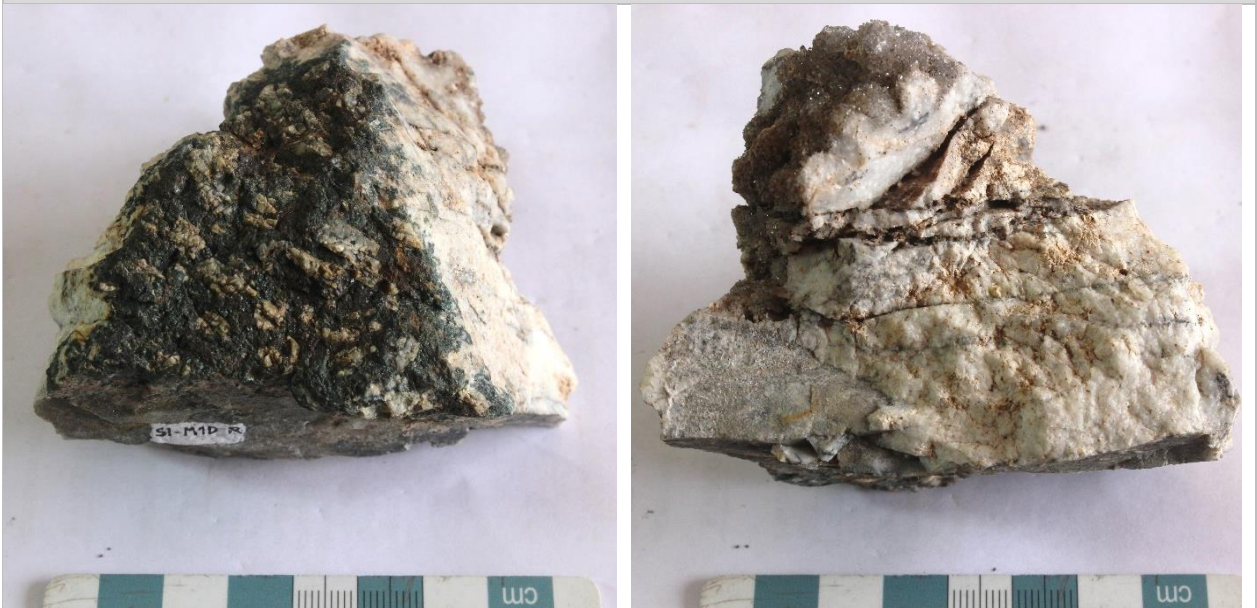
**Fábrica:** Isótropa.

**Observaciones:** Un 60% de la roca presenta silisificación. Un sector del área silisificada presenta acumulaciones de drusas de cuarzo con cristales bien desarrollados de hasta 2mm. La roca no presenta efervescencia. Matriz de color verde, probablemente cloritizada.

Composición	%	Tamaño moda (mm)	Forma
Plagioclasa	40%	5	Subhedral
Matriz	60%	NO APLICA	

**Alteración:** Silisificación, probable cloritización de la matriz.

#### Fotografía



### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS VOLCÁNICAS

**Código de muestra:** BM/2B

**Unidad:** Miembro Placa Verde (Formación Baños Morales)

**Metraje:** -20 Rodado (740 comparado con Salazar & Stinnesbeck, 2015)

**Clasificación de la roca:** Andesita

#### Descripción muestra

**Color roca fresca:** Gris-verde.

**Color de intemperismo:** Gris-verde.

**Textura:** Porfídica con masa fundamental afanítica.

**Fábrica:** Isótropa.

**Observaciones:** No presenta efervescencia. Se observan abundantes minerales de aspecto esférico y colores verdosos que están inmersos en la masa fundamental, tamaño hasta 4 mm (posibles zeolitas).

Composición	%	Tamaño moda (mm)	Forma
Plagioclasa	35%	10	Subhedral
Zeolitas	15%	2	Anhedral
Matriz	50%	NO APLICA	

**Alteración:** Vetillas de cuarzo-sericita.

#### Fotografía



**DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS VOLCÁNICAS****Código de muestra:** DQ/1**Unidad:** Dique (techo Miembro Escalador, base Miembro Placa Roja)**Metraje:** 90**Clasificación de la roca:** Andesita**Descripción muestra****Color roca fresca:** Verde-azulada.**Color de intemperismo:** Marrón.**Textura:** Porfídica microcristalina con masa fundamental afanítica.**Fábrica:** Isótropa.**Observaciones:** Leve efervescencia. Debido al tamaño de los cristales solo es reconocible con lupa la Plagioclasa. Se aprecian zonas de color verde intenso que podrían representar alteraciones a clorita.

