



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



ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES FÓSILES DE LA FORMACIÓN TUBUL (PLIO-PLEISTOCENO), PROVINCIA DE ARAUCO, REGIÓN DEL BIOBÍO, CHILE.

Memoria para optar al Título de Geóloga

Camila Fernanda Vargas Barría

Profesor Patrocinante: Dr. Alfonso Encinas Martin

Profesores Comisión: MS. Sylvia Cecilia Palma Heldt
Dr. Luis Arturo Quinzio Sinn

Concepción, 2019

*“En la vida no existe nada que temer,
solo cosas que comprender”.*

Marie Curie



Para mis padres, Margarita y Juan.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVOS	1
1.1.1. Objetivo general	1
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO	2
1.2.1. Etapa de gabinete I	2
1.2.2. Salidas a terreno	2
1.2.3. Etapa de gabinete II	3
1.3. UBICACIÓN Y ACCESOS	4
1.4. TRABAJOS ANTERIORES	6
1.5. MARCO GEOLÓGICO	9
1.5.1. Generalidades	9
1.5.2. Rocas Metamórficas	10
1.5.2.1. Basamento Metamórfico	10
1.5.3. Rocas Sedimentarias	11
1.5.3.1. Formación Quiriquina	11
1.5.3.2. Formación Pilpilco	11
1.5.3.3. Formación Curanilahue	12
1.5.3.4. Formación Boca-Lebú	12
1.5.3.5. Formación Trihueco	12
1.5.3.6. Formación Millongue	13
1.5.3.7. Formación Ranquil	13
1.5.3.8. Formación Tubul	13
1.5.3.9. Formación Cañete o Sedimentos Antiguos	14
1.5.3.10. Sedimentos Recientes	14
1.6. MARCO TEÓRICO	14
1.6.1. Tafonomía	14
1.6.2. Concentraciones fósiles	17
1.6.2.1. Descripción de las concentraciones fósiles	17
1.7. AGRADECIMIENTOS	28
2. ROCAS ESTRATIFICADAS	30
2.1. GENERALIDADES	30
2.2. FORMACIÓN TUBUL	31
2.2.1. Definición, distribución y relaciones estratigráficas	31
2.2.2. Litología y potencia	31
2.2.3. Edad	36
2.2.4. Ambiente de sedimentación	38
3. ANÁLISIS TAFONÓMICO	40
3.1. GENERALIDADES	40

3.2. SISTEMÁTICA DE LA FAUNA FÓSIL DE LA FORMACIÓN TUBUL	40
3.3. HÁBITOS DE VIDA Y MODOS DE ALIMENTACIÓN DE LA FAUNA FÓSIL	77
3.4. CARACTERIZACIÓN TAFONÓMICA	82
3.4.1. Bloque T01	82
3.4.2. Bloque T02	87
3.4.3. Bloque T03	90
3.4.4. Bloque T04	94
3.4.5. Bloque T05	99
3.4.6. Bloque T06	102
3.4.7. Bloque T07	106
3.5. ANÁLISIS DE LAS CONCENTRACIONES FÓSILES	110
4. DISCUSIÓN	115
5. CONCLUSIONES	119
6. REFERENCIAS	122
ANEXOS	134

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1. 1	Mapa de ubicación y accesos	5
1. 2	Mapa geológico de la Península de Arauco	10
1. 3	Esquema de los procesos que incluye la tafonomía	15
1. 4	Ilustraciones esquemáticas para las distintas categorías de fábricas en función del empaquetamiento de los bioclastos	17
1. 5	Ilustraciones esquemáticas para las distintas categorías de fábricas en función de la selección de los bioclastos	18
1. 6	Terminología para la orientación de las partes duras en una capa plana y una sección transversal	19
1. 7	Terminología para la descripción de la geometría de un depósito	20
1. 8	Clasificación genética para las concentraciones de partes duras	21
1. 9	Tipos de concentraciones esqueléticas a lo de una transecta <i>onshore-offshore</i>	22
2. 1	Mapa geológico de la zona de estudio	30
2. 2	Divisiones de un ambiente costero dominado por el oleaje.	39
3. 1	Mapa de Punta Las Peñas	40
3. 2	Gráfico circular de la abundancia fosilífera de la Formación Tubul.....	41
3. 3	Medidas	42
3. 4	A: Formas de vida de tipo infaunal. B: Especie con forma de vida infaunal <i>Tellina tenuis</i> . C: Tipos de bivalvos perforadores. D: Tronco perforado por la especie <i>Teredo navalis</i> . E: <i>Mytilus</i> sp. F: Ejemplo de habitante de superficie libre <i>Pecten maximus</i>	79
3. 5	Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T1	83

3. 6	Histograma de selección del bloque T1	84
3. 7	Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T2	88
3. 8	Histograma de selección del bloque T2	89
3. 9	Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T3	91
3.10	Histograma de selección del bloque T3	93
3.11	Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T4	95
3.12	Histograma de selección del bloque T4	97
3.13	Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T5	100
3.14	Histograma de selección del bloque T5	101
3.15	Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T6	103
3.16	Histograma de selección del bloque T6.....	105
3.17	Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T7	107
3.18	Histograma de selección del bloque T7	109
3.19	Esquema de las concentraciones fósiles	113
3.20	Ejemplos de los distintos tipos de concentraciones fósiles de la Formación Tubul	114
4. 1	Bloque diagrama de la Formación Tubul	117

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía		Página
2. 1	Formación Tubul	31
2. 2	Formación Tubul en contacto discordante con la Formación Ranquil ..	32
2. 3	Base Formación. Tubul, Acantilado costero Sector Las Peñas	32
2. 4	Trazas fósiles	33
2. 5	Base Formación. Tubul, Cuesta P-40	33
2. 6	Fósiles de la Formación Tubul	34
2. 7	Bloque rodado ubicado en el sector Las Peñas, que contiene trazas fósiles correspondientes al género <i>Thalassinoides</i>	35
2. 8	Formación Tubul en contacto neto con la Formación Cañete	36
3. 1	Valva izquierda de <i>Ennuculla grayi</i>	43
3. 2	Ejemplares de <i>Tindariopsis sulculata</i>	44
3. 3	Ejemplares de <i>Malletia chilensis</i>	46
3. 4	<i>Zygochlamys patagónica</i>	47
3. 5	<i>Cyclocardia velutinus</i>	57
3. 6	<i>Pandora cistula</i>	59
3. 7	<i>Retrotapes exalbidus</i>	61
3. 8	Ejemplar fragmentado de <i>Fusitriton magellanicus</i>	64
3. 9	Ejemplares de <i>Xymenopsis</i> cf. <i>dispar</i>	65
3.10	Ejemplar de <i>Nassarius taeniolatus</i>	66
3.11	Ejemplares de <i>Bela paesleri</i>	67
3.12	Ejemplar de <i>Scaphander interruptus</i>	68
3.13	Ejemplar de <i>Capulus compressus</i>	69
3.14	Ejemplar de <i>Magellania venosa</i>	70
3.15	Ejemplares de Equinoideo indet.	71
3.16	Ejemplares de Decápoda indet.	74

3.17	Ejemplares de Serpúlido indet.	76
3.18	<i>Zygochlamys patagonica</i> con ambas valvas	85
3.19	Valva derecha fragmentada de <i>Zygochlamys patagónica</i>	86
3.20	Bloque T2	88
3.21	Bloque T3	92
3.22	Valva derecha de <i>Tindariopsis sulculata</i>	94
3.23	Bloque T4	96
3.24	Valvas izquierdas de <i>Zygochlamys patagónica</i>	98
3.25	Bloque T5	100
3.26	Bloque T6	104
3.27	Ejemplares de <i>Tindariopsis sulculata</i> con bioerosión	106
3.28	Bloque T7	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1. 1	Relación entre las características bioestratinómicas, varios tipos de esqueletos fósiles, tasa de sedimentación y la energía medioambiental ..	26
1. 2	Relación entre las características diagenéticas, oxigenación del agua, tasa de sedimentación y geoquímica del sedimento	28
3. 1	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Ennucula grayi</i>	43
3. 2	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Tindariopsis sulculata</i>	44
3. 3	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Tindariopsis sulculata</i>	46
3. 4	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Zygochlamys patagónica</i>	48
3. 5	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Zygochlamys patagónica</i>	58
3. 6	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Pandora cistula</i>	60
3. 7	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Retrotapes exalbidus</i>	61
3. 8	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Fusitron magellanicus</i>	65
3. 9	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Xynomenopsis</i> cf. <i>dispar</i>	66
3.10	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Nassarius taeniolatus</i>	67
3.11	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Bela paesleri</i>	68
3.12	Dimensiones en mm de los fósiles de <i>Scaphander interruptus</i>	69
3.13	Dimensiones en mm de los fósiles de Equinodermos indet	72
3.14	Dimensiones en mm de los fósiles de Equinodermos indet	75
3.15	Dimensiones en mm de los fósiles de Equinodermos indet	77
3.16	Resumen del hábitat (forma de vida, tipo de sedimento y profundidad) y modo de alimentación de las especies de la Formación Tubul	80
3.17	Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles del bloque T01	83
3.18	Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T01	84
3.19	Resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T01	85
3.20	Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles del bloque T02	87
3.21	Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque	

	T02	89
3.22	Resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T02	90
3.23	Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles del bloque T03	91
3.24	Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T03	92
3.25	Resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T03	93
3.26	Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles del bloque T04	95
3.27	Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T04	97
3.28	Resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T04	98
3.29	Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles del bloque T05	99
3.30	Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T05	101
3.31	Resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T05	102
3.32	Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles del bloque T05	103
3.33	Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T06	104
3.34	Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T06	105
3.35	Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles del bloque T07	107
3.36	Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T07	108
3.37	Resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T07	109

RESUMEN

Se realiza un análisis tafonómico de las distintas concentraciones fósiles ubicadas en la base de la Formación Tubul, localizada en la Región del Biobío entre las coordenadas geográficas 37°11'44"-37°19'18" S y 73°28'50"-73°16'27" W. Y además se describen los componentes litológicos, sedimentarios y estratigráficos, para finalmente especificar e interpretar los principales rasgos preservacionales. La Formación está compuesta por areniscas finas, limolitas arenosas y fangolitas, es masiva, posee trazas fósiles de *Ophiomopha*, *Thalassinoides* y una traza indeterminada muy abundante de tamaño pequeño. Esta unidad se deposita durante el Plio-Pleistoceno en un ambiente correspondiente al *shoreface inferior*. Se estudian 1.692 restos fósiles, de los cuales el 80,20% pertenece a bivalvos y mientras que el 19,80% atañe a gastrópodos, equinodermos, decápodos, serpúlidos, braquiópodos y organismos indeterminados. Las especies más abundantes son los bivalvos *Zygochlamys patagónica* y *Retrotapes exalbidus*, seguidos de Equinoideos indeterminados, los pelecípodos *Cyclocardia velutinus* y *Tindariopsis sulculata*. Además, se encuentra por primera vez en la Formación el gastrópodo *Capulus compressus*. Estos fósiles son hallados en tres tipos de concentraciones correspondientes a “capas delgadas”, “cúmulos” y “dispersos en el estrato”. La primera está compuesta por pectínidos de carácter para autóctono, los “cúmulos” pueden ser de dos tipos uno conformado por *Zygochlamys patagónica* para autóctonas y el otro constituido por *Retrotapes exalbidus* asociados a *Tindariopsis sulculata*, que por sus características son clasificados como elementos autóctonos. Existen dos tipos fósiles que se encuentran “dispersos en el estrato”, uno distinguido por la presencia de *Zygochlamys patagónica* (para autóctonas) y otro por *Cyclocardia velutinus* (autóctonas). Es probable que los pectínidos de la Formación hayan sido parte de un banco monotípico ubicado cercano a las otras comunidades de bivalvos y que fueran transportados durante periodos de tormenta. Las características litológicas, tafonómicas y la intensa bioturbación en el área de estudio permite afirmar que la tasa de sedimentación en el ambiente fue lenta. Finalmente la fauna fósil indica que las aguas del mar durante el Plio-Pleistoceno, fueron más frías que en la actualidad.

1. INTRODUCCIÓN

La Península de Arauco (37° - $37^{\circ}45'$ S y $73^{\circ}8'$ - $73^{\circ}41'$ W) constituye un bloque alzado, en el cual está emplazada una cuenca sedimentaria que contiene alternancias de secuencias marinas y continentales que abarcan edades desde el Cretácico Superior hasta el Pleistoceno. Estas unidades sedimentarias se disponen inconformemente sobre rocas pertenecientes a el Basamento Metamórfico de edad Carbonífero-Pérmico (Hervé y otros, 2007).

Una de las secuencias sedimentarias anteriores corresponde a la Formación Tubul, esta es de origen marino, semiconsolidada, horizontal, que posee un espesor de aproximadamente 100 metros y que casi no presenta estructuras sedimentarias. Está compuesta por areniscas finas, limolitas arenosas y fangolitas arenosas, que fueron depositadas en un ambiente costero, dominado por el oleaje, durante el Plio-Pleistoceno. Aflora al suroeste y sureste de la ciudad de Arauco, alrededor de Caleta Tubul, en el sector de Quitren, Santa Lucía, Batral, El Guindo, San Agustín y hacia el sur de la localidad de Villa Alegre, hasta la zona de Curihuillín.

La Formación Tubul es reconocida por tener gran cantidad y variedad de moluscos fósiles de origen marino. A pesar de esto, existen muy pocos estudios acerca de la procedencia y la condición en la cual se encuentran estos especímenes. En esta Memoria de Título se realiza el análisis tafonómico de las distintas concentraciones fósiles ubicadas en los niveles inferiores de la Formación, y se estudia la estratigrafía y sedimentología de la unidad.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo general

Analizar las distintas concentraciones fósiles reconocidas en la Formación Tubul (Provincia de Arauco, Región del Biobío), mediante el estudio de los atributos tafonómicos y la descripción de los componentes litológicos, sedimentarios y estratigráficos de la formación; para luego describir e interpretar los principales sesgos preservacionales de estas acumulaciones.

1.1.2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos de esta Memoria de Título son:

- Reconocer en terreno las distintas litologías y unidades sedimentarias, sus formas y distribución.
- Caracterizar las diferentes propiedades litológicas y estratigráficas.
- Identificar, clasificar y cuantificar los fósiles existentes.
- Examinar las características tafonómicas de los fósiles.
- Determinar, describir e interpretar las relaciones entre tafonomía, litología y estratigrafía de la Formación Tubul.

1.2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

1.2.1. Etapa de gabinete I

Previo a las salidas de terreno, se recopila la información cartográfica disponible de los mapas provenientes del *software Google Earth* y de los mapas geológicos de la zona, además se revisan los trabajos anteriores del área de estudio para definir las rutas y los puntos de interés a visitar. También se diseña una metodología de trabajo para la caracterización taxonómica y tafonómica de los ejemplares fósiles basada en los artículos escritos por Brett y Baird (1986), Kidwell y otros (1986), Kidwell y Holland (1991), Lazo (2004) y, finalmente, Nielsen y Valdovinos (2008). Además se pide en forma de préstamo al Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción, un dispositivo de GPS (*Global Positioning System*), una brújula *Brunton*, una escalera metálica y un generador eléctrico. Y por último se arrienda un esmeril angular de 230 mm, modelo GA9010C, marca *Makita* y se compran cajas plásticas de 30 litros (46x30x27 cm).

1.2.2. Salidas a terreno

Esta etapa consiste en salidas a terreno enmarcadas bajo el Proyecto Fondecyt (Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico) Regular 1151146: “*Tectonosedimentary evolution of the*

mid-Cenozoic basins in the forearc and Main Andean Cordillera of south-central Chile (~36°-43°S)” que fueron desarrolladas durante los días 23 y 24 de febrero; 21 y 22 de marzo, 6 de mayo del año 2016 y el 20 de enero del año 2017; éstas se llevaron a cabo mediante el uso de vehículos particulares y una camioneta perteneciente a el Departamento Ciencias de la Tierra.

A lo largo de estas salidas se efectúan observaciones sobre la litología y la fauna fósil de la unidad sedimentaria, se obtienen muestras y fotografías tanto de los afloramientos como de los especímenes. Para determinar los distintos atributos tafonómicos de las concentraciones fósiles, ubicadas a lo largo de la base del acantilado costero del sector Las Peñas, primero se consideran como bioclastos a todos los cuerpos o fragmentos de fósiles, mayores a 2 mm y luego se extraen 7 bloques orientados de 40x40 cm que comprenden muestras representativas de las concentraciones fósiles, que posteriormente son etiquetadas y almacenadas en cajas plásticas, esta recolección de ejemplares se hace con la bióloga Katherine Cisterna Concha, quien es la curadora de la Colección de Ciencias Naturales del Museo de Historia Natural de Concepción.

1.2.3. Etapa de gabinete II

Tras recolectar la información obtenida en la campaña de terreno, se procede al ordenamiento formal de los datos. Para ello se caracteriza y se clasifican las muestras de mano provenientes de los afloramientos. Para realizar esta labor se usan lupas binoculares marca *Zeiss*, modelo *Stemi DRC* de aumento 2x y 4x, que son facilitadas por el Departamento Ciencias de la Tierra. También se efectúan 5 secciones delgadas de roca confeccionadas en el Taller de Cortes del Instituto de Geología Económica Aplicada (GEA) de la Universidad de Concepción, que son analizadas en microscopios monoculares de marca *Zeiss* pertenecientes al Laboratorio de Microscopía del Departamento Ciencias de la Tierra. Y las microfotografías fueron tomadas con una cámara *Canon PowerShot* de 16 Mpíxeles. La clasificación de estas rocas sedimentarias fue hecha de acuerdo a Folk (1968) y Nichols (1999). Además se realiza un análisis granulométrico de limo/arcilla en el Laboratorio de Sedimentología del Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile de la Universidad de Concepción, en el cual se utilizó un determinador de distribución de tamaño de partículas marca *Malvern*, modelo *Mastersizer 3000*, y los parámetros estadísticos fueron calculados mediante la planilla *Gradistat v8.0* (Blott, 2010).

Los bloques obtenidos son colocados en una mesa especial que permite extraer el exceso de material sin dañar la superficie de los fósiles, en primera instancia se detallan la geometría (la cual es complementada con las observaciones en terreno) y la biofábrica (orientación, empaquetamiento y selección) de los bloques. Luego se utilizan herramientas especiales tales como martillos, cinces y taladros mecánicos, para desprender los especímenes fósiles de la roca, a medida que el material se suelta, se limpia con cepillos y brochas; los procesos anteriores más el uso del artículo de Nielsen y Valdovinos (2008) permiten facilitar el reconocimiento y clasificación de los ejemplares. Posteriormente el material fósil es cuantificado y etiquetado, también se procede a detallar las características tafonómicas de cada uno de ellos (composición taxonómica, número de taxones, abundancia relativa, espectro de edades, desarticulación, fragmentación, incrustación, abrasión, bioerosión, rellenos y disolución). Finalmente se complementa esta información con la caracterización litológica de cada punto.

Los datos tafonómicos obtenidos a partir de los especímenes estudiados se ordenan en una planilla Excel y se procede a tratar la información mediante el *software* estadístico *XSLTAT*.

Paralelamente al trabajo anterior se confeccionan las secciones estratigráficas que son elaboradas en el programa *Adobe Illustrator CS6*. Finalmente mediante el *software ArcGIS Desktop 10.1* se dibuja un mapa del área de estudio.

1.3. UBICACIÓN Y ACCESOS

El área de estudio está localizada al suroeste de la ciudad Arauco, en la Provincia homónima en la Región del Biobío, en la zona comprendida entre las coordenadas geográficas 37°11'44"-37°19'18" S y 73°28'50"-73°16'27" W (Figura 1.1).