Composición	%	Tamaño moda (mm)	Forma
Plagioclasa	38%	<1	Subhedral
Calcita	2%	2	Anhedral
Matriz	60%	NO APLICA	

**Alteración:** Posible cloritización de la matriz visible en ciertos sectores, calcita posterior.**Fotografía**



### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS VOLCÁNICAS

**Código de muestra:** DQ/2

**Unidad:** Dique (techo Miembro Escalador, base Miembro Placa Roja)

**Metraje:** 74 – 95 Rodado

**Clasificación de la roca:** Andesita

#### Descripción muestra

**Color roca fresca:** Verde.

**Color de intemperismo:** Marrón.

**Textura:** Porfídica con masa fundamental afanítica.

**Fábrica:** Isótropa.

**Observaciones:** Leve efervescencia.


Composición	%	Tamaño moda (mm)	Forma
Plagioclasa	32%	5	Subhedral
Cuarzo	3%	3	Anhedral
Calcita	5%	5	Anhedral
Matriz	60%	NO APLICA	


**Alteración:** Cloritización de la matriz, calcita posterior.

#### Fotografía




## Anexo 2.2 Rocas piroclásticas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS PIROCLÁSTICAS				
<b>Código de muestra:</b> BM/3				
<b>Unidad:</b> Miembro Placa Verde (Formación Baños Morales)				
<b>Metraje:</b> -5 (755 comparado con Salazar & Stinnesbeck, 2015)				
<b>Clasificación de la roca:</b> Toba lítica de lapilli				
Descripción muestra				
<b>Color roca fresca:</b> Verde.				
<b>Color de intemperismo:</b> Gris-verde.				
<b>Fábrica:</b> Matriz-soportada.				
<b>Observaciones:</b> Roca con mala selección y matriz-soportada. La matriz presenta clastos y cristales irreconocibles tamaño ceniza. Los granos están conformados por aparentes clastos líticos tamaño lapilli que presentan alteración a calcita y se muestran irreconocibles. No se observan clastos tamaño bloque. Presencia de espacios vacíos por la pérdida de los clastos que los ocupaban. Se realizó corte transparente de esta muestra (BM-755).				
Composición	%	Tamaño	Esfericidad	Redondez
Clastos líticos	35%	Lapilli (moda 5 mm)	Baja	Angular a subangular
Matriz	65%	Ceniza	NO APLICA	
<b>Alteración:</b> Clastos con alteración a calcita.				
Fotografía				
				

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS PIROCLÁSTICAS				
<b>Código de muestra:</b> BV/1				
<b>Unidad:</b> Brecha volcanoclástica				
<b>Metraje:</b> 544 – 553 Rodado				
<b>Clasificación de la roca:</b> Toba lítica de lapilli				
Descripción muestra				
<b>Color roca fresca:</b> Gris-morada				
<b>Color de intemperismo:</b> Amarilla, marrón, morada.				
<b>Fábrica:</b> Matriz-soportada.				
<b>Observaciones:</b> Roca con muy mala selección, matriz-soportada y con abundantes clastos. La matriz se compone de clastos y cristales irreconocibles tamaño ceniza. Los granos presentan tamaños de lapilli (hasta 2,5 cm) y están conformados por clastos líticos y fragmentos fósiles. Los clastos líticos son de carácter polimíctico, observándose lutitas y calizas, los fósiles no son reconocibles pero probablemente representen fragmentos de bivalvos. No se observan clastos tamaño bloque. Presencia de espacios vacíos por la pérdida de los clastos que los ocupaban. La roca presenta efervescencia.				
Composición	%	Tamaño	Esfericidad	Redondez
Clastos líticos	40%	Lapilli (moda 5 y 15 mm)	Baja	Subangular
Fragmentos fósiles	5%	Lapilli (moda 5 mm)	Baja	Angular
Matriz	55%	Ceniza	NO APLICA	
<b>Alteración:</b> Clastos con alteración a calcita.				
Fotografía				
				