Las principales rutas de acceso a los afloramientos son:

- **Ruta 160:** Es la carretera principal que conecta a Concepción con las ciudades de San Pedro de la Paz, Coronel, Lota, Laraquete y Carampangue.

- **Ruta P-20:** Camino que une a Carampangue con Arauco.
- **Ruta P-22:** Enlaza la ciudad de Arauco con el acantilado costero del sector Las Peñas y el pueblo de Llico.
- **Ruta P-40:** Camino principal que conecta a la ciudad de Arauco con Lebu.
- **Ruta P-204:** Es la vía que se toma para llegar desde la ruta P-22 a la caleta Tubul.
- **Ruta P-300:** Enlaza la ciudad de Arauco con el sector rural de Albarrada.
- **Ruta P-320:** Camino rural que conecta la ruta P-22 con el sector Miramar y la vía P-40.
- **Ruta P-322:** Conecta la ruta P-320 con el sector Loma Larga y la ciudad de Arauco.

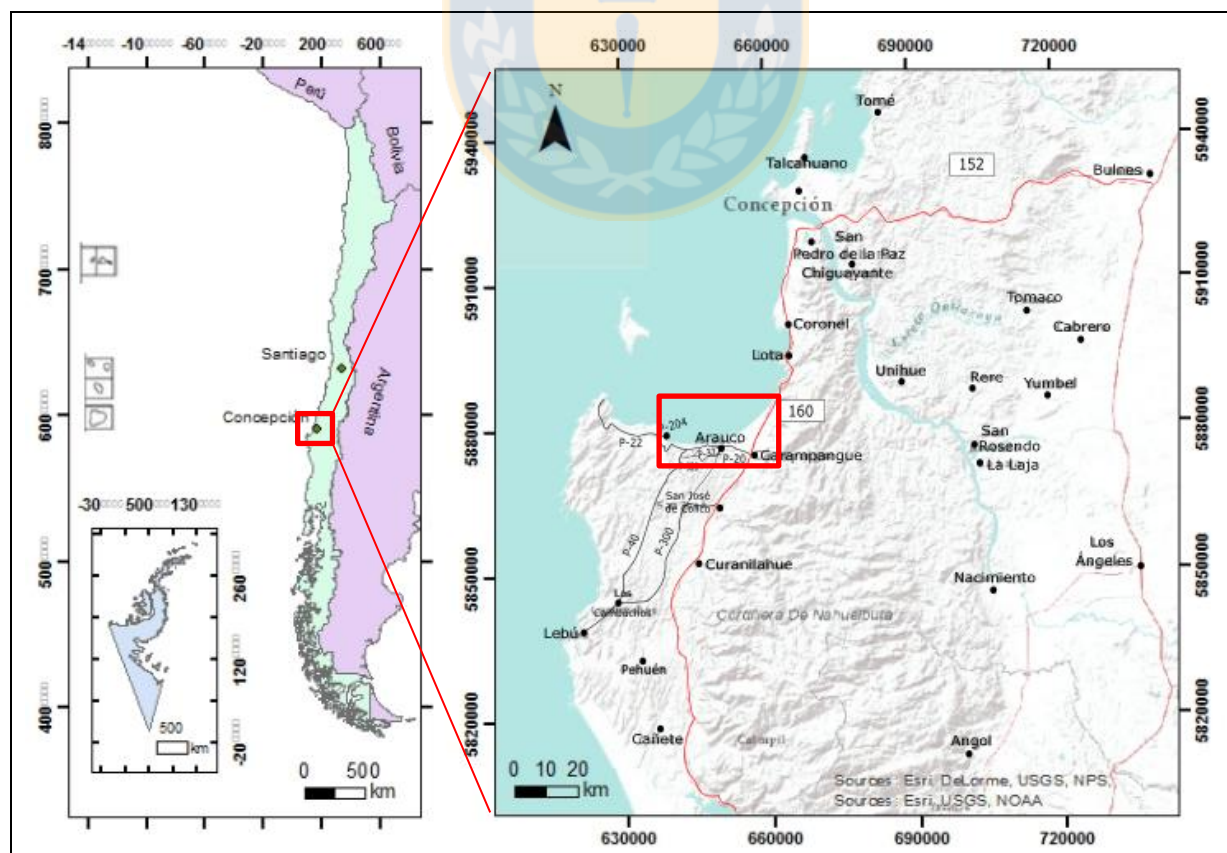


Figura 1.1 Mapa de ubicación, en el recuadro rojo se señala el área de estudio.

1.4. TRABAJOS ANTERIORES

La primera mención a las rocas de Tubul fue hecha por Concha i Toro en 1869, quien las identifica como rocas cubiertas de conchas producto de movimientos de solevantamiento provocados por terremotos. Philippi (1887 en Martínez y Osorio, 1968), hace la primera descripción de la mayor parte del material paleontológico. Brügger (1934 en Brügger, 1950) asigna los estratos al Plioceno y los correlaciona con el Piso Coquimbo.

Feruglio en 1949, caracteriza los depósitos como sedimentos marinos pliocénicos arcillo-tobáceo-arenosos, blandos, de hasta 100 m y sobre una base paleontológica los asigna bajo el nombre de “Capas Tubul”.

En 1950, Brügger estudia nuevamente las capas horizontales de la Costa de Arauco, las describe como arcillas arenosas grises y areniscas de grano fino poco cementadas, que contienen numerosos fósiles, que se superponen con una débil discordancia de erosión a las capas de Navidad, en la desembocadura del Río Tubul y en la Punta Pichicuí y, además, realiza un listado de los fósiles en Tubul.

Hofstetter y otros (1957) incorporan las Capas Tubul al Léxico Estratigráfico de Chile.

La Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) realiza estudios geológicos preliminares que abarcan todo el Terciario de Chile Central; en este contexto García (1968) examina las Capas Tubul y define como localidad tipo la desembocadura del Río Tubul, en la Costa Sur del Golfo de Arauco, los sedimentos encontrados corresponden a bancos horizontales de limolita y arenisca rica en fósiles, de ambiente marino, con una potencia de más de 100 m, que ha sufrido movimientos oscilatorios.

Martínez y Osorio (1968) identifican los principales foraminíferos ubicados en la base de la Formación Tubul, según las formas bentónicas predominantes, establecen una edad correspondiente al Plioceno Medio y que el ambiente sugerido por la microfauna corresponde a

aguas de mar abierto, profundas, próximas a 150 m, con una temperatura en el fondo de 7 a 8°C, mientras que en la superficie es de 14 a 15°C y con una salinidad normal (34 a 36%).

Martínez en 1976 estudia estratos de la Formación Tubul en la Caleta Huetón ubicada en la Costa Sur de la Provincia de Arauco, donde haya una nueva especie de foraminífero que permite datar las rocas y designarlas al Plioceno Superior.

El año 1979 Biró define la Formación Tubul, hace un análisis litológico, paleontológico y paleoecológico. La descompone en dos subunidades la inferior y superior; la primera está compuesta por areniscas muy finas de color gris oscuro a medio, algo calcáreas y muy fosilíferas. Mientras que la segunda posee areniscas finas limosas de color gris oliva claro con escasos fósiles, aunque en esta subunidad se pueden encontrar impresiones de hojas y restos de braquiópodos. El registro de vegetales, hojas de *Nothofagus*, indican un ambiente de sedimentación rápido, tranquilo y cercano a la costa, tal vez lagunar.

En 1983 Pineda realiza un estudio geológico del Golfo de Arauco, donde especifica que la Formación Tubul es una secuencia transgresiva que se deposita sobre secuencias eocénicas (Formación Trihueco y Millongue) y miocénicas (Formación Ranquil). Este fenómeno se puede observar en dos sectores, el norte que abarca las localidades de Punta Pichicui, Estero La Chupalla y Villa Alegre; y el sur entre Los Álamos, Quebradas de Ranquilco y El Tigre. El primer sector se caracteriza por areniscas grises muy finas, arcillosas y fosilíferas, mientras que en el sur se reconoce un conglomerado en la base de la secuencia. Ella concluye que la paleogeografía de la zona concuerda con una cuenca restringida poco profunda.

Tavera en 1990 identifica dos transgresiones pliocenas en la zona de estudio, una correspondiente al Plioceno Inferior (Formación Tubul) y otra al Superior (Formación Albarrada), separadas por una discordancia de erosión. La primera pertenece a depósitos de areniscas arcillosas de grano muy fino y poco compactas, caracterizadas por la presencia de *Magellania*, *Pecten*, *Venus*, *Cardita* y *Dentalium*, mientras que la Formación Albarrada contiene rodados fosilíferos, con conglomerados en la base y areniscas amarillentas, seguidas de areniscas muy blandas, de grano fino y arcillosas, en las que se encuentran fósiles de *Leda* y *Nassa*.

Rojas (2000), estudió foraminíferos tomados en un sondeaje en la secuencia basal de la Formación Tubul (37° 15' 35,6" S y 73° 15' 36,4" W), en el que encontró 29 especies, de las cuales el 90% son bentónicas y 10% planctónicas. El espécimen *Sphaeroiderella deshicens* permite asignar a la base una edad de 4,8 ma (Plioceno Inferior). El ambiente de la zona corresponde a aguas frías templadas (entre 8° y 11°C), pertenecientes a la plataforma continental, con una profundidad máxima que no supera los 130 m.

Arrizaga y otros (2001), estudian la relación descrita por Sanders (1958) entre los gremios actuales y las características sedimentarias del fondo marino y su validez a escala de tiempo geológico, a través de la variabilidad de los gremios de la tanatocenosis de Tubul, en los extremos de un gradiente granulométrico, como resultado identifica dos asociaciones: Organismos Suspensívoros con *Eurhomalea exalbida* como principal exponente, que vive en estratos de sedimentos más gruesos, que representan, ambientes de alta energía; y Organismos Depositívoros con *Tindariopsis elegans*, que viven en sedimentos finos, característicos de ambiente de baja energía y de más profundidad. Finalmente concluye que los fósiles existentes son suficientes para señalar que las relaciones de los gremios y las características del sedimento del fondo marino descritas por Sanders son absolutamente válidas en esta Formación.

Nielsen y Valdovinos (2006) presentan en el XI Congreso Geológico Chileno una revisión de los moluscos de los acantilados costeros del sector Las Peñas, donde encuentran 23 especies y las comparan con la fauna pliocena del norte de Chile, además realizan una datación de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ a partir de la concha de *Zygochlamys patagonica* que da como resultado la edad correspondiente al Plioceno temprano.

Henríquez (2006) realiza un estudio sedimentológico y estratigráfico secuencial en las sucesiones neógenas de las cuencas de Caldera y Arauco. En esta última identifica un ciclo transgresivo-regresivo, que va desde un ambiente de plataforma distal a talud superior, en el Mioceno, a un ambiente lagunar de baja energía, en el Plioceno. Interpreta a la Formación Tubul como facies de lagunas de complejos de islas barreras, que está dividida en dos unidades, la primera corresponde al resultado de la depositación de sedimentos en un ambiente de lagunas salobres con abundante aporte de materia orgánica desde el continente, en la que la presencia de *Macaronichnus* indica

un ambiente de relativa energía, altamente oxigenado con la importante actividad de canales mareales que permiten la proliferación de bivalvos. La segunda unidad revela un cambio en el aporte de los sedimentos, ya que disminuye la presencia de bivalvos y el aporte de materia orgánica, además de encontrar ceniza volcánica.

Nielsen y Valdovinos (2008) revisan los fósiles del Plioceno Inferior, reconocen 23 especies (12 bivalvos, 10 gastrópodos y 1 scaphopodo) y los comparan con la fauna del Mioceno, Plio-Pleistoceno y Reciente. Finalmente asocian la fauna de Tubul con la reciente de la Región de Magallanes. Se sugiere que durante el Plioceno Inferior existían aguas más frías que las actuales en la zona del Golfo de Arauco.

Finalmente Nielsen (2015), hace una actualización de las tres faunas Plio-Pleistocenas del sur de Chile (Arauco, Isla Guamblin e Isla Guafo); en la Formación Tubul encuentra 8 registros nuevos de gastrópodos correspondientes a: *Acanthina unicornis*, *Aencator fontainei*, *Drillia janseni*, *Hindsiclava ignorata*, *Sassia kampyla*, *Trophon huilliche*, *Trophon parvus* y *Xymenopsis hero*.

1.5. MARCO GEOLÓGICO

1.5.1. Generalidades

La Península de Arauco está caracterizada por una alternancia de rocas sedimentarias marinas y continentales que se disponen sobre un Basamento Metamórfico (Figura 1.02) de edad Carbonífero-Pérmico (Hervé y otros, 2007).

Las rocas sedimentarias corresponden principalmente a secuencias transgresivas y regresivas que van desde el Cretácico Superior hasta el Plio-Pleistoceno, estas fueron sucedidas en una plataforma en la que los bloques estructurales diferencialmente levantados controlaron importantes cambios verticales y variaciones laterales de facies (Pineda, 1983). Finalmente sobre toda esta alternancia se disponen los sedimentos no consolidados recientes.

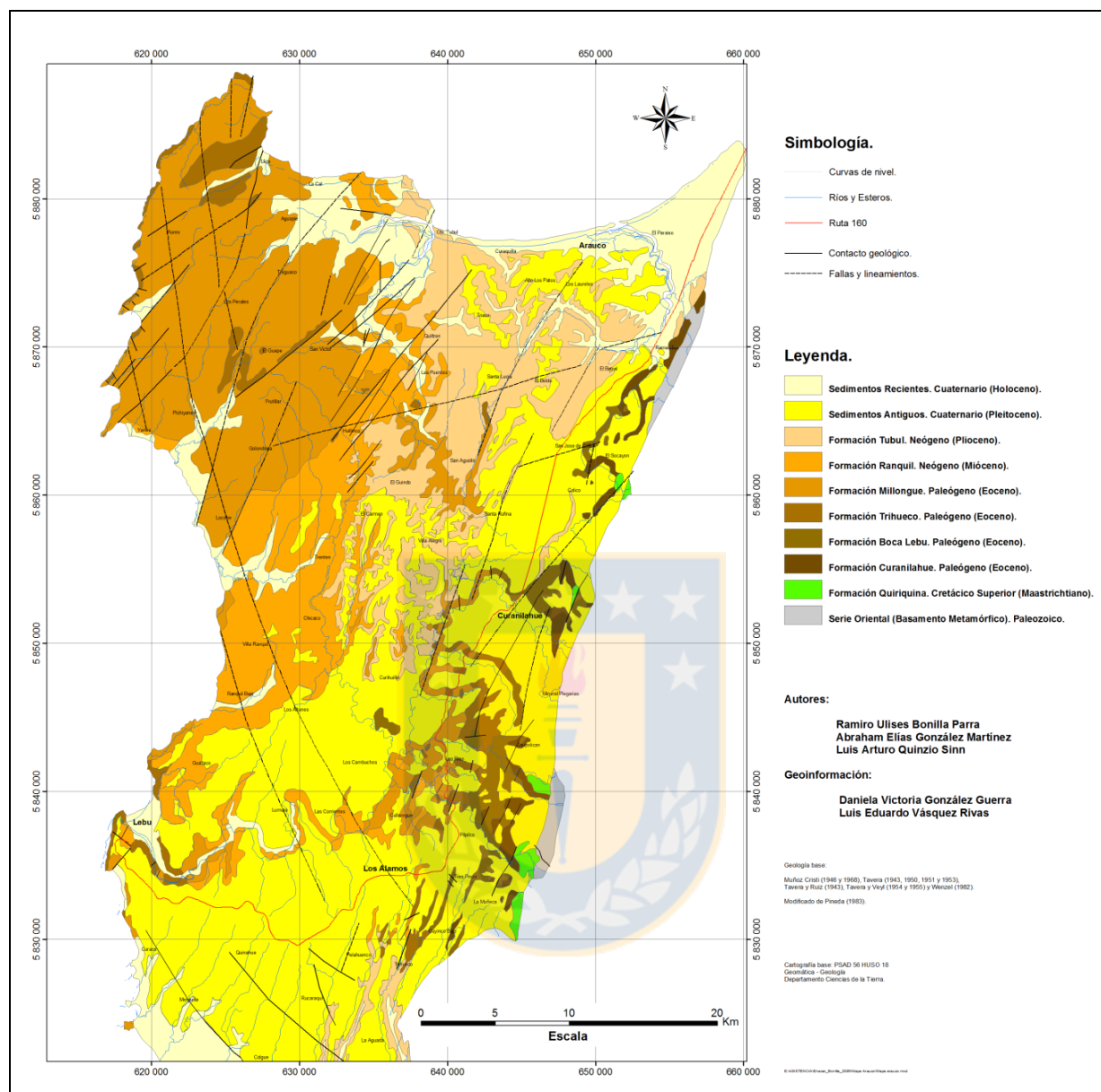


Figura 1.2 Mapa geológico de la Península de Arauco, realizado por Pineda (1983) y modificado por Bonilla y otros (2009).

1.5.2. Rocas Metamórficas

1.5.2.1. Basamento Metamórfico

El Basamento Metamórfico es parte del Basamento Cristalino del Paleozoico de Chile Central que está constituido por rocas metamórficas e intrusivas que afloran a lo largo de la Cordillera de la Costa entre los 32° y 42° S (Hervé y otros, 2007). Las rocas metamórficas se dividen en dos

frangas paralelas llamadas Serie Oriental (baja presión y alta temperatura) y Serie Occidental (alta presión y baja temperatura), que pueden ser diferenciadas tanto por su petrografía, mineralogía, condiciones de metamorfismo, protolitos y estructuras, éstas representan un antiguo complejo acrecionario de subducción (Hervé y otros, 2007 ;Vásquez, 2001; Glodny y otros, 2005; Willner, 2005).

En la Península de Arauco, la Serie Oriental forma parte de la Cordillera de Nahuelbuta y está compuesta por metapsmitas, metapelitas, rocas córneas y gneises (Hervé, 1977 en Pineda, 1983). La Serie Occidental no aflora en la Península de Arauco, pero existen estudios de subsuelo (sondajes) que demuestran su presencia en la península (Pineda 1983), está constituida por metagrauvas, micaesquistos, metabasitas, esquistos azules, serpentinitas y chert (Vásquez, 2001).



1.5.3. Rocas Estratificadas

1.5.3.1. Formación Quiriquina

Definida por Biró en 1982 corresponde una secuencia sedimentaria de conglomerados basales y areniscas verdes con abundantes concreciones depositada en el Campaniano-Maastrichtiano, que se caracteriza por presentar abundantes fósiles de *Cardium acuticostatum*, *Trigonia hanetiana* y *Baculites* sp. Subyace en inconformidad a las rocas ígneas y metamórficas paleozoicas e infrayace localmente y en concordancia a las capas terciarias (Gajardo, 1981; Pineda, 1983). Stinnesbeck (1986) y luego Salazar y otros (2010), lo asignan solo al Maastrichtiano.

1.5.3.2. Formación Pilpilco

Muñoz-Cristi define esta formación en el año 1946, consiste en una secuencia de areniscas verdes de grano medio a grueso, arcillosas de carácter marino y parcialmente continental en la base, con una edad eocena inferior (Tavera 1942). Está discordante sobre el Basamento Metamórfico y concordante sobre las rocas cretácicas e infrayace concordante a la Formación Curanilahue. Se caracteriza por fósiles de *Macra carbonaria* y *Tellina carbonaria* según Pineda, 1983.

1.5.3.3. Formación Curanilahue

Formación definida por Muñoz-Cristi (1956), se subdivide en el Miembro Lota, de carácter continental, constituido por areniscas gruesas basales a areniscas finas con intercalaciones de arcillas asociadas a mantos de carbón; el Miembro Intercalación, marino, con areniscas glauconíticas de grano fino, con poca cantidad de fósiles; y el Miembro Colico, compuesto por rocas continentales que consisten en areniscas de grano grueso a fino con intercalaciones de arcillas asociados a mantos carboníferos.

La Formación Curanilahue está inconforme sobre el Basamento Metamórfico y en paraconformidad sobre las capas cretácicas, concordante sobre la Formación Pilpilco, subyace y engrana lateralmente a la Formación Boca-Lebu y Trihueco (Martínez, 1968). Es asignada al Eoceno inferior y tiene fósiles de *Turritella angusta* y *Tellina subfalcata* (Tavera, 1942; Pineda, 1983).

1.5.3.4. Formación Boca-Lebu

Definida como formación por Muñoz-Cristi en 1956, corresponde a una secuencia transgresiva que posee limolitas y areniscas muy finas, arcillosas y fosilíferas, que contienen concreciones calcáreas con pinzas y caparazones de crustáceos. Es de edad eocena inferior (Tavera, 1942), sobreyace en paraconformidad a la Formación Quiriquina y concordantemente a la Formación Curanilahue e infrayace en forma concordante a Trihueco. Se caracteriza por la presencia de fósiles de *Nassa araucana*, *Tellina carbonaria*, *Turritella landbecki* y *Mytilus striatus* (Pineda, 1983).

1.5.3.5. Formación Trihueco

Definida por Muñoz-Cristi (1956), es una secuencia de rocas continentales con intercalaciones marinas (Zambrano y otros, 2012), compuesta por areniscas de grano fino a conglomerádicas con intercalaciones de lutita carbonosa y mantos de carbón (García, 1968; Pineda 1983). Es del Eoceno medio y posee fósiles de *Turritella landbecki*, *Pseudoliva retusa*, *Eucrassatella*

ponderosa, *Mytilus striatus*, *Leda oxyrrhyncha*, *Leda darwini* y *Macra* sp. (Tavera, 1942; Pineda, 1983).

1.5.3.6. Formación Millongue

Formación definida por Muñoz-Cristi (1946), es una secuencia transgresiva constituida por conglomerados, areniscas glauconíticas, arcillas con bancos tobáceos, además hay abundante presencia de restos vegetales carbonosos, pelecípodos y foraminíferos (Tavera, 1942; García, 1968). Se dispone concordantemente sobre la Formación Trihueco y en discordancia angular bajo Ranquil, su edad corresponde al Eoceno medio-superior (Tavera, 1942; Martínez, 1968) y se pueden hallar fósiles de *Turritella landbecki*, *Cancer araucanus* y *Pinna wenzel* (Pineda, 1983).

1.5.3.7. Formación Ranquil

Formación definida por García en 1968 de edad miocena inferior (Finger y otros, 2013), corresponde a una secuencia transgresiva constituida por bancos de conglomerados finos, arenosos de color gris claro que se alternan con bancos de areniscas cuarzo-feldespáticas y fangolitas, en la parte superior de la formación dominan las areniscas finas y limolitas con niveles fosilíferos. Sobreyace concordante a las formaciones del Eoceno e infrayace en discordancia angular a la Formación Tubul. Posee fósiles de moluscos como *Dentalium lebuensis*, *Venus volckmanni*, *Tellina lebuensis*, *Anatina araucana* y de equinoideos tal como *Micraster Valdivianum* (Pineda, 1983).

1.5.3.8. Formación Tubul

Definida por Biró (1979), corresponde a una secuencia semiconsolidada, marina, horizontal de edad Plioceno, compuesta por areniscas finas, areniscas limosas y limolitas. Sobreyace en discordancia angular a la Formación Ranquil e infrayace en concordancia a la Formación Cañete y Sedimentos Recientes. Se pueden hallar fósiles de *Zygochlamys patagónica*, *Retrotapes exalbidus*, *Magellania venosa*, *Cyclocardia velutinus*, además de gastrópodos, decápodos y equinoideos.

1.5.3.9. Formación Cañete o Sedimentos Antiguos

Secuencia de sedimentos costeros asociada a una terraza marina, asignada al Estadio Isotópico Marino 5 (MIS 5e) llamada Superficie Cañete por Kaizuka y otros (1973 en Jara y otros, 2015), posee una edad estimada entre 127 y 133 mil años (Melnick y otros, 2009), tiene un espesor que va desde los 20 a 50 m, está compuesta por areniscas de origen volcánico con estratificación cruzada, areniscas medias masivas que poseen laminación fina y paleosuelos (Jara y otros, 2015).

1.5.3.10. Sedimentos Recientes

Corresponden a aquellos depósitos no consolidados de areniscas acumuladas en formas de dunas en el borde costero del Golfo de Arauco. También pertenece a esta clasificación los sedimentos fluviales transportados por los ríos Raquí y Tubul.

1.6. MARCO TEÓRICO

1.6.1. Tafonomía

La Tafonomía, según Brett y Baird (1986), es el estudio sistemático de la preservación fósil y de los procesos preservacionales, mientras que Martin (1999) la define como “la ciencia de las leyes del enterramiento” o el estudio de la transición de los restos orgánicos desde la biosfera a la litosfera o el proceso de fosilización desde la muerte a la diagénesis. Fernández (2000) establece que la Tafonomía se ocupa de los procesos de fosilización y de la formación de yacimientos fósiles, aspira a explicar cómo ha sido producido y qué modificaciones ha experimentado el registro fósil.

El objetivo principal de la Tafonomía es buscar patrones sistemáticos en la preservación que permitan establecer cómo éstos influyen al registro fósil (Behrensmeyer y otros, 2000).

Los procesos que afectan a los fósiles son variados, pero pueden ser agrupados en físicos y químicos, así, según Fernández (2000) se puede dividir en dos grandes áreas (Figura 1.3) que

corresponden a la Bioestratinomía y a la Diagénesis fósil (fosildiagénesis), la primera se refiere a los procesos de preservación que suceden entre la muerte del organismo y su emplazamiento final en el sedimento (procesos mecánicos); y la segunda a los procesos de fosilización que ocurren subsecuente después del enterramiento (procesos químicos).

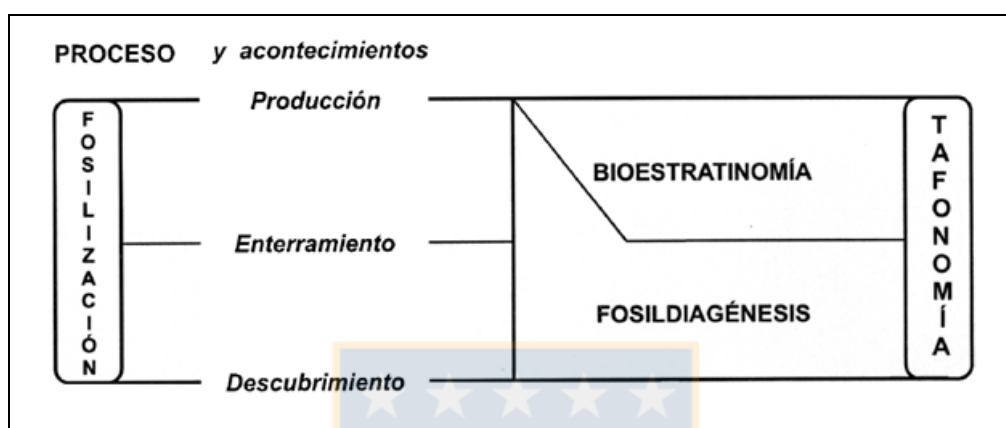


Figura 1.3 Esquema de los procesos que incluye la Tafonomía. En general, los datos bioestratinómicos y los fosildiagenéticos constituyen los conocimientos tafonómicos obtenidos. Tomado de Fernández (2000).

Behresmeyer y Kidwell (1985) enfatizan que los aportes positivos de la Tafonomía permiten entender el registro fósil, ya que ciertas características como el quiebre de las conchas en los moluscos no constituyen una pérdida de la información, sino que permite reconocer a los agentes bioestratinómicos involucrados en la formación del yacimiento (olas, corrientes, predadores, carroñeros, etc.).

Los estudios tafonómicos abarcan tanto a los organismos actuales como los fósiles, en distintos ambientes sedimentarios, y se traslapan con varias disciplinas como la ecología, sedimentología, petrografía y estadística. También hay análisis que pueden ser focalizados en un solo grupo o en asociaciones de grupos, en comparar patrones a escala temporal y/o geográficas (Lazo, 2004). Por ejemplo al realizar un estudio sobre los diferentes estilos de preservación de las asociaciones fósiles y las facies estratigráficas existentes en una zona de interés, puede resultar en la evolución paleoambiental del área (Aguirre y Yesares, 2003).

Martin (1999) modifica ciertas generalizaciones empíricas realizadas por Wilson (1988) para esta ciencia, que corresponden a las siguientes:

- Los organismos que poseen partes duras tienen mayores probabilidades de ser preservados.
- La preservación es mucho mayor cuando ocurre en ambientes de enterramiento rápido, especialmente cuando existe sedimento fino (baja turbulencia) o en ausencia de organismos carroñeros.
- Durante la transición desde bioceonosis (conjunto de organismos que coexisten en un espacio) a la tanatocenosis (conjunto de organismos o de sus partes que fueron reunidos después de su muerte), la desarticulación y alteración química resultan de la descomposición, abrasión, transporte, predación, carroñeros o disolución, esto causa la pérdida de información acerca de la abundancia de las especies y de la diversidad de la comunidad y su estructura.
- El ensamblaje fósil consiste de a) *restos autóctonos*, los cuales representan organismos que vivieron en la comunidad y que pueden haber preservado su posición de vida, b) *restos paraúctonos* son aquellos restos autóctonos que fueron movidos (desarticulados, reorientados, concentrados) desde su posición original por organismos bioturbadores, predadores o carroñeros, pero no transportados a otra comunidad; y c) *restos aloctonos* que han sido derivados de otras comunidades.
- La pérdida tafonómica, especialmente mediante disolución o bioerosión, es típicamente más severa en medioambientes marinos de aguas poco profundas.
- La información perdida en biotas terrestres o fluviales son el resultado, en mayor medida, por la acción del transporte, desarticulación, selección y quiebre por el agua, predadores, carroñeros y el “pisoteo”.
- La bioturbación y el retrabajo también pueden causar una “mezcla temporal” de las diferentes comunidades y llevan a “incrementar” la diversidad y variar las características morfológicas de los fósiles.
- La información obtenida sobre la configuración tafonómica y las dinámicas de la comunidad a largo plazo surgen de las acciones de los agentes tafonómicos.
- Adicionalmente, el enterramiento catastrófico o “asfixia” deriva en una instantánea de la dinámica de la población, sin embargo, puede no representar la dinámica a largo plazo de la población, así que múltiples instantáneas de la biota fósil probablemente representan mejor la variación temporal en las poblaciones.

1.6.2. Concentraciones Fósiles

Los fósiles se distribuyen irregularmente en el registro geológico, éstos aparecen concentrados en ciertos niveles de las rocas sedimentarias estratificadas. Una concentración fósil corresponde a un depósito o a una acumulación de partes duras biológicas (incluye los moldes internos), indistintamente de los campos taxonómicos, estado de preservación o grado de modificación *post-mortem* (Kidwell y otros, 1986). Las concentraciones representan diferentes eventos paleoecológicos y paleoambientales, que involucran a distintos organismos y ocurren en periodos muy cortos o muy prolongados de tiempo; las dimensiones e importancia que poseen estas acumulaciones son variables (Lazo, 2004).

1.6.2.1. Descripción de las concentraciones fósiles

Kidwell y Holland (1991) realizan una guía de campo para la descripción de las fábricas para depósitos bioclásticos gruesos, donde se considera que un bioclasto grueso corresponde a aquellos cuerpos fósiles o fragmentos que poseen tamaño mayor a 2 mm, ya que tamaños menores son muy difíciles de identificar en terreno. Los autores reconocen tres grados de empaquetamiento y selección, los que son observados en la Figura 1.4 y 1.5.

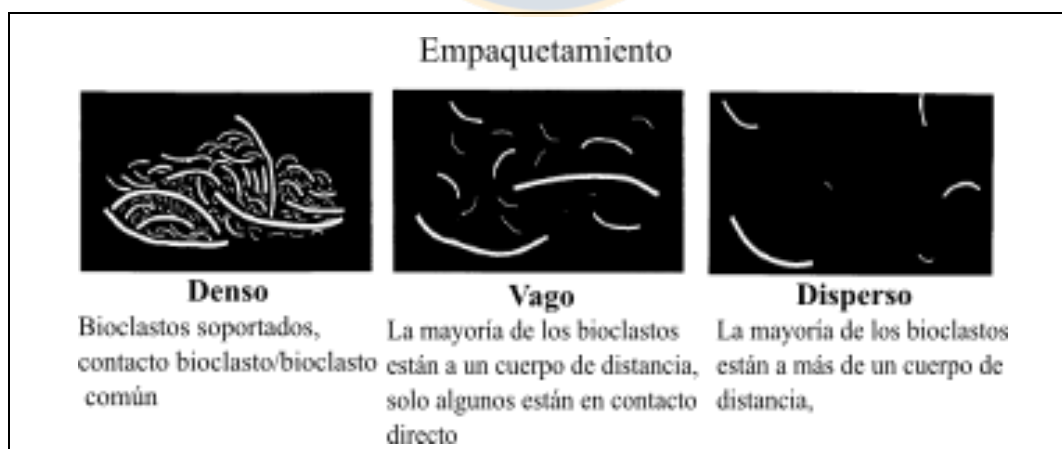


Figura 1.4 Ilustraciones esquemáticas para las distintas categorías de fábricas en función del empaquetamiento. Tomado de Kidwell y Holland (1991).

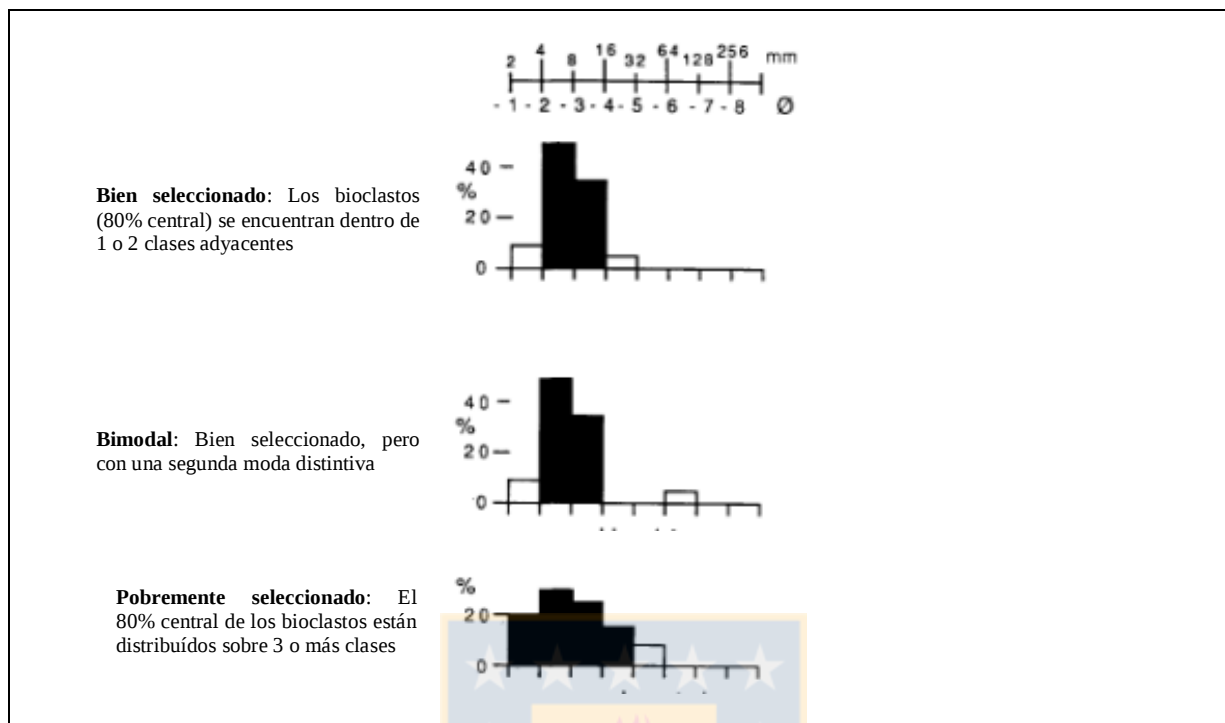


Figura 1.5 Ilustraciones esquemáticas para las distintas categorías de fábricas en función de la selección de los bioclastos. Tomado de Kidwell y Holland (1991).

Para caracterizar los depósitos de fósiles Kidwell y otros (1986) desarrollan una nomenclatura descriptiva y genética para las acumulaciones a lo largo de transectas antiguas y modernas de *onshore-offshore*. El procedimiento usa las siguientes cuatro características:

- **Composición taxonómica:** Las concentraciones pueden ser *monotípicas* o *politípicas* de acuerdo a si existen uno o más tipos de organismos, esto refleja la ecología de la comunidad estudiada.
- **Biofábrica:** Se refiere al arreglo tridimensional de los fósiles incluyendo la orientación, la selección por tamaño y forma, el empaquetamiento (matriz o bioclasto soportado). Esta característica depende principalmente de las condiciones hidrodinámicas existentes en el momento de formación del depósito, pero además refleja las condiciones ecológicas, la necrología, la predación, el carroñerismo, la bioturbación, la rotación y desarticulación durante la compactación. Los autores proponen términos descriptivos para la orientación de las partes duras y biofábrica observados en la Figura 1.6.

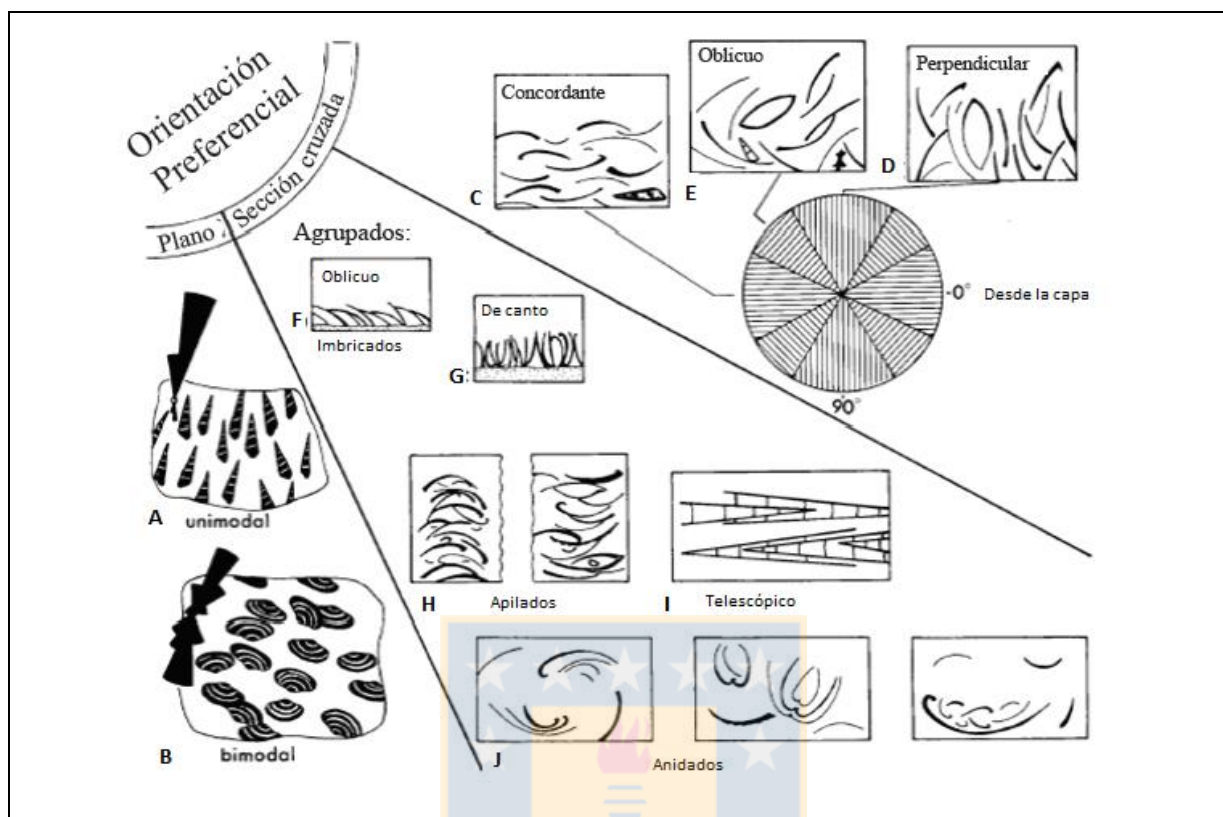


Figura 1.6 Terminología para la orientación de las partes duras en una capa plana y una sección transversal. Tomado Kidwell y otros (1986).