## Anexo 2.3 Rocas sedimentarias

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS				
<b>Código de muestra:</b> ES/1				
<b>Unidad:</b> Miembro Escalador (Formación Lo Valdés)				
<b>Metraje:</b> 8				
<b>Clasificación de la roca:</b> Arenisca gruesa				
Descripción muestra				
<b>Color roca fresca:</b> Verde				
<b>Color de intemperismo:</b> Marrón-verde				
<b>Fábrica:</b> Clasto-soportada.				
<b>Observaciones:</b> Roca clasto-soportada con buena selección. Los clastos son polimícticos, redondeados, esféricos y presentan tamaños en general <2 mm (moda 1 mm), escasos clastos presentan tamaños de grava (hasta 1 cm) . Se observan clastos terrígenos de calcita, subredondeados y con esfericidad baja. Además de estos clastos, la roca no presenta eferescencia. Contenido fósil nulo.				
Composición	%	Tamaño moda (mm)	Esfericidad	Redondez
Clastos líticos	75%	1	Alta	Redondeada
Calcita	5%	1	Baja	Subredondeada
Matriz	20%	NO APLICA		
<b>Alteración:</b> No se observa alteración.				
Fotografía				
				



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b> ES/2	
<b>Unidad:</b> Miembro Escalador (Formación Lo Valdés)	
<b>Metraje:</b> 41,5	
<b>Clasificación de la roca:</b> Arenisca calcárea con abundantes bioclastos tamaño grava	
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b> Gris.	
<b>Color de intemperismo:</b> Marrón-amarillo.	
<b>Fábrica:</b> Matriz-soportada.	
<b>Observaciones:</b> Muestra extraída del nivel de macrofósiles ubicado en los metros 41,5 – 42 de la columna. La roca es matriz-soportada, mal seleccionada y presenta abundantes bioclastos tamaño grava (hasta 7 cm). Proporción matriz-bioclastos de 60%-40%. Matriz de arenisca calcárea. Los fósiles identificados son bivalvos de los géneros <i>Anditrigonia</i> , y <i>Pterotrigonia</i> , además de algunos amonites. En el caso de los bivalvos, estos conservan la conchilla recristalizada a calcita y se encuentran desarticulados. Se observa una vista en sección de una valva de <i>Anditrigonia</i> . Esta vista concuerda con la morfología de las valvas preponderantes en este nivel, por lo que se considera que este nivel corresponde a una acumulación pausiespecífica de <i>Anditrigonia</i> desarticuladas.	
<b>Alteración:</b> No se observa alteración.	
Fotografía	
	
	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b>	ES/3
<b>Unidad:</b>	Miembro Escalador (Formación Lo Valdés)
<b>Metraje:</b>	42,5
<b>Clasificación de la roca:</b>	Arenisca calcárea con abundantes bioclastos tamaño grava
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b>	Gris.
<b>Color de intemperismo:</b>	Marrón-amarillo.
<b>Fábrica:</b>	Matriz-soportada.
<b>Observaciones:</b>	Muestra extraída del nivel de macrofósiles ubicado en los metros 42,5 – 43 de la columna. La roca es matriz-soportada, mal seleccionada y presenta abundantes bioclastos tamaño grava (hasta 5 cm). Proporción matriz-bioclastos de 60%-40%. Matriz de arenisca calcárea. Los fósiles identificados son valvas desarticuladas de <i>Anditrigonia</i> , (<5 cm), otros bivalvos desarticulados (<3 cm) y conchillas de 'bivalvos filamentosos'. Los ejemplares de <i>Anditrigonia</i> conservan la conchilla con recristalización a calcita, mientras que los demás bivalvos están preservados en forma de moldes internos.
<b>Alteración:</b>	No se observa alteración.
Fotografía	
	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b>	ES/4
<b>Unidad:</b>	Miembro Escalador (Formación Lo Valdés)
<b>Metraje:</b>	60
<b>Clasificación de la roca:</b>	Arenisca calcárea con 'bivalvos filamentosos'
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b>	Gris.
<b>Color de intemperismo:</b>	Marrón-amarillo.
<b>Fábrica:</b>	Matriz-soportada.
<b>Observaciones:</b>	Muestra extraída de un nivel de 'bivalvos filamentosos' en el metro 60 de la columna. La roca es matriz-soportada, moderadamente seleccionada y presenta abundantes bioclastos tamaño grava (hasta 1,5 cm). Proporción matriz-bioclastos de 75%-25%. Matriz de arenisca calcárea. Los bioclastos están compuestos por mayormente conchillas de 'bivalvos filamentosos' y en menor medida por bioclastos no identificables.
<b>Alteración:</b>	No se observa alteración.
Fotografía	
	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b>	PR/1A
<b>Unidad:</b>	Miembro Placa Roja (Formación Lo Valdés)
<b>Metraje:</b>	130
<b>Clasificación de la roca:</b>	Fangolita calcárea
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b>	Gris.
<b>Color de intemperismo:</b>	Gris-marrón.
<b>Fábrica:</b>	Matriz-soportada.
<b>Observaciones:</b>	Muestra extraída de un estrato fisible cercano al metro 130 de la columna (nivel con fauna fósil reducida entre los metros 97 – 196). La roca presenta efervescencia. No presenta fósiles.
<b>Alteración:</b>	Pátinas de calcita.
Fotografía	
	