En las concentraciones que comprenden más de un tamaño modal o múltiples formas, es comúnmente necesario evaluar la orientación de cada una de ellas por separado en orden de detectar lineamientos *unimodales* o *bimodales* (Figura 1.6 A y B). En la sección transversal se describe como *concordante* (Figura 1.6 C) a aquellos fósiles cuyos ejes más largos estén alineados de forma paralela a subparalela a la estratificación, *perpendicular* (Figura 1.6 D) corresponde a aquellos elementos dispuestos en un ángulo recto a la estratificación, mientras que *oblicuo* (Figura 1.6 E) se utiliza para describir fósiles que tienen una posición intermedia. También se acuñan términos especiales para la sección transversal como *imbricados* (Figura 1.6 F), *de canto* (Figura 1.6 G), *apilados* (Figura 1.6 H), *telescópico* (Figura 1.6 I) y *anidados* (Figura 1.6 J). La orientación de los bivalvos puede ser descrita también según como esté dispuesta su concavidad (por ejemplo, convexo hacia arriba o cóncavo hacia abajo) en relación a la capa, esto permite inferir la acción de la corriente o la falta de ella, antes o durante el entierro (Brett y Baird, 1986).

- **Geometría:** Depende de varios factores que van desde la topografía, modo de vida, la actividad biológica y hasta procesos físicos que actúan para formar estas acumulaciones. En la Figura 1.7 se resume la terminología desarrollada para describir este ítem. En dos dimensiones para las concentraciones planas a la estratificación (eje más largo preferentemente concordante a la capa) con una o dos valvas de espesor, se acuñan los términos *acordonado* (Figura 1.7 A) y *pavimento* (Figura 1.7 B). Cuando el espesor supera a más de dos valvas y están en cualquier orientación, se utilizan las expresiones *lentes* (Figura 1.7 C), *pod* o *vaina* (Figura 1.7 D), *cuña* (Figura 1.7 E), *clump* o *aglutinación* (Figura 1.7 F), *capa* (Figura 1.7 G) y *relleno de fisuras* (Figura 1.7 H).

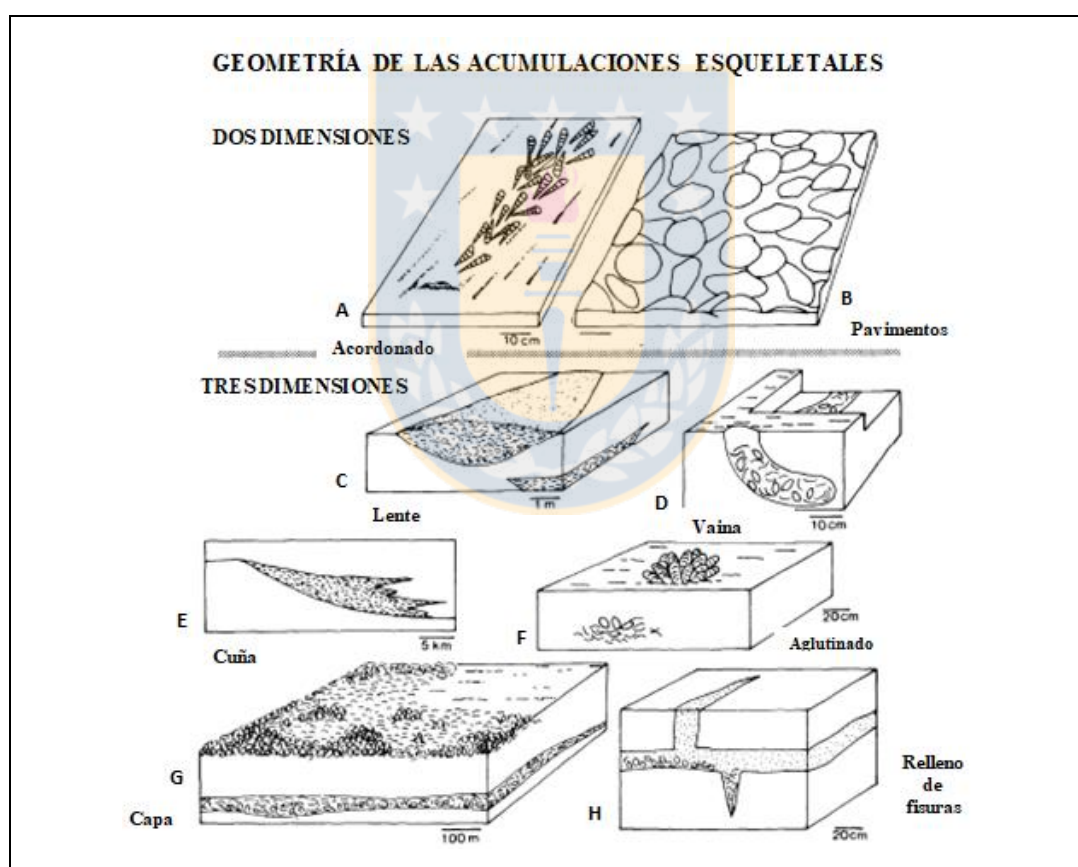


Figura 1.7 Terminología para la descripción de la geometría de un depósito. Tomado Kidwell y otros (1986).

- **Estructura interna:** Esta puede ser *simple* si las concentraciones son internamente homogéneas y exhiben tendencias monotónicas (ej. turbiditas, tempestitas, etc.). Las concentraciones *complejas* incluyen ensamblajes consistentes en horizontes alternados de

articulados y desarticulados o concentraciones que consisten en amalgamaciones laterales o verticales de mayor escala.

Además Kidwell y otros (1986) agrupan las concentraciones esqueléticas en un diagrama ternario según la importancia relativa de los procesos biológicos, sedimentológicos y diagenéticos (Figura 1.8). Se reconocen tres grupos y tres concentraciones mixtas, éstos pueden ser a su vez autóctonos, parautóctonos o alóctonos.

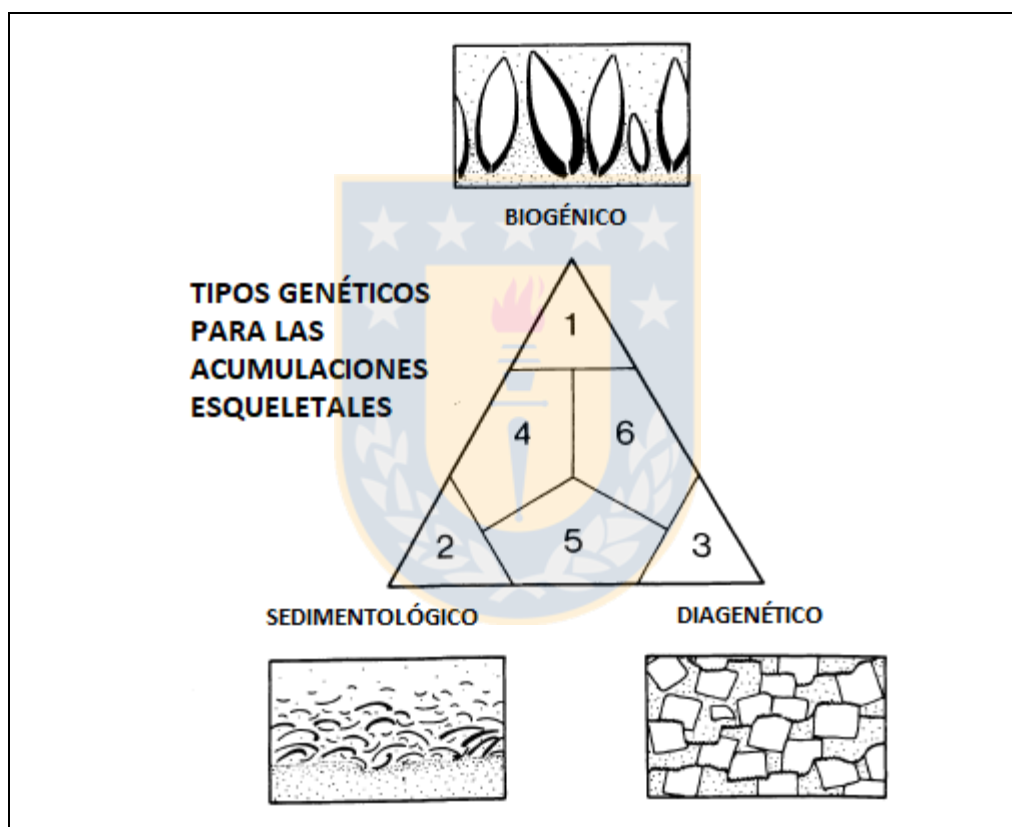


Figura 1.8 1: Acumulaciones biogénicas. 2: Acumulaciones sedimentológicas. 3: Acumulaciones diagenéticas. 4,5 y 6: Concentraciones mixtas. Tomado Kidwell y otros (1986).

Las concentraciones biogénicas pueden ser *intrínsecas* o *extrínsecas*, las primeras son producidas por organismos con comportamiento gregario, que son usualmente autóctonos o parautóctonos, por ejemplo colonización preferencial de sitios ya ocupados por adultos o sus remanentes muertos. Las acumulaciones *extrínsecas* resultan de las interacciones de organismos con otros “esqueletonizados” o de sus partes duras, son parautóctonos o alóctonos, por ejemplo acumulaciones producidas por aves. Las concentraciones sedimentológicas derivan

principalmente de procesos hidráulicos que concentran las partes duras como por ejemplo capas de tormenta, pavimentos eólicos de playa, etc. Mientras que las acumulaciones diagenéticas son el resultado de los procesos físicos y químicos que concentran las conchas después del enterramiento incluyendo la compactación y presión selectiva. Concentraciones mixtas son producto de la interacción de dos o más miembros, uno de los cuales puede tener mayor significancia que el otro.

El diagrama ternario, puede ayudar a la descripción e interpretación de las posibles interacciones entre los tres procesos mencionados anteriormente y los agentes que están involucrados en la formación de las concentraciones esqueletales. A la vez, el uso comparativo de este esquema entre diferentes acumulaciones, permite distinguir y caracterizar distintos gradientes ambientales. Kidwell y otros (1986) realizan un modelo medioambiental de la distribución de distintas capas de conchas a lo largo de una transecta *onshore-offshore*, en un sistema sedimentario terrígeno no deltaico (Figura 1.9), en el cual se muestra que las concentraciones sedimentológicas disminuyen en abundancia desde la playa hacia la plataforma externa, producto de la disminución de la energía del agua en el piso oceánico.

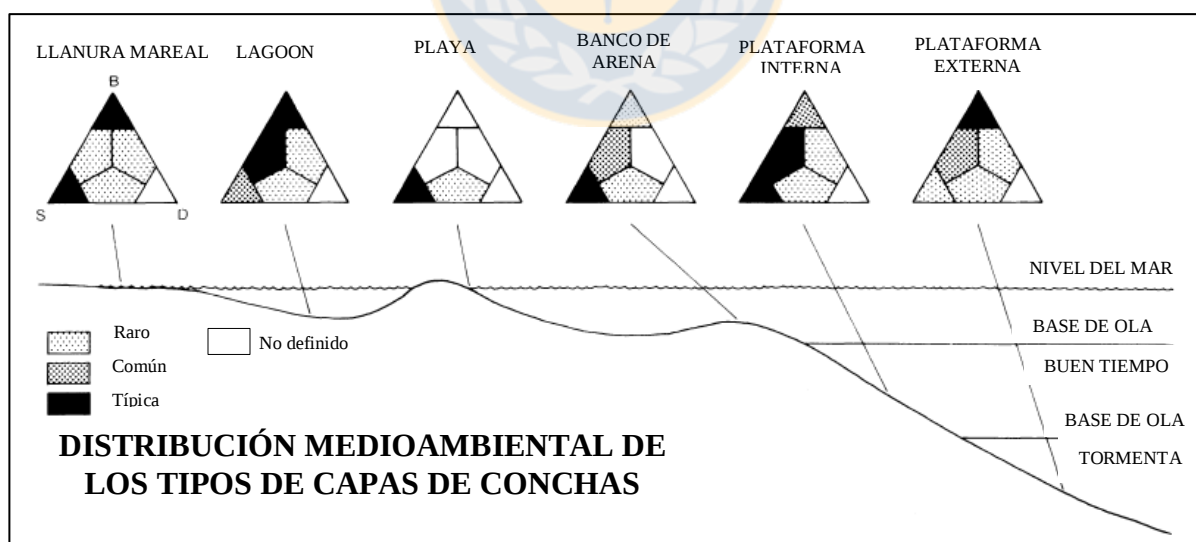


Figura 1.9 Tipos de concentraciones esqueletales a lo de una transecta *onshore-offshore*. Tomado de Kidwell y otros (1986).

Para completar la caracterización de los depósitos fósiles se utilizan una serie de rasgos paleontológicos y tafonómicos, además de los sedimentológicos vistos anteriormente.

Las características paleontológicas permiten inferir las condiciones paleoecológicas, la estructura trófica y la diversidad de la comunidad (Lazo, 2004), éstas corresponden a las siguientes.

- **Número de taxones:** Es el número de especies (o géneros) registradas en el depósito, también llamado *riqueza*. Es un estimador de la diversidad que no tiene en cuenta la abundancia relativa, depende de la composición original de la comunidad y del sesgo tafonómico que posea (Lazo, 2004). Para evaluar este ítem es necesario hacer un censo de todos los taxones existentes.
- **Abundancia relativa:** Es el número de individuos de cada taxón preservados en un depósito.
- **Espectro de edades:** Se trata de identificar individuos adultos de juveniles mediante la diferencia de tamaños, ya que permite inferir los distintos estadios del desarrollo.
- **Hábito de vida:** Puede subdividirse en *escalonamiento vertical*, *comportamiento principal* y *hábito*. El primero corresponde a la posición que ocupó el organismo en la columna de agua o dentro del sustrato (*bentónico*, *nectónico*, *nectobentónico* y *plantónicos*). El comportamiento principal se refiere a la actividad que el organismo realiza en relación con el escalonamiento (ejemplo: cavador). El hábito alude a si los organismos son *solitarios*, la larva de los invertebrados bentónicos marinos se desarrolla aislada de los otros individuos adultos; *gregarios*, implica el asentamiento de las larvas cerca o sobre los adultos formando agregados (ejemplo: ostras); o *coloniales*, donde de una larva desarrolla, por reproducción asexual, muchos individuos adultos (Lazo, 2004).
- **Espectro de modo de alimentación:** Existen distintas categorías tróficas según Walker y Bambach (1974) en las cuales se pueden clasificar a los individuos. Tales como: *suspensívoros*, organismos infaunales y epifaunales que filtran agua para alimentarse; *depositívoros*, individuos que obtienen su alimento del sedimento (incluye detrívoros); *herbívoros*, *carnívoros* y *carroñeros*.

Los rasgos tafonómicos reflejan el estado de preservación de los fósiles que contienen los depósitos, ayudan a reconstruir la historia post-mortem de los restos y reflejan, en general, las condiciones reinantes del ambiente original de los individuos (Lazo, 2004).

En un ambiente marino los procesos bioestratinómicos más comunes son:

- **Desarticulación:** Es la desconexión y separación de los diferentes componentes de los restos, esto ocurre inmediatamente después de la muerte (Brett, 1990). El grado de desarticulación de los elementos no ha de ser proporcional a la energía mecánica del medio de sedimentación, si la biodegradación es intensa los organismos pueden llegar a ser totalmente desarticulados en regímenes de baja energía (Fernández, 2000). En bivalvos este proceso ocurre muy rápido, así que conjuntos de conchas intactas pueden indicar suelos marinos rápidamente sofocados o muerte en las madrigueras, también se relaciona con la tendencia de las valvas a abrirse extendidamente cuando los músculos abductores no se oponen a las contracturas elásticas (Brett y Baird, 1986). Los esqueletos de equinodermos intactos son muy raros y sólo pueden ser preservados por un enterramiento extraordinariamente rápido (Brett y Baird, 1986). Además de un enterramiento rápido, condiciones de bajo oxígeno o temperatura baja pueden favorecer la preservación de esqueletos intactos ya que inhiben la descomposición o la acción de los organismos bioturbadores (Lazo, 2004).
- **Fragmentación:** Grado de ruptura de los individuos debido a procesos físicos o agentes biológicos. La resistencia depende de la curvatura y el espesor de la conchilla, la microestructura que posea y la cantidad de materia orgánica existente. Si los esqueletos son delgados y frágiles, su preservación indica aguas tranquilas; mientras que la fragmentación de esqueletos duros y gruesos implica un retrabajo o alta energía, la descomposición de la matriz orgánica hace susceptible al organismo a la fragmentación (Brett y Baird, 1986; Lazo, 2004). Un alto grado de fragmentación sugiere procesos de retrabajo y fragmentación permanente (Brett, 1990). En bivalvos la fragmentación puede ser atribuida a la depredación o al impacto de las conchas con otros bioclastos durante el transporte. La proporción de valvas derechas o izquierdas comúnmente está en una relación uno es a uno. En ciertos ambientes cercanos a la costa, proporciones parciales pueden ser el resultado del transporte diferencial de una sola

valva. Las asociaciones en ambientes de *offshore* de radios parciales de una sola valva con abundantes fragmentos indica el quiebre de la valva más frágil o que las conchas han sufrido retrabajo (Lever, 1958; Brett y Baird, 1986).

- **Incrustación:** Cementación y crecimiento de un organismo sobre un sustrato duro o conchillas (Lazo, 2004).
- **Abrasión:** Es el desgaste debido al impacto que ejercen sobre los elementos las partículas transportadas por el agua o el viento (Fernández, 2000). También es el producto del avance de un elemento sobre una superficie más dura. Como resultado la superficie externa puede ser pulida o llegar a estar desgastada.
- **Bioerosión:** Proceso por el cual ciertos organismos (algas, hongos, bacterias, esponjas, gusanos, etc.) modifican o perforan la superficie de sustratos duros siguiendo ciertos patrones de habitación, alimentación o predación (Lazo, 2004). Ésta degradación puede ser por medios mecánicos y/o por la actuación de ácidos orgánicos, enzimas u otros productos (Fernández, 2000). A la acción de estos dos últimos ítems, más el proceso de disolución, se le asigna el nombre de *corrosión*, que es el grado de alteración superficial, ya sea interna o externa de las conchas (Lazo, 2004). Los efectos combinados de abrasión, bioerosión y disolución actúan primariamente en los esqueletos que se mantienen desenterrados en la interfase agua-sedimento, por extensos períodos de tiempo (Brett y Baird, 1986).

Los distintos grados de orientación, desarticulación, fragmentación y corrosión sirven como herramientas cualitativas para discernir tasas de enterramiento y la energía medioambiental o turbulencia (Brett y Baird, 1986), tal como se observa en la Tabla 1.1.