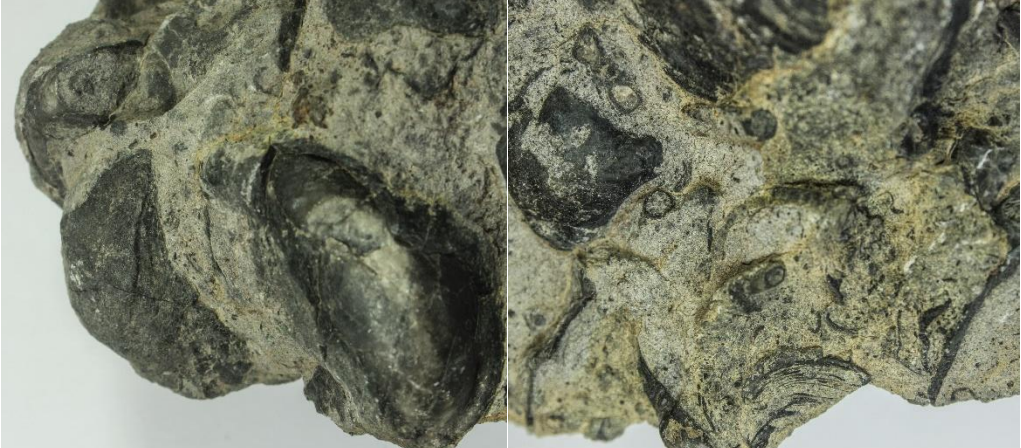


DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b>	PR/1B
<b>Unidad:</b>	Miembro Placa Roja (Formación Lo Valdés)
<b>Metraje:</b>	130
<b>Clasificación de la roca:</b>	Fangolita calcárea
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b>	Gris.
<b>Color de intemperismo:</b>	Gris-marrón.
<b>Fábrica:</b>	Matriz-soportada.
<b>Observaciones:</b>	Muestra extraída de un estrato competente cercano al metro 130 de la columna (nivel con fauna fósil reducida entre los metros 97 – 196). La roca presenta efervescencia. No presenta fósiles.
<b>Alteración:</b>	Pátinas de calcita.
Fotografía	
	


DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b>	PR/2
<b>Unidad:</b>	Miembro Placa Roja (Formación Lo Valdés)
<b>Metraje:</b>	229
<b>Clasificación de la roca:</b>	Caliza fangolítica
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b>	Gris.
<b>Color de intemperismo:</b>	Gris-marrón.
<b>Fábrica:</b>	Matriz-soportada.
<b>Observaciones:</b>	Muestra extraída del nivel con fauna fósil abundante de ostras, serpúlidos, otros bivalvos y amonites entre los metros 225 – 240. La roca es matriz-soportada con matriz de caliza fangolítica y presenta bioclastos de hasta 2 cm de tamaño. Los fósiles reconocibles son abundantes serpúlidos, amonites y fragmentos de bivalvos. Estos están preservados como moldes internos.
<b>Alteración:</b>	No presenta alteración.
Fotografía	
	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b>	PR/3
<b>Unidad:</b>	Miembro Placa Roja (Formación Lo Valdés)
<b>Metraje:</b>	270
<b>Clasificación de la roca:</b>	Caliza fangolítica
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b>	Gris.
<b>Color de intemperismo:</b>	Gris claro-marrón.
<b>Fábrica:</b>	Matriz-soportada.
<b>Observaciones:</b>	Muestra extraída de un nivel de 'bivalvos filamentosos' y fósiles de pequeño tamaño entre los metros 255-286. La roca es matriz-soportada con moderada cantidad bioclastos de tamaño hasta 1 cm y matriz de caliza fangolítica. Los fósiles reconocibles son mayormente conchillas articuladas y desarticuladas de 'bivalvos filamentosos', además de fragmentos de otros bivalvos.
<b>Alteración:</b>	Pátinas de calcita.
Fotografía	
	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b>	PR/4
<b>Unidad:</b>	Miembro Placa Roja (Formación Lo Valdés)
<b>Metraje:</b>	281
<b>Clasificación de la roca:</b>	Caliza fangolítica
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b>	Gris.
<b>Color de intemperismo:</b>	Gris-marrón.
<b>Fábrica:</b>	Bioclasto-soportada a matriz-soportada.
<b>Observaciones:</b>	Muestra extraída de un nivel rico en macrofósiles entre los metros 255-286. La roca es bioclasto-soportada a matriz-soportada en diferentes sectores, la matriz es de caliza fangolítica y los bioclastos son abundantes con tamaños de hasta 5 cm. Los fósiles reconocibles son mayormente ostras de hasta 5 cm, serpúlidos y en menor medida fragmentos de otros bivalvos. Las ostras presentan recristalización a calcita, los demás fósiles están preservados como moldes internos.
<b>Alteración:</b>	No presenta alteración.
Fotografía	
	
	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b>	CN/1
<b>Unidad:</b>	Miembro Cantera (Formación Lo Valdés)
<b>Metraje:</b>	336 – 356 Rodado
<b>Clasificación de la roca:</b>	Caliza arenosa
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b>	Gris.
<b>Color de intemperismo:</b>	Marrón.
<b>Fábrica:</b>	Matriz-soportada.
<b>Observaciones:</b>	Muestra extraída del nivel sin fósiles entre los metros 336 – 356 de la columna. La roca es matriz-soportada. La matriz presenta microcristales de calcita y conforma aproximadamente el 98% de la roca. Los fósiles son escasos y corresponden a fragmentos irreconocibles de tamaño menor a 0,5 cm, componen aproximadamente un 2% de la roca. La roca presenta una alta efervescencia.
<b>Alteración:</b>	No presenta alteración.
Fotografía	
	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b> CN/2	
<b>Unidad:</b> Miembro Cantera (Formación Lo Valdés)	
<b>Metraje:</b> 414	
<b>Clasificación de la roca:</b>	
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b> Gris claro	
<b>Color de intemperismo:</b> Marrón-amarillo	
<b>Fábrica:</b> Matriz-soportada a bioclasto-soportada.	
<b>Observaciones:</b> Muestra extraída del nivel con abundantes fósiles entre los metros 376 – 460 de la columna. La roca es matriz-soportada a bioclasto-soportada en diferentes sectores. La matriz presenta microcristales de calcita y conforma aproximadamente el 45% de la roca. Los fósiles son abundantes y corresponden a fragmentos de bivalvos y otros fósiles irreconocibles con tamaños de hasta 1,5 cm, también se observan 'bivalvos filamentosos'. Los bioclastos componen aproximadamente un 55% de la roca. La roca presenta una alta efervescencia.	
<b>Alteración:</b> Pátinas de calcita.	
Fotografía	
	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS SEDIMENTARIAS	
<b>Código de muestra:</b>	CN/3
<b>Unidad:</b>	Miembro Cantera (Formación Lo Valdés)
<b>Metraje:</b>	531 – 544 Rodado
<b>Clasificación de la roca:</b>	Caliza fangolítica
Descripción muestra	
<b>Color roca fresca:</b>	Gris blanquecino
<b>Color de intemperismo:</b>	Gris-marrón claro
<b>Fábrica:</b>	Matriz-soportada.
<b>Observaciones:</b>	Muestra extraída del nivel sin fósiles entre los metros 531 – 544 de la columna. No presenta fósiles. La roca presenta una alta efervescencia.
<b>Alteración:</b>	No presenta alteración.
Fotografía	
	