Los autores determinan la energía medioambiental *baja* a las corrientes persistentes pero demasiado débiles como para transportar arena fina (<10 cm/seg) y alta a las corrientes suficientemente fuertes para mover guijarros de hasta 1 cm de diámetro (50-100 cm/seg); la tasa de sedimentación se estima en base al tiempo que se demoraría una valva de tamaño moderado en

ser enterrada en condiciones marinas normales, asumiendo que no existe bioturbación o asentamiento de las valvas, así se obtienen las velocidades expuestas en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Relación entre las características bioestratigráficas, varios tipos de esqueletos fósiles, tasa de sedimentación y la energía medioambiental. Tomado de Brett y Baird (1986).

Energía Medioambiental	Tipo de esqueleto	Tasa de sedimentación		
		Episódica, muy rápida (1-50 cm/ 10 ² yr)	Intermedia a Rápida (10-100 m/10 ³ yr)	Baja a Intermedia (1-10 cm/10 ³ yr)
Alta	Ramoso Frágil	Poca fragmentación	Mucha fragmentación	Ausente
	Conchas de Bivalvos	Mayormente articulada, raramente <i>in situ</i>	Parcialmente articulada, algunos fragmentados	Desarticulado, fragmentados, desgastados
	Esqueletos con multielementos	Mayormente articulada, raramente <i>in situ</i>	Parcialmente articulada, piezas clasificadas	Desarticulado, piezas clasificadas
Baja	Ramoso Frágil	Intacto, no fragmentado	Alguna fragmentación	Fuerte fragmentación, corrosión
	Conchas de Bivalvos	Articulados, algunos <i>in situ</i>	Mayoritariamente desarticulado, valvas enteras.	Desarticulado, fragmentación menor, corrosión
	Esqueletos con multielementos	Completamente articulados, algunos <i>in situ</i> , moldes intactos	Parcialmente articulados, piezas no clasificadas	Desarticulados, piezas no clasificadas

Los procesos diagenéticos ocurren en los primeros metros del sedimento y pueden o no favorecer la preservación de los restos, corresponden a los siguientes procesos:

- **Relleno:** Ocurre cuando un material ocupa el interior y/o exterior de un elemento y reproduce la forma de las cavidades o el relieve externo formando moldes internos y externos respectivamente (Fernández, 2000). El tipo de relleno varía consistentemente entre facies y pueden proveer información significativa de las tasas de depositación, historia depositacional y química del sedimento (Brett y Baird, 1986). La exposición prolongada en la interfase agua-sedimento o un enterramiento lento, permite que el sedimento rellene el interior de los organismos (Lazo, 2004).
- **Mineralización de fósiles:** La migración de fluidos durante la diagénesis posibilitan diversos cambios en la composición mineralógica y en la estructura de los elementos, ésta puede ser por adición de nuevos componentes (cementación) o por sustitución de los minerales existentes (neomorfismo y reemplazamiento; Fernández, 2000).

El rápido enterramiento de los esqueletos con algunas partes blandas intactas puede llevar al desarrollo de espacios vacíos como también varios productos de la diagénesis temprana, estos espacios tienden a ocurrir en conchas o esqueletos que han sufrido un enterramiento rápido en sedimentos oxidados (arcillas permeables, arenas o aquellos aireados por una profunda bioturbación). Los tejidos blandos, en primera instancia, previenen la entrada del sedimento a las conchas, pero bajo un rápido decaimiento aeróbico, estos espacios pueden ser rellenados por calcita, sílice, esparita u otros minerales. En contraste, los organismos enterrados en ambientes anóxicos pueden retrasar la descomposición de la materia orgánica, si ocurre una rápida sedimentación ésta puede llegar a conservarse. Comúnmente en este tipo de ambiente hay una variedad de reacciones que resultan de la diagénesis temprana, incluyendo la formación de piritita, fosfato, carbonatos y chert (Brett y Baird, 1986).

- **Concreciones:** Consiste en la adición de nuevos minerales en los intersticios y poros existentes entre las partículas que engloban a los elementos conservados y que da lugar a su cementación parcial o total (Fernández, 2000). Se pueden formar muy rápido alrededor de los organismos en descomposición (Lazo, 2004).
- **Disolución:** La prolongada exposición y el retrabajo en un ambiente marino normal destruye varios tipos de material esquelético en una secuencia regular, que va desde conchas de aragonito, conchas de calcita, placas, espinas y caparazones de equinodermos y esqueletos de apatito (Brett y Baird, 1986). La durabilidad de los elementos depende de la estabilidad de sus componentes mineralógicos y del área superficial efectiva de los elementos conservados, entre más pequeños y esféricos sean, mayor será el efecto de la disolución (Fernández, 2000). La preservación de patrones de fractura o de moldes internos de las conchas indica que las conchas frágiles sólo fueron disueltas después que la compactación tomó lugar (Brett y Baird, 1986).

A partir de los distintos procesos diagenéticos vistos anteriormente es posible relacionar la oxigenación del agua, la geoquímica sedimentaria y las tasas de sedimentación (Brett y Baird, 1986), esto queda resumido en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Relación entre las características diagenéticas, oxigenación del agua, tasa de sedimentación y geoquímica del sedimento. Tomado de Brett y Baird (1986).

Oxigenación del agua	Geoquímica sedimentaria	Tasa de sedimentación		
		Episódica, muy rápida (1-50 cm/ 10 ⁻² yr)	Intermedia a Rápida (10-100 m/10 ³ yr)	Baja a Intermedia (1-10 cm/10 ³ yr)
Aeróbica O ₂ > 0,7 ml/l	Oxigenado en lo profundo, con poca materia orgánica	No hay relleno sedimentario, relleno mineral, cantidades menores de pirita.	Moldes internos sedimentarios.	Moldes parciales sedimentarios, recubrimientos de hematita o chamosita.
Aeróbica a Disaeróbica O ₂ =0,3- 0,7 ml/l	Anóxico con microzonas oxigenadas, poca materia orgánica (no sulfídico)	Moldes de pirita, pirita euhedral y concentraciones de CaCO ₃ .	Concreciones de CaCO ₃ , moldes de fango, cantidades menores de pirita euhedral.	Moldes fosfáticos o glauconíticos, a menudo retrabajados, pirita euhedral rara.
Disaeróbica a Anaeróbica O ₂ < 0,3 ml/l	Anóxico en la superficie, rico en materia orgánica (sulfídico)	No hay relleno, reemplazamiento menor de pirita, raramente trazas de las partes blandas.	Moldes de fango y pátinas de pirita.	Moldes altamente compactados

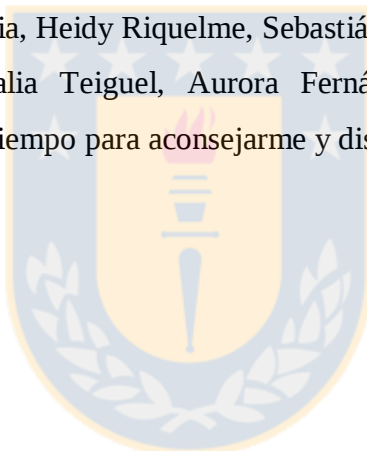
Para realizar la clasificación de la oxigenación del agua y la geoquímica del sedimento los autores combinan y comparan distintas distribuciones hechas por los siguientes investigadores: Rhoads y Morse (1971), Morris (1979), Berner (1981), Maynard (1982) y Thompson y otros (1985). Así se logra la clasificación vista en la tabla anterior.

1.7. AGRADECIMIENTOS

Quisiera empezar este párrafo agradeciendo a todas las personas que me apoyaron y guiaron durante el desarrollo de este trabajo. En primer lugar a mi Profesor Patrocinante el Dr. Alfonso Encinas, por su paciencia, su ayuda y sus consejos; al Profesor Dr. Luis Arturo Quinzio por su orientación y disposición a resolver todo tipo de dudas; a la Profesora de mi comisión Sylvia Palma-Heldt por aceptar ser partícipe de este proyecto, por su guía y asesoramiento durante los años de Carrera; al personal del Departamento de Ciencias de la Tierra por su amabilidad y su asistencia, que muchas veces ha ido más allá de sus deberes, especialmente al señor Pedro Bravo, por su inmensa ayuda prestada en terreno, al señor Gerardo Flores por su disposición constante, al señor Luis Vásquez por su colaboración y a la señora Carolina Rojas por su tiempo.

Por su cooperación quisiera reconocer a la señora Katherine Cisterna, al Dr. Claudio Valdovinos y a la Dra. Sandra Gordillo, quienes me ayudaron con la identificación de especies y resolvieron consultas sobre tafonomía.

También quiero dar las gracias a Juan Vargas, Margarita Barría, Natacha Vargas, Flo Vargas y al resto de mi familia por su tolerancia y darme el apoyo necesario para poder terminar este proceso; a mi pareja Carlos Ahumada que me acompañó constantemente mientras escribía esta Memoria y a su familia que siempre confió en mí; a la señora María Flores quien me recibió durante todos los años que estude en Concepción; a mi amigo Darwin Melo que se tomó el tiempo para ayudarme en terreno y a su familia que me acogió; a María Jesús Ortuya, Paulina Salgado, Claudia Pichincura, Jorge Heredia, Diego Delgado, Dante Riquelme, Catalina Ibáñez, Juan Ignacio Varela, Martín Urrutia, Heidy Riquelme, Sebastián Garrido, Phillippe Giroux, Belén Valle, Carolina Contreras, Natalia Teiguel, Aurora Fernández, Gisela Werren y Beatriz Fernández quienes se tomaron el tiempo para aconsejarme y distraerme cuando lo necesité.



2. ROCAS ESTRATIFICADAS

2.1. GENERALIDADES

Las rocas estratificadas que afloran en el área estudio (Figura 2.1) están representadas por secuencias siliciclásticas de fangolitas pertenecientes a la Formación Ranquil de edad Mioceno (Tavera, 1942); areniscas finas a limosas de la Formación Tubul depositadas durante el Plioceno (Pineda, 1983) en un ambiente marino somero, areniscas a areniscas conglomerádicas de la Formación Cañete (Jara y otros, 2015) o Sedimentos Antiguos (Bonilla y otros, comunicación personal, 2009) de edad Pleistoceno (Melnick y otros, 2009) y, finalmente, Sedimentos Fluviales y/o Costeros no Consolidados Recientes.

En el área de estudio, estas rocas son encontradas en las localidades de Tubul, Punta Las Peñas, Albarrada, Miramar y Loma Larga y Arauco.

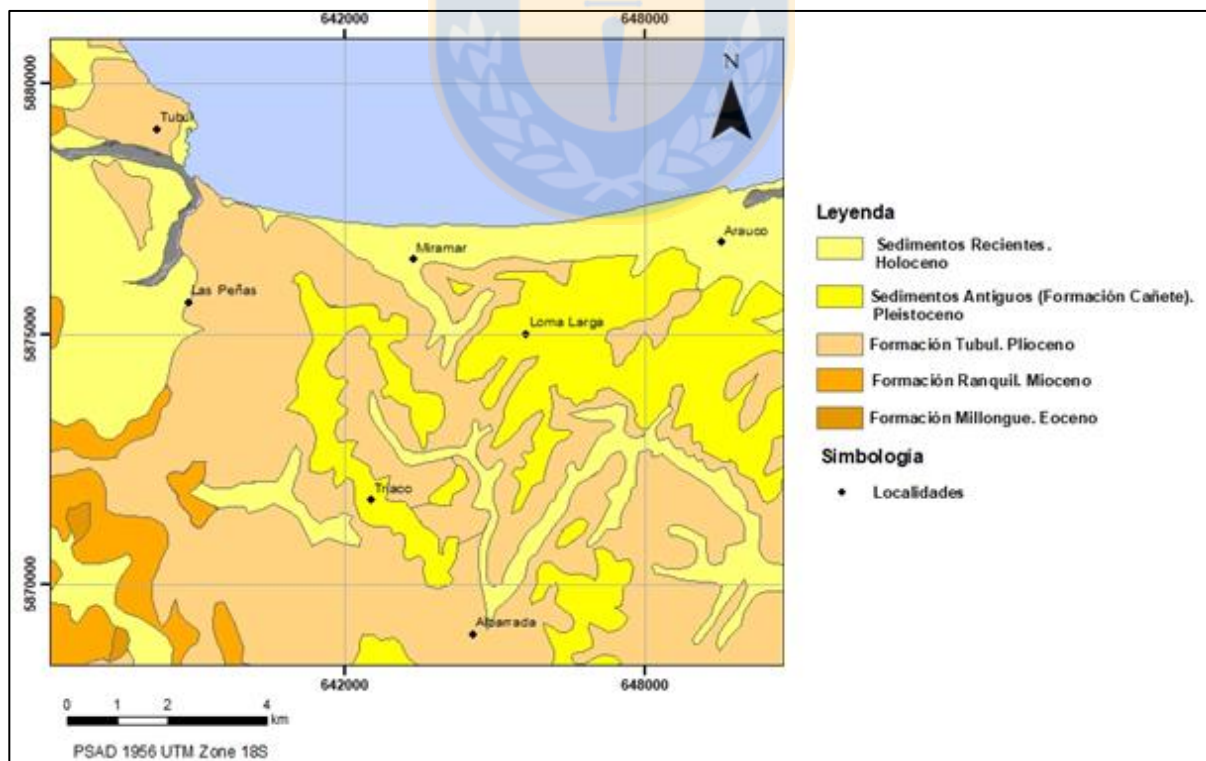
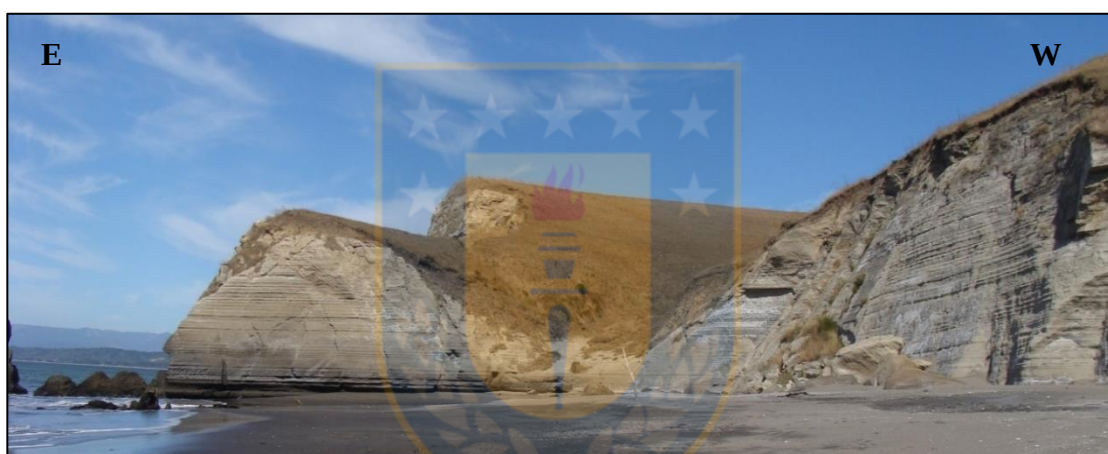


Figura 2.1 Mapa Geológico de la zona de estudio. Modificado de Bonilla y otros (2009).

2.2. FORMACIÓN TUBUL

2.2.1. Definición, distribución y relaciones estratigráficas

La Formación Tubul es una secuencia horizontal semiconsolidada siliciclástica (Fotografía 2.1) definida como unidad por Biró (1979), está compuesta principalmente por areniscas finas limosas y limolitas arenosas, además presenta gran cantidad de fósiles de moluscos marinos. Aflora alrededor de la Caleta Tubul, al este del sector de Las Peñas y llega hasta el sur de la localidad de Albarrada.



Fotografía 2.1 Formación Tubul, foto tomada al norte de la Caleta Tubul.

La Formación Tubul se encuentra dispuesta en discordancia angular sobre la Formación Ranquil, hacia techo subyace en concordancia a la Formación Cañete (Sedimentos Antiguos) y a los Sedimentos Recientes.

2.2.2. Litología y potencia

La base de la Formación Tubul, la cual se encuentra en contacto discordante con la Formación Ranquil (Fotografía 2.2), está constituida por areniscas muy finas, de color gris pardo oscuro, masivas, bien seleccionadas, grano soportadas, compuestas por cuarzo, feldespatos y máficos; los fósiles de bivalvos marinos no son muy abundantes en nivel (Columna Contacto Formación Ranquil-Formación Tubul, Pág. 137, Anexos).



Fotografía 2.2 Formación Tubul en contacto discordante (línea segmentada en rojo), con Ranquil.

Sin embargo a lo largo de la base del acantilado costero del sector Las Peñas (Fotografía 2.3), la litología corresponde a limolitas arenosas masivas (Muestra t2, Pág. 159, Anexos), de color gris pardo, que poseen una fábrica grano soportada y están bien seleccionadas; compuestas por cuarzo, máficos levemente oxidados y feldespatos, los granos son esféricos y subangulosos. Esta sección está intensamente bioturbada por trazas fósiles indeterminadas de tamaño muy pequeño (Fotografía 2.4 A), hay escasas trazas fósiles correspondientes a *Ophiomorpha* y *Thalassinoides* (Fotografía 2.4 B); además posee moluscos fósiles marinos dispersos y en cúmulos (Columna Acantilados Sector Las Peñas, Pág. 139, Anexos). En la base de la columna de la cuesta de la Ruta P-40 (Fotografía 2.5), también hay limolitas arenosas de color gris claro, se diferencian de las anteriores, ya que no presentan fósiles (Columna Cuesta P-40, Pág. 142 Anexos).



Fotografía 2.3 Base Formación Tubul, Acantilado Costero Sector Las Peñas.



Fotografía 2.4 A: Trazas fósiles pequeñas indeterminadas. B: Trazas fósiles de Ophiomorpha.

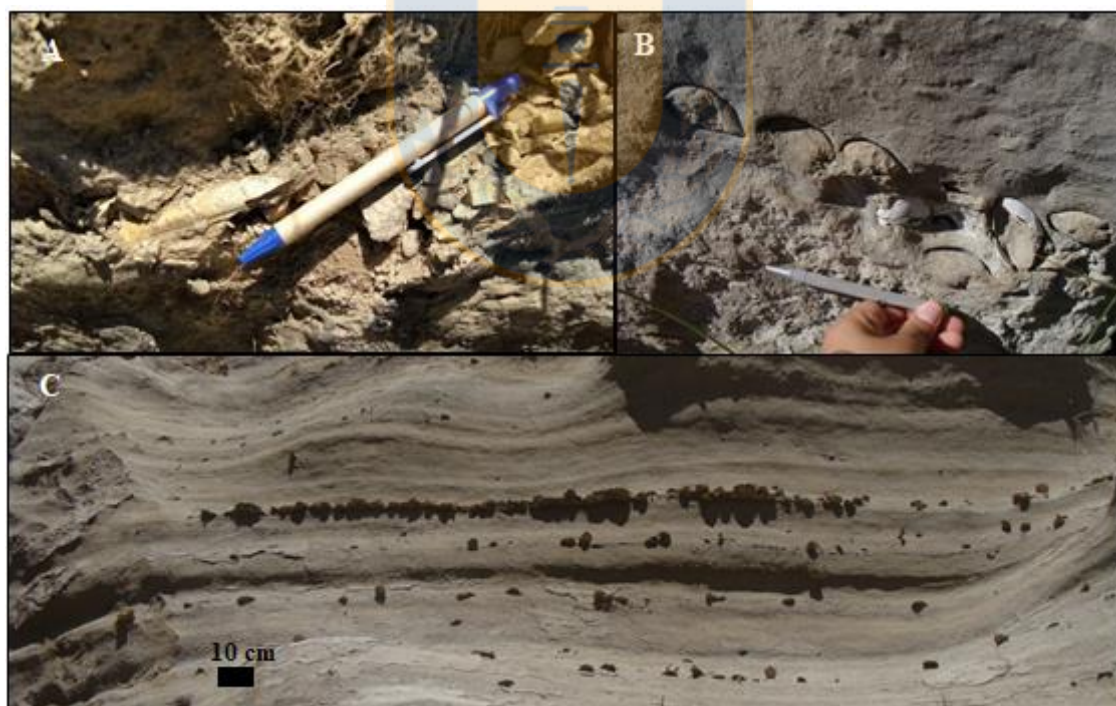


Fotografía 2.5 Base Formación Tubul, Cuesta P-40.

Sobreyacen a la base, limolitas arenosas grises oscuras, masivas, bien seleccionadas, grano soportadas, compuestas por minerales subangulosos a angulosos y subprismáticos a prismáticos de cuarzo, plagioclasa, biotita, máficos y minerales opacos (Muestra TC1, Pág. 156, Anexos). En la Columna Cuesta P-40 (Pág. 144, Anexos) es posible observar un nivel de 17,5 m de limolitas arenosas que contienen líticos de 0,25 mm (Muestra TC2, Pág. 157, Anexos) y en este estrato además hay concreciones ferruginosas. Estas rocas, en general, contienen distintos bivalvos, tales como, valvas desarticuladas de *Zygochlamys patagónica*, moldes internos de *Ensis macha*

(Fotografía 2.6 A); valvas articuladas y desarticuladas, moldes externos e internos de *Retrotapes exalbidus*, asociados a valvas de *Tindariopsis sulculata* y además también hay gastrópodos indeterminados de tamaño pequeño. La mayoría de los fósiles se encuentran distribuidos aleatoriamente en la roca y formando cúmulos, en el caso de los venéridos es posible verlos concentrados en forma lineal o niveles (Fotografía 2.6 B). Asimismo hay areniscas arcosas muy finas, con fábrica grano soportada, bien seleccionadas, compuestas por monominerales subangulosos y subprismáticos de cuarzo, máficos y feldespatos (Columna Cuesta P-40, Pág. 144, Anexos).

En la Columna del Acantilado Costero del Sector Las Peñas, hay laminación paralela entre limolitas arenosas y areniscas de tamaño muy fino (Pág. 141, Anexos), además se observan 4 capas centimétricas de *Zygochlamys patagónica* (Fotografía 2.6 C), restos fósiles de equinoideos y decápodos, y al igual que en la base se observan pequeñas trazas fósiles.



Fotografía 2.6 Formación. Tubul. **A:** Molde interno de *Ensis macha*. **B:** *Retrotapes exalbidus* agrupados en forma lineal. **C:** Capas centimétricas de *Zygochlamys patagónica*.

En los niveles superiores de la Formación Tubul hay fangolitas arenosas de color gris, grano-soportadas, moderadamente bien seleccionadas, compuestas minerales subagulosos a angulosos y

prismáticos de cuarzo, plagioclasa, biotita, hematita y minerales opacos (Muestra TC3, Pág. 158, Anexos), también hay arcillolitas arenosas de color gris claro, masivas, bien seleccionadas, grano-soportadas, compuestas por granos minerales angulosos y subprismáticos de cuarzo, plagioclasa, biotita y minerales opacos (Muestra TC4, Pág. 159, Anexos). Y limolitas arenosas muy alteradas de color gris claro, bien seleccionadas, que poseen un alto porcentaje de limo, están compuesta por granos subangulosos a angulosos y subprismáticos de cuarzo, plagioclasa, biotita, hematita y minerales opacos (Muestra TC5, Pág. 160, Anexos). En ninguna de estas rocas hay presencia de estructuras sedimentarias o de fósiles.

Hay que señalar que en los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas, se encontraron rodados de gran tamaño (pertenecientes a la Formación Tubul) que poseían trazas fósiles correspondientes a *Thalassinoides* (Fotografía 2.7), al igual que las mismas trazas pequeñas encontradas en la base de la formación.

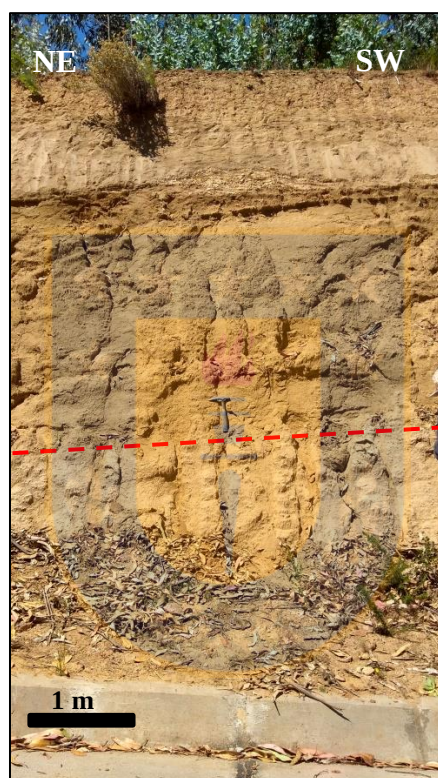


Fotografía 2.7 Bloque rodado ubicado en el sector Las Peñas, que contiene trazas fósiles correspondientes al género *Thalassinoides*.

En el techo de la Formación Tubul (Columna Corte de Camino O-322, Pág. 147, Anexos), se puede observar el contacto concordante con la Formación Cañete o Sedimentos Antiguos, la cual

constituye una secuencia de areniscas conglomerádicas que gradan a areniscas gruesas (Fotografía 2.8).

La potencia mínima que posee la Formación Tubul corresponde a 102 m, para estimar esta longitud se considera la sección estratigráfica “Columna Cuesta P-40” (Pág. 142, Anexos) que es el afloramiento más extenso en el área de estudio.



Fotografía 2.8 Formación Tubul en contacto neto (línea segmentada en rojo), con la Formación Cañete.

2.2.3. Edad

Durante el Mioceno ocurre la Fase Quechua, una fase tectónica de compresión WNW-ESE (Lépez, 2002), que provoca la compresión de las unidades sedimentarias terciarias, sobre las cuales se depositan rocas de edad pliocena y pleisto-holocena de forma horizontal o subhorizontal. Este fenómeno queda ejemplificado entre la Formación Ranquil y la Formación

Tubul que están en contacto mediante una discordancia angular, aquello permite asegurar que la Formación Tubul se depositó posteriormente a esta fase.

Con respecto a la fauna fósil hallada en los afloramientos (vista con mayor detalle en el capítulo de Análisis Tafonómico, Pág. 40), no se halló ningún ejemplar que se pueda utilizar como fósil guía, ya que las especies estudiadas todavía pueden ser encontradas en la actualidad en sectores como el Golfo de Ancud, Golfo Corcovado, Boca del Guafo, Archipiélago de los Chonos, Estrecho de Magallanes y Canal Beagle (Aldea y otros, 2011; Cárdenas y otros, 2008; Frassinetti y Covacevich, 1995; Osorio y otros, 2005; Zelaya y Gordillo, 2011)

En trabajos anteriores como los de Brüggén (1934 en Brüggén, 1950), Tavera (1942 en Pineda, 1983) y Feruglio (1949), asignan mediante el estudio de la macrofauna de la Formación Tubul una edad correspondiente a Plioceno. Martínez y Osorio (1968) identifican la microfauna de la base de la Formación Tubul, así establecen que las rocas pertenecen al Plioceno Medio. Martínez (1976), halla una especie de foraminífero llamado *Spharoidinella dehiscens dehiscens*, en la Caleta Huetón, su presencia conjunta con *Globorotaria crassaformis*, permite datar las rocas y designarlas al Plioceno Superior. Pineda (1983, 1986), determina que la Formación Tubul es de edad Plioceno mediante la microfauna existente en el área y de un estudio estructural de la zona. Rojas (2000) analiza foraminíferos de la secuencia basal de la Formación Tubul, encuentra el espécimen *Sphaeroiderella deshicens*, que le permite otorgar a la base una edad de 4,8 ma (Plioceno Inferior). Nielsen y Valdovinos (2006), realizan una datación de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ a partir de la concha de una *Zygochlamys patagonica* que da como resultado una edad correspondiente al Plioceno temprano. Sin embargo, data no publicada citada por Nielsen y Valdovinos (2008) sugiere que la Formación Tubul podría pertenecer al Pleistoceno.

En base a los datos aportados por los trabajos anteriores es posible determinar que la secuencia siliciclástica semiconsolidada correspondiente a la Formación Tubul pertenece al Plioceno. Sin embargo, la data no publicada obtenida por Nielsen y Valdovinos (2008), he informada a través de Nielsen (comunicación personal, 2018) permite establecer la edad al Plio-Pleistoceno.

2.2.4. Ambiente de sedimentación

La Formación Tubul está conformada por rocas de tamaño fino, correspondientes a areniscas finas, limolitas arenosas y cuya gradación disminuye levemente hacia el techo con fangolitas arenosas y arcillolitas arenosas; también se caracteriza por ser una sucesión siliciclástica masiva, donde no hay estructuras sedimentarias, a excepción de unos cuantos metros ubicados en la base de la secuencia en la cual se observa laminación paralela entre limolitas arenosas y areniscas muy finas. Además contiene principalmente depósitos de bivalvos fósiles, compuestos mayoritariamente por *Zygochlamys Patagonica*, distribuidos en capas y cúmulos que pueden ser interpretados como producto de la aglomeración de elementos durante periodos de tormenta o de oleaje fuerte, ya que estos se encuentran fragmentados en distintos grados (capítulo de Análisis Tafonómico, Pág. 40), desarticulados y sin ninguna orientación específica; aunque también existen fósiles que están en posición de vida, como algunos ejemplares de *Retrotapes exalbidus*. La presencia de equinoideos y decápodos en muy buen estado de conservación, habla de que existe una excelente preservación en la formación que está dada por las características del sedimento fino en el cual están conservados los fósiles. En general la formación está fuertemente bioturbada por icnofósiles indeterminados de tamaño pequeño, y en menor cantidad hay trazas de *Ophiomorpha* y *Thalassinoides*.

El conjunto de las características mencionadas anteriormente permite determinar que el ambiente sedimentario en el cual se depositó la Formación Tubul corresponde a una zona costera dominada por el oleaje, específicamente al *shoreface* inferior (Figura 2.2). El *shoreface* corresponde a la parte más distal de la playa, sus límites están ubicados entre la zona de baja marea y el nivel base del oleaje durante el buen tiempo (Arche, 2010), la profundidad que puede alcanzar este sector va entre los 5 y 20 m, aunque ésta es variable dependiendo del tamaño de las olas (Nichols, 2009). Esta zona, pasa de forma gradual a la plataforma interna (*offshore*). La parte inferior del *shoreface* está compuesta por sedimento correspondiente a arena fina o limo, presenta estructuras como laminación paralela y *ripples*, durante periodos de tormenta se pueden formar capas de bivalvos y estratificación cruzada Hummocky, además tiene bioturbación abundante (salvo en períodos de tormenta) que ocasionalmente llegan a borrar las estructuras anteriores (Arche, 2010; Posaminter y Walker, 2006). Además la concurrencia de trazas de *Thalassinoide* y

Ophiomorpha suelen indicar ambientes marinos costeros, playas arenosas y zonas de transición entre el *shoreface* y el *offshore* (Frey y Pemberton, 1984).

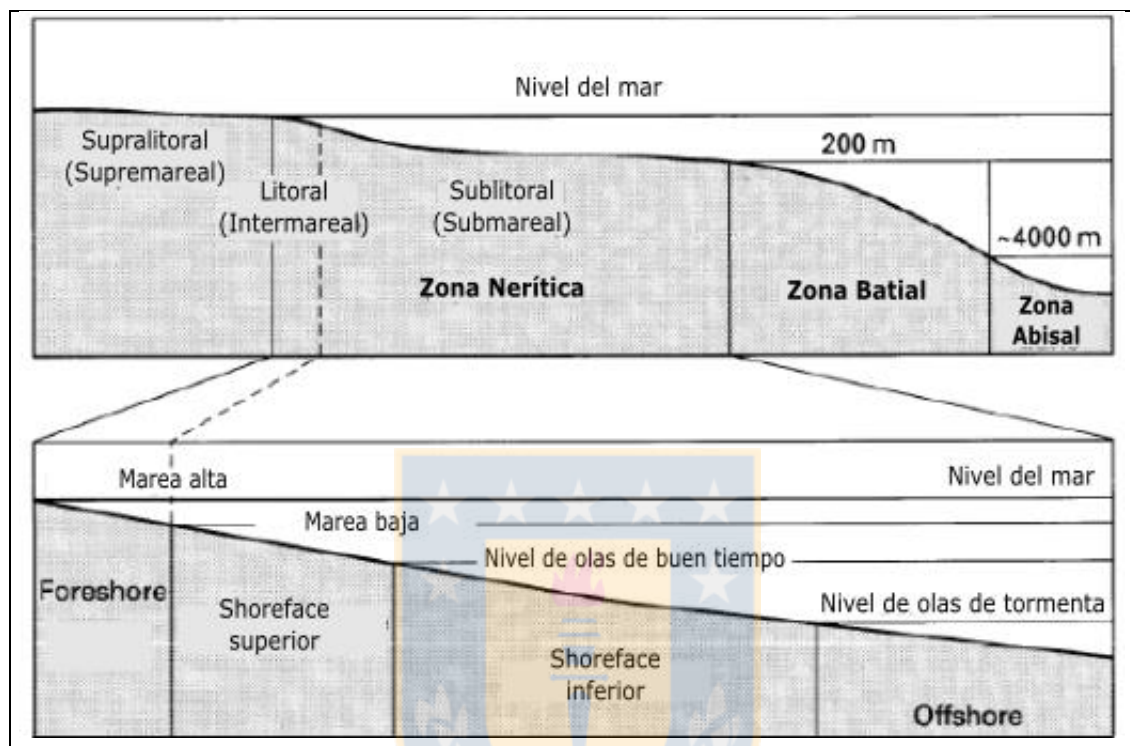


Figura 2.2 Divisiones de la zona costera dominada por el oleaje.

La presencia de litología fina, tal como, limolitas arenosas y areniscas finas en las columnas de Contacto Ranquil-Tubul, Caleta Tubul, Acantilado Sector Las Peñas, Cuesta P-40 y Corte de camino Ruta O-322; además el conjunto de trazas fósiles y las acumulaciones de moluscos en capas y cúmulos vistos en Caleta Tubul, Acantilado Sector Las Peñas y Cuesta P-40, permiten asignar el ambiente de sedimentación al *shoreface* inferior de una costa dominada por el oleaje. La carencia de estructuras sedimentarias en la formación puede haber sido provocada por la intensa bioturbación que hay en las rocas y a la escasez de fuertes tormentas que generen capas de areniscas de grano más grueso con Estratificación Cruzada Hummocky (Encinas, comunicación personal, 2018). Por otra parte, el conjunto fosilífero permite establecer que durante el Plio-Pleistoceno la temperatura del agua era mucho más fría que la actual, ya que la misma fauna puede ser hallada actualmente en latitudes más australes.

3. ANÁLISIS TAFONÓMICO

3.1. GENERALIDADES

La tafonomía, como ya se definió en el subcapítulo 1.7, estudia el proceso de transición de los organismos desde su muerte a la diagénesis. Para este trabajo se extrajeron mediante una sierra eléctrica 7 bloques orientados de 40x40 cm, representativos de las concentraciones de la fauna fósil ubicadas a lo largo de la base del Acantilado Costero del Sector Las Peñas (Figura 3.1).

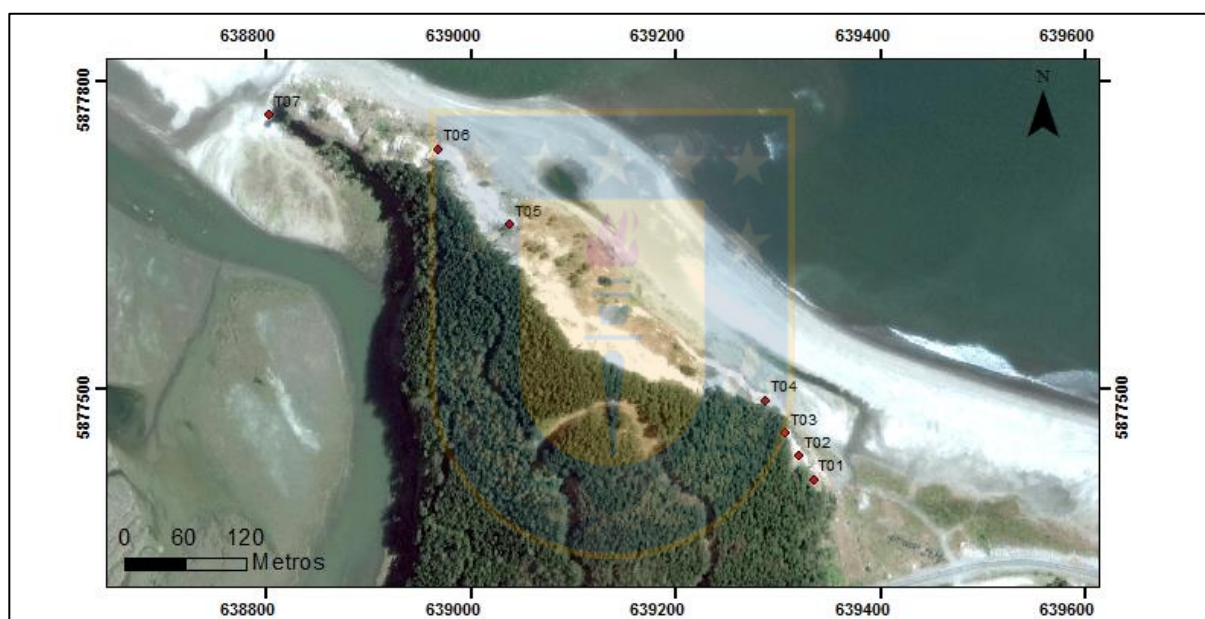


Figura 3.1 Punta Las Peñas, los polígonos en rojo indican los puntos donde se extrajeron los bloques.

A partir de estos bloques se realiza la caracterización tafonómica, según la metodología vista anteriormente en el capítulo 1.7, de las distintas concentraciones fósiles.

3.2. SISTEMÁTICA DE LA FAUNA FÓSIL DE LA FORMACIÓN TUBUL

En total se analizaron 1692 fósiles (Figura 3.2), el 54,02% corresponde a *Zygochlamys patagónica*, el 8,33% a *Retrotapes exalbidus*, 8,33% a Equinodea indet., 6,03% a *Cyclocardia velutinus*, 4,96% a *Tindariopsis sulculata*, 4,96% a Bivalvos indet. (incluye fragmentos muy pequeños o muy alterados que no se pudieron determinar), 2,84% a Decapoda indet., 2,78% a

Serpúlido indet., 2,42% a Gastropoda indet., 2,19% a Indeterminados (elementos que no se logró clasificar dentro de ninguna clase u orden), 0,65% a *Malletia chilensis*, 0,65% a *Pandora cistula*, 0,59% a *Ennucula grayi*, 0,35% a *Scaphander interruptus*, 0,30% a *Bela paesleri*, 0,24% a *Xynomenopsis* cf. *dispar*, 0,12% a *Fusitron magellanicus*, 0,12% *Nassarius taeniolatus*, 0,06% a *Capulus compressus* y 0,06% a *Magellania venosa*.

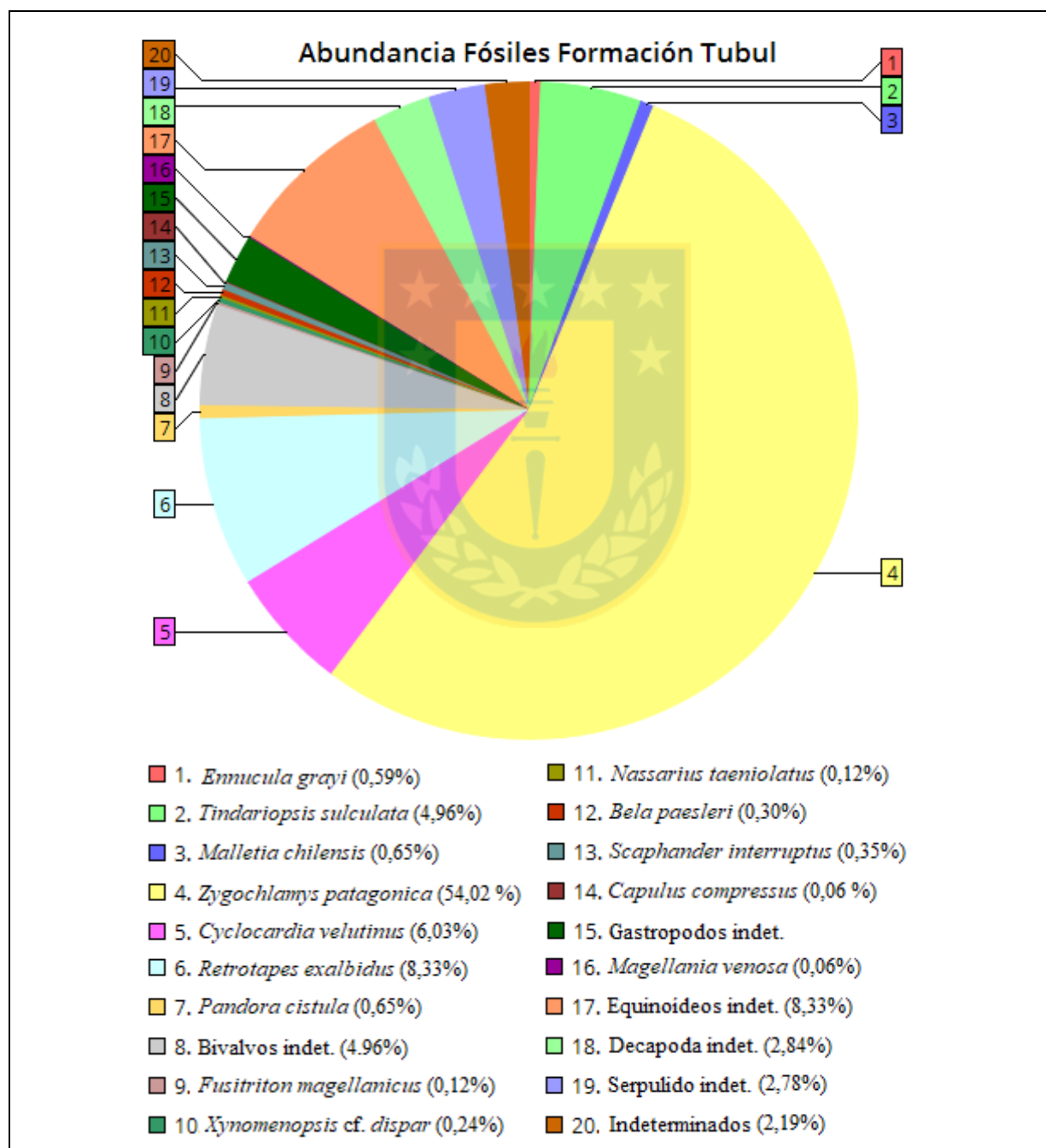


Figura 3.2

Gráfico circular de la abundancia fosilífera de la Formación Tubul.

A continuación se detalla la sistemática y se describen los fósiles, para medir las dimensiones de éstos, se utiliza como referencia la Figura 3.3.

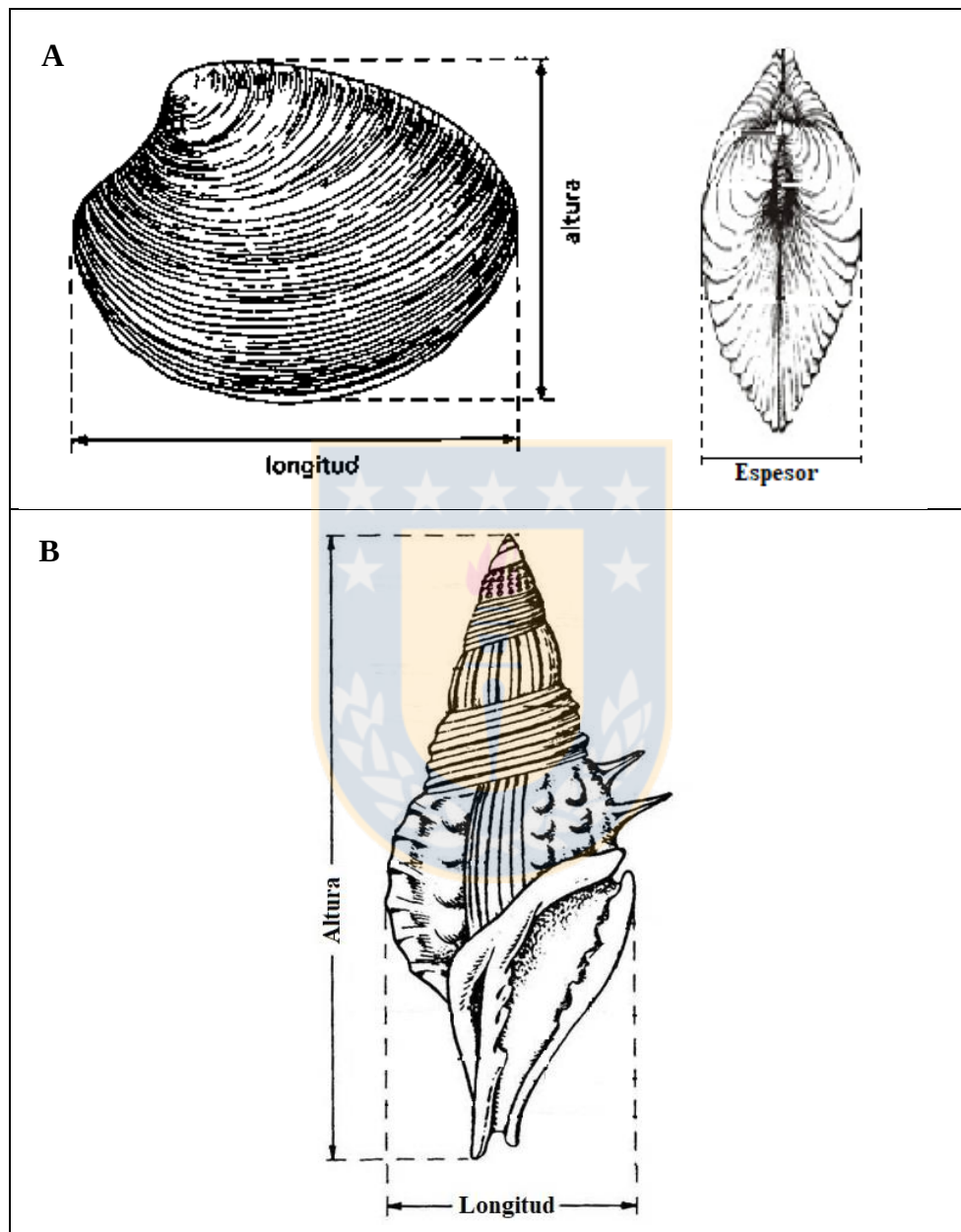


Figura 3.3 Medidas. A: Bivalvos. B: Gastropodos.

Los ejemplares estudiados son los siguientes:

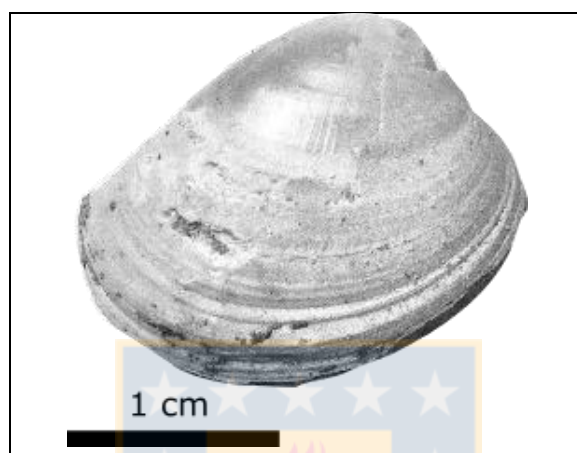
Phylum Mollusca LINNAEUS, 1758

Clase Bivalvia LINNAEUS, 1758

Familia Nuculidae GRAY, 1824

Género *Ennucula* IREDALE, 1931

Ennucula grayi (d'ORBIGNY, 1846). Fotografía 3.1.



Fotografía 3.1 Valva izquierda del ejemplar *Ennucula grayi* (T1-10).

Material examinado: 10 ejemplares (Bloque T1: 1. Bloque T4: 5. Bloque T5: 3. Bloque T7: 1).

Medidas: En la tabla 3.1 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.1 Dimensiones en mm de los fósiles de *Ennucula grayi*.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T1-10	17	21	-
T4- 53.3	13	12	-
T4-78.1	4	10	-
T4-78.2	7	10	-
T4-89	14	14	-
T4-90	15	16	-
T5-19.1	10	10	-
T5-19.2	15	14	-
T5-19.3	11	14	-
T7-03	10	10	-

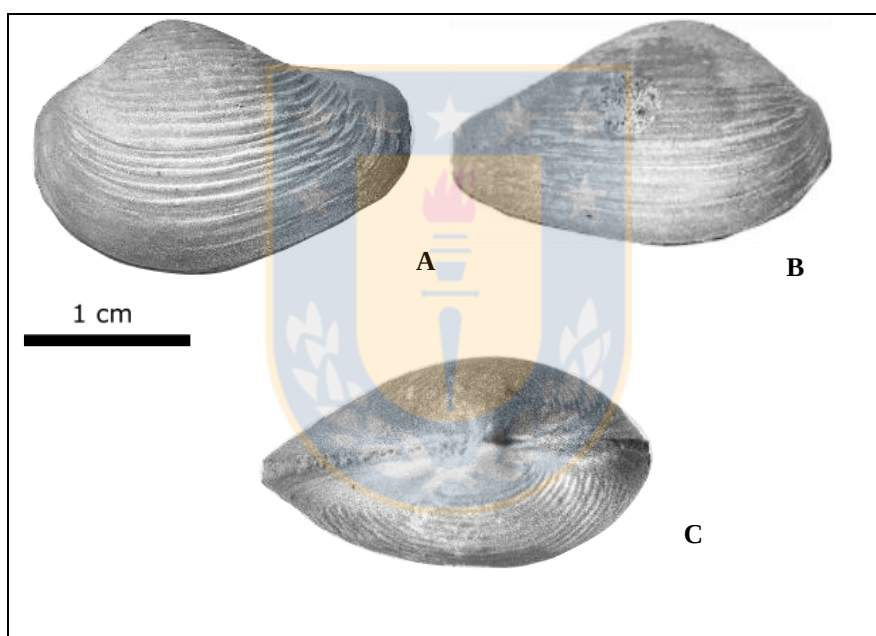
Descripción: Concha subovalada a ovalada, inflada de color blanco con finas líneas de crecimiento en la superficie, su interior es anacarado. El extremo posterior es más oblicuo que el extremo anterior, el margen dorsal anterior es curvo, mientras que el posterior es recto. Tiene un

umbo opistogiro. La charnela posee 9-19 dientes anteriores y 3-9 posteriores (Osorio y Reid, 2004; Cárdenas y otros, 2008).

Ocurrencia y/o distribución: En la actualidad desde Coquimbo a la Región de Magallanes (Cárdenas y otros. 2008), y en el Plio-Pleistoceno desde Arauco a la Isla Guafo (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio se encontraron ejemplares solo en los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

Género *Tindariopsis* VERRILL y BUSH, 1897

Tindariopsis sulculata (GOULD, 1852). Fotografía 3.2.



Fotografía 3.2 *Tindariopsis sulculata* (T6-65). **A:** Valva derecha. **B:** Valva izquierda. **C:** Vista dorsal.

Material examinado: 84 ejemplares (Bloque T3: 9. Bloque T6: 75)

Medidas: En la Tabla 3.2 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.2 Dimensiones en mm de los fósiles de *Tindariopsis sulculata*.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor	Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T3-46.1	9	10	-	T3-60.231	8	10	-
T3-52.1	4	7	-	T3-60.232	4	6	-
T3-52.2	8	9	-	T3-60.233	7	11	-
T3-52.3	6	9	-	T3-60.234	7	11	-

Tabla 3.2 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor	Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T3-60.235	10	15	-	T6-63.38	4	6	-
T6-63.1	4	6	-	T6-63.39	4	5	-
T6-63.2	7	11	-	T6-63.40	7	11	-
T6-63.3	7	11	-	T6-63.41	4	9	-
T6-63.4	10	15	-	T6-63.42	4	4	-
T6-63.5	8	11	-	T6-63.43	5	8	-
T6-63.6	7	11	-	T6-63.44	8	11	-
T6-63.7	8	9	-	T6-63.45	10	14	-
T6-63.8	9	13	-	T6-63.46	7	12	-
T6-63.9	6	9	-	T6-63.47	4	9	-
T6-63.10	7	11	-	T6-63.48	4	8	-
T6-63.11	6	12	-	T6-63.49	5	8	-
T6-63.12	9	11	-	T6-63.50	5	9	-
T6-63.13	10	12	-	T6-63.51	5	9	-
T6-63.14	5	9	-	T6-63.52	4	5	-
T6-63.15	8	10	-	T6-63.53	4	4	-
T6-63.16	4	11	-	T6-63.54	7	10	-
T6-63.17	6	10	-	T6-63.55	1	2	-
T6-63.18	8	12	-	T6-63.56	4	8	-
T6-63.19	7	10	-	T6-63.57	5	10	-
T6-63.20	5	11	-	T6-63.58	5	8	-
T6-63.21	2	5	-	T6-63.59	3	7	-
T6-63.22	3	8	-	T6-63.60	5	12	-
T6-63.23	2	4	-	T6-63.61	5	6	-
T6-63.24	1	5	-	T6-63.62	4	5	-
T6-63.25	7	9	-	T6-63.63	3	6	-
T6-63.26	6	12	-	T6-63.64	4	5	-
T6-63.27	9	11	-	T6-63.65	3	6	-
T6-63.28	5	6	-	T6-65	16	24	11
T6-63.29	4	9	-	T6-90.32	5	7	-
T6-63.30	8	10	-	T6-90.33	3	7	-
T6-63.31	8	10	-	T6-90.34	6	7	-
T6-63.32	5	10	-	T6-90.35	5	8	-
T6-63.33	8	11	-	T6-94.1	11	16	7
T6-63.34	5	8	-	T6-94.2	7	13	6
T6-63.35	7	9	-	T6-94.3	8	12	4
T6-63.36	6	11	-	T6-94.4	4	8	3
T6-63.37	4	10	-	T6-94.5	6	10	5

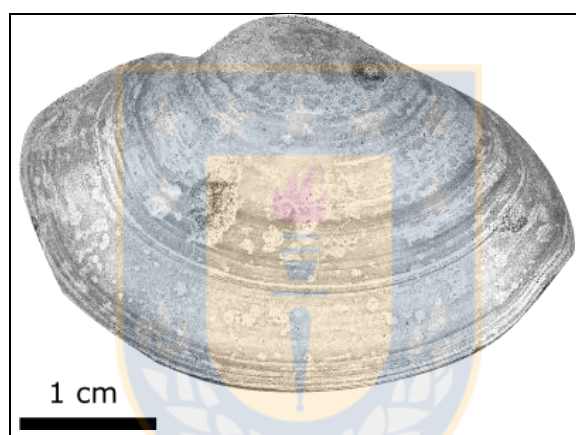
Descripción: Concha de color blanco a marrón grisáceo claro, sólida, triangular e inflada. En la superficie presenta costillas concéntricas regulares, fuertes y marcadas en la superficie. Margen posterior rostrado (puntiagudo o agudo) y la parte dorsal anterior es oblicua y ligeramente recta. El umbo es saliente y levemente prosogiro. Mientras que la charnela posee dientes pequeños, 11 anteriores y 16 posteriores (Osorio y Reid, 2004; Cárdenas y otros, 2008).

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente desde Talcahuano hasta el Estrecho de Magallanes y en el Plio-Pleistoceno desde Arauco a la Isla Guambelín (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio pueden ser encontrados tanto en el Acanalado Costero del Sector Las Peñas, Caleta Tubul y en la Cuesta P-40.

Familia Malletiidae ADAMS y ADAMS, 1858

Género *Malletia* MOULINS, 1832

Malletia chilensis MOULINS, 1832. Fotografía 3.3.



Fotografía 3.3 Valva izquierda del ejemplar *Malletia chilensis* (T6-87).

Material examinado: 11 ejemplares (Bloque T4: 8. Bloque T5: 1. Bloque T6: 2).

Medidas: En la Tabla 3.3 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.3 Dimensiones en mm de los fósiles de *Malletia chilensis*.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T4-79	19	-	-
T4-80.1	15	21	-
T4-80.2	22	20	-
T4-80.3	20	24	-
T4-81.1	16	15	-
T4-81.2	23	19	-
T4-81.3	19	23	-
T4-91	20	20	-
T5-22	16	13	-
T6-86	22	31	-
T6-87	26	40	-

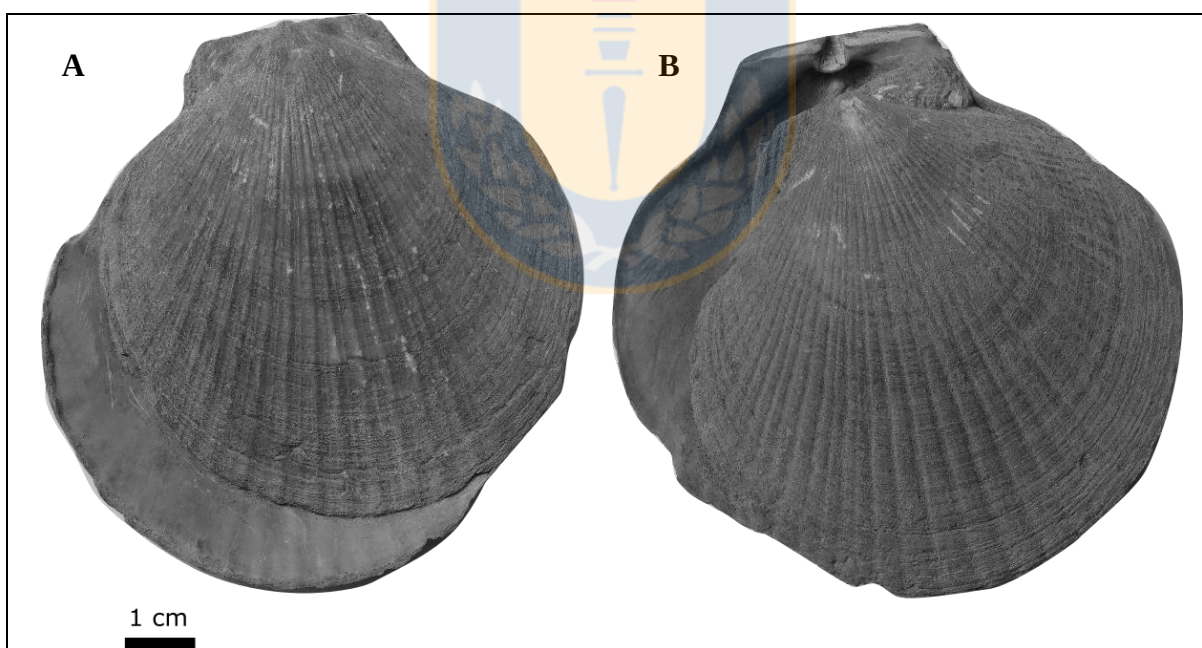
Descripción: Concha delgada, comprimida y transversalmente alargada. Superficie con estrías radiales delicadas y líneas de crecimiento concéntricas débiles. El umbo es levemente opistogiro. El extremo posterior es redondeado, y el anterior está ligeramente truncado. Posee una charnela casi recta con 3-7 dientes anteriores y 14-40 posteriores (Cárdenas y otros, 2008).

Ocurrencia y/o distribución: En la actualidad desde Coquimbo a la Región de Magallanes, y en el Plio-Pleistoceno desde Arauco a la Isla Guambelín (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio es posible encontrarla en los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas y en la Caleta Tubul.

Familia Pectinidae RAFINESQUE, 1815

Género *Zygochlamys* IHERING, 1907

Zygochlamys patagonica (KING y BRODERIP, 1832). Fotografía 3.4.



Fotografía 3.4

Individuo adulto de *Zygochlamys patagonica* (T4-55.3), posee ambas valvas aunque los umbos se encuentran desplazados por unos pocos milímetros. **A:** Valva izquierda. **B:** Valva derecha.

Material examinado: 914 ejemplares (Bloque T1: 10. Bloque T2: 242. Bloque T3: 386. Bloque T4: 188. Bloque T5: 58. Bloque T6: 13. Bloque T7: 17).

Medidas: En la Tabla 3.04 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.4 Dimensiones en mm de los fósiles de *Zygochlamys patagonica*.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T1-02	11	9	T2-21.4	17	16
T1-03	16	14	T2-21.5	18	17
T1-04	50	46	T2-21.6	12	11
T1-05	56	52	T2-21.7	10	9
T1-06	78	72	T2-21.8	15	14
T1-07.1	55	53	T2-21.9	22	16
T1-07.2	79	83	T2-22.1	15	17
T1-08.1	75	73	T2-22.2	28	25
T1-08.2	39	36	T2-22.3	11	9
T1-18.2	11	10	T2-22.4	35	26
T2-01.1	15	14	T2-22.5	12	22
T2-01.2	35	34	T2-22.6	7	11
T2-01.3	40	36	T2-22.7	6	6
T2-01.4	20	18	T2-22.8	47	18
T2-01.5	8	10	T2-22.9	43	50
T2-01.6	48	50	T2-23.1	40	34
T2-01.7	46	44	T2-24.1	6	9
T2-01.8	14	12	T2-24.2	4	8
T2-01.9	10	11	T2-24.3	13	15
T2-01.10	16	15	T2-24.4	13	12
T2-02	53	50	T2-24.5	9	11
T2-03	55	51	T2-24.6	10	11
T2-04.1	35	30	T2-24.7	5	4
T2-04.2	49	48	T2-24.8	5	5
T2-04.3	16	17	T2-24.9	5	9
T2-05.1	15	15	T2-24.10	4	6
T2-05.2	15	17	T2-24.11	4	5
T2-05.3	18	19	T2-24.12	9	8
T2-06.1	15	16	T2-24.13	15	6
T2-07	12	11	T2-24.14	6	7
T2-08	9	8	T2-24.15	4	8
T2-09.1	18	16	T2-24.16	9	8
T2-09.2	12	11	T2-24.17	7	5
T2-10.1	17	18	T2-24.18	6	11
T2-11	13	10	T2-24.19	5	11
T2-12	14	15	T2-24.20	6	9
T2-13.1	15	17	T2-24.21	6	8
T2-13.2	12	7	T2-24.22	10	4
T2-14	18	20	T2-24.23	9	6
T2-15	18	19	T2-24.24	7	11
T2-16	19	19	T2-24.25	19	7
T2-17	16	17	T2-24.26	9	5
T2-18	14	15	T2-24.27	13	8
T2-19	15	15	T2-24.28	3	4
T2-20.1	20	18	T2-24.29	8	3
T2-20.2	17	16	T2-24.30	3	2
T2-20.3	16	15	T2-24.31	7	15
T2-20.4	15	14	T2-24.32	12	3
T2-21.1	16	17	T2-24.33	7	5
T2-21.2	16	17	T2-24.34	8	5
T2-21.3	17	17	T2-24.35	12	10

Tabla 3.4 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T2-24.36	8	7	T2-33.19	13	17
T2-24.37	7	8	T2-33.20	12	12
T2-24.38	12	17	T2-33.21	15	13
T2-24.39	10	10	T2-33.22	11	7
T2-24.40	10	11	T2-33.23	8	9
T2-24.41	6	10	T2-33.24	20	25
T2-24.42	7	7	T2-33.25	20	13
T2-24.43	3	7	T2-33.26	26	10
T2-24.44	14	18	T2-33.27	8	9
T2-24.45	16	17	T2-33.28	18	15
T2-24.46	13	14	T2-33.29	15	9
T2-24.47	7	9	T2-33.30	20	23
T2-24.48	6	9	T2-33.31	10	6
T2-24.49	3	12	T2-33.32	10	15
T2-24.50	13	20	T2-33.33	33	9
T2-24.51	14	15	T2-33.34	8	11
T2-24.52	8	25	T2-33.35	10	10
T2-24.53	4	10	T2-33.36	13	20
T2-24.54	6	8	T2-33.37	11	17
T2-24.55	6	7	T2-33.38	20	10
T2-24.56	12	11	T2-33.39	15	17
T2-24.57	12	15	T2-33.40	11	10
T2-24.58	10	7	T2-33.41	9	23
T2-24.59	8	6	T2-33.42	6	7
T2-24.60	10	10	T2-33.43	11	5
T2-25.1	16	11	T2-33.44	12	4
T2-25.2	9	11	T2-33.45	14	20
T2-25.3	15	6	T2-33.46	12	18
T2-25.4	12	8	T2-33.47	16	18
T2-25.5	9	12	T2-33.48	3	4
T2-25.6	4	5	T2-33.49	39	40
T2-25.7	4	11	T2-33.50	19	20
T2-25.8	18	7	T2-33.51	18	18
T2-33.1	39	40	T2-33.52	16	17
T2-33.2	46	27	T2-33.53	14	15
T2-33.3	3	14	T2-33.54	16	16
T2-33.4	3	16	T2-34.1	21	18
T2-33.5	30	53	T2-34.2	18	16
T2-33.6	39	32	T2-34.3	16	15
T2-33.7	15	16	T2-34.4	15	14
T2-33.8	12	10	T2-34.5	54	51
T2-33.9	25	24	T2-34.6	54	51
T2-33.10	14	24	T2-34.7	34	32
T2-33.11	21	24	T2-34.8	48	47
T2-33.12	29	10	T2-34.9	30	31
T2-33.13	54	43	T2-34.10	16	14
T2-33.14	30	22	T2-34.11	15	17
T2-33.15	23	25	T2-34.12	17	17
T2-33.16	15	38	T2-34.13	18	17
T2-33.17	24	30	T2-34.14	17	18
T2-33.18	10	21	T2-34.15	18	17

Tabla 3.4 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T2-34.16	13	12	T3-04.2	60	55
T2-34.17	11	10	T3-05	60	62
T2-34.18	16	15	T3-06.1	47	40
T2-34.19	6	9	T3-06.2	58	55
T2-34.20	7	6	T3-06.3	40	39
T2-34.21	8	5	T3-06.4	35	32
T2-34.22	10	8	T3-07	45	44
T2-34.23	11	6	T3-08	63	63
T2-34.24	5	7	T3-09	33	30
T2-34.25	5	6	T3-10	49	44
T2-34.26	10	7	T3-11	12	15
T2-34.27	7	9	T3-12	34	11
T2-34.28	7	12	T3-13	32	15
T2-34.29	8	11	T3-18	65	66
T2-34.30	8	9	T3-19.1	17	16
T2-34.31	7	9	T3-19.2	20	13
T2-34.32	11	5	T3-19.3	42	30
T2-34.33	48	47	T3-19.4	40	24
T2-34.34	30	31	T3-19.5	40	23
T2-34.35	16	14	T3-19.6	8	20
T2-34.36	32	15	T3-19.7	15	9
T2-34.37	11	10	T3-20.1	46	25
T2-34.38	33	32	T3-20.2	22	30
T2-34.39	47	46	T3-21.1	32	23
T2-34.40	11	9	T3-21.2	22	15
T2-34.41	47	44	T3-22	50	50
T2-34.42	15	13	T3-23	46	23
T2-34.43	11	10	T3-24.1	44	52
T2-34.44	18	16	T3-24.2	10	11
T2-34.45	56	54	T3-25.1	45	25
T2-34.46	56	53	T3-25.2	24	17
T2-34.47	37	33	T3-25.3	28	31
T2-34.48	50	48	T3-25.4	21	25
T2-34.49	8	10	T3-26.1	10	13
T2-34.50	9	8	T3-26.2	20	16
T2-34.51	10	10	T3-27	9	32
T2-34.52	11	9	T3-28.1	25	11
T2-34.53	30	28	T3-28.2	30	35
T2-34.54	38	35	T3-29.1	32	10
T2-34.55	40	41	T3-29.2	14	9
T2-34.56	26	24	T3-29.3	10	8
T2-34.57	30	20	T3-30	20	29
T2-34.58	11	10	T3-31.1	24	10
T2-34.59	20	22	T3-31.2	30	26
T2-34.60	47	46	T3-32.1	20	18
T2-34.61	10	9	T3-33.1	20	20
T2-34.62	48	44	T3-33.2	54	28
T2-34.63	16	17	T3-33.3	46	45
T3-02	50	54	T3-33.4	64	55
T3-03	64	60	T3-34	25	14
T3-04.1	54	50	T3-35	16	30

Tabla 3.4 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T3-36.1	6	20	T3-55.40	10	7
T3-36.2	18	24	T3-55.41	20	10
T3-37	27	12	T3-55.42	24	30
T3-38	10	15	T3-55.43	8	13
T3-39	10	16	T3-55.44	18	12
T3-40.1	15	10	T3-55.45	6	9
T3-41.1	20	10	T3-55.46	9	15
T3-42	12	17	T3-55.47	11	8
T3-43.1	20	17	T3-55.48	14	13
T3-43.2	10	18	T3-55.49	12	18
T3-44	10	18	T3-55.50	10	12
T3-45	48	55	T3-55.51	4	11
T3-55.1	9	10	T3-55.52	3	17
T3-55.2	8	8	T3-55.53	10	10
T3-55.3	6	6	T3-55.54	8	16
T3-55.4	12	7	T3-55.55	4	8
T3-55.5	15	14	T3-55.56	4	10
T3-55.6	7	9	T3-55.57	4	15
T3-55.7	6	15	T3-55.58	8	7
T3-55.8	10	27	T3-55.59	7	8
T3-55.9	10	14	T3-55.60	4	13
T3-55.10	14	10	T3-55.61	13	16
T3-55.11	12	17	T3-55.62	25	17
T3-55.12	16	13	T3-55.63	4	5
T3-55.13	4	6	T3-55.64	5	8
T3-55.14	5	8	T3-55.65	4	7
T3-55.15	13	9	T3-55.66	7	8
T3-55.16	10	8	T3-55.67	5	8
T3-55.17	13	6	T3-55.68	17	13
T3-55.18	5	6	T3-55.69	10	15
T3-55.19	8	8	T3-55.70	7	4
T3-55.20	7	15	T3-55.71	8	7
T3-55.21	9	14	T3-55.72	5	9
T3-55.22	15	10	T3-55.73	14	19
T3-55.23	16	14	T3-55.74	8	10
T3-55.24	3	6	T3-55.75	5	10
T3-55.25	5	8	T3-55.76	7	10
T3-55.26	16	9	T3-55.77	10	10
T3-55.27	10	9	T3-55.78	16	8
T3-55.28	12	6	T3-55.79	14	8
T3-55.29	14	15	T3-55.80	18	10
T3-55.30	10	30	T3-55.81	15	10
T3-55.31	10	12	T3-55.82	10	5
T3-55.32	7	9	T3-55.83	8	6
T3-55.33	17	15	T3-55.84	5	8
T3-55.34	12	5	T3-55.85	4	11
T3-55.35	16	11	T3-55.86	5	10
T3-55.36	14	17	T3-55.87	4	10
T3-55.37	6	12	T3-55.88	10	15
T3-55.38	28	29	T3-55.89	6	12
T3-55.39	8	11	T3-55.90	5	10

Tabla 3.4 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T3-60.1	4	7	T3-60.52	15	15
T3-60.2	9	5	T3-60.53	40	45
T3-60.3	6	10	T3-60.54	30	40
T3-60.4	12	6	T3-60.55	24	10
T3-60.5	7	8	T3-60.56	25	20
T3-60.6	5	5	T3-60.57	35	32
T3-60.7	9	6	T3-60.58	10	11
T3-60.8	58	58	T3-60.59	20	40
T3-60.9	44	33	T3-60.60	10	20
T3-60.10	35	25	T3-60.61	25	25
T3-60.11	30	34	T3-60.62	30	35
T3-60.12	17	45	T3-60.63	41	40
T3-60.13	33	40	T3-60.64	50	48
T3-60.14	48	50	T3-60.65	46	38
T3-60.15	43	23	T3-60.66	42	38
T3-60.16	44	52	T3-60.67	25	25
T3-60.17	40	35	T3-60.68	20	26
T3-60.18	20	16	T3-60.69	29	27
T3-60.19	15	38	T3-60.70	51	50
T3-60.20	26	13	T3-60.71	40	39
T3-60.21	36	20	T3-60.72	50	48
T3-60.22	16	16	T3-60.73	25	20
T3-60.23	10	7	T3-60.74	30	31
T3-60.24	22	32	T3-60.75	10	11
T3-60.25	26	12	T3-60.76	60	61
T3-60.26	23	25	T3-60.77	40	38
T3-60.27	24	24	T3-60.78	40	35
T3-60.28	30	16	T3-60.79	22	14
T3-60.29	20	32	T3-60.80	14	12
T3-60.30	8	20	T3-60.81	15	15
T3-60.31	16	29	T3-60.82	40	45
T3-60.32	32	12	T3-60.83	30	40
T3-60.33	17	20	T3-60.84	24	10
T3-60.34	13	10	T3-60.85	25	20
T3-60.35	22	10	T3-60.86	35	32
T3-60.36	13	18	T3-60.87	34	33
T3-60.37	19	21	T3-60.88	11	10
T3-60.38	22	13	T3-60.89	20	40
T3-60.39	15	19	T3-60.90	10	20
T3-60.40	10	26	T3-60.91	25	25
T3-60.41	10	8	T3-60.92	30	35
T3-60.42	14	3	T3-60.93	41	40
T3-60.43	17	19	T3-60.94	50	48
T3-60.44	20	9	T3-60.95	46	38
T3-60.45	11	20	T3-60.96	75	72
T3-60.46	10	6	T3-60.97	65	63
T3-60.47	60	61	T3-60.98	74	71
T3-60.48	40	38	T3-60.99	58	55
T3-60.49	40	36	T3-60.100	65	63
T3-60.50	22	14	T3-60.101	51	52
T3-60.51	12	10	T3-60.102	57	54

Tabla 3.4 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T3-60.103	60	58	T3-60.154	-	50
T3-60.104	46	44	T3-60.155	-	67
T3-60.105	54	51	T3-60.156	-	22
T3-60.106	60	58	T3-60.157	-	20
T3-60.107	60	62	T3-60.158	56	58
T3-60.108	47	40	T3-60.159	58	60
T3-60.109	58	55	T3-60.160	54	56
T3-60.110	41	40	T3-60.161	60	68
T3-60.111	38	33	T3-60.162	63	66
T3-60.112	46	44	T3-60.163	66	68
T3-60.113	63	63	T3-60.164	57	60
T3-60.114	45	38	T3-60.165	55	56
T3-60.115	66	67	T3-60.166	52	52
T3-60.116	65	63	T3-60.167	48	53
T3-60.117	26	43	T3-60.168	59	54
T3-60.118	-	60	T3-60.169	55	53
T3-60.119	-	58	T3-60.170	78	80
T3-60.120	-	40	T3-60.171	70	72
T3-60.121	-	34	T3-60.172	65	68
T3-60.122	-	45	T3-60.173	20	30
T3-60.123	-	66	T3-60.174	34	30
T3-60.124	-	33	T3-60.175	58	60
T3-60.125	-	22	T3-60.176	54	50
T3-60.126	-	33	T3-60.177	46	47
T3-60.127	-	66	T3-60.178	47	47
T3-60.128	-	45	T3-60.179	40	38
T3-60.129	-	55	T3-60.180	56	58
T3-60.130	-	56	T3-60.181	60	57
T3-60.131	-	32	T3-60.182	16	12
T3-60.132	-	48	T3-60.183	18	16
T3-60.133	-	50	T3-60.184	55	51
T3-60.134	-	65	T3-60.185	58	54
T3-60.135	-	48	T3-60.186	80	79
T3-60.136	-	44	T3-60.187	58	56
T3-60.137	-	46	T3-60.188	80	83
T3-60.138	-	65	T3-60.189	75	73
T3-60.139	-	56	T3-60.190	40	38
T3-60.140	-	54	T3-60.191	45	43
T3-60.141	-	58	T3-60.192	73	85
T3-60.142	-	48	T3-60.193	64	73
T3-60.143	-	47	T3-60.194	55	58
T3-60.144	-	56	T3-60.195	57	59
T3-60.145	-	54	T3-60.196	60	61
T3-60.146	-	52	T3-60.197	64	62
T3-60.147	-	78	T3-60.198	45	35
T3-60.148	-	52	T3-60.199	35	39
T3-60.149	-	36	T3-60.200	44	45
T3-60.150	-	24	T3-60.201	36	40
T3-60.151	-	46	T3-60.202	48	50
T3-60.152	-	54	T3-60.203	45	50
T3-60.153	-	60	T3-60.204	54	60

Tabla 3.4 Continúa.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T3-60.205	46	53	T4-23	69	67
T3-60.206	25	36	T4-24	56	57
T3-60.207	35	38	T4-25	50	44
T3-60.208	26	33	T4-26	71	72
T3-60.209	38	40	T4-27	62	60
T3-60.210	-	65	T4-28	69	67
T3-60.211	-	48	T4-29	48	47
T3-60.212	-	54	T4-30	57	54
T3-60.213	-	25	T4-31	56	54
T3-60.214	-	54	T4-32	60	58
T3-60.215	-	46	T4-33	18	16
T3-60.216	-	43	T4-34	50	47
T3-60.217	-	40	T4-35	62	59
T3-60.218	-	53	T4-36	71	69
T3-60.219	-	68	T4-37	62	72
T3-60.220	-	44	T4-38.1	61	60
T3-60.221	-	52	T4-38.2	20	40
T3-60.222	-	67	T4-39	30	38
T3-60.223	-	36	T4-40	50	23
T3-60.224	-	50	T4-41	16	28
T3-60.225	52	48	T4-42	37	42
T3-60.226	65	62	T4-43	30	28
T3-60.227	74	70	T4-44	39	28
T3-60.228	57	54	T4-45	26	24
T3-60.229	80	85	T4-46	9	32
T3-60.230	55	57	T4-47	16	35
T4-01	55	54	T4-48	20	30
T4-02	53	52	T4-49	14	50
T4-03	48	46	T4-50.1	19	31
T4-04	58	58	T4-50.2	22	11
T4-05	55	56	T4-50.3	13	22
T4-06.1	58	57	T4-50.4	12	30
T4-06.2	28	26	T4-50.5	14	13
T4-07	8	7	T4-50.6	15	14
T4-08.1	22	20	T4-50.7	26	13
T4-08.2	55	54	T4-50.8	12	22
T4-09.1	55	54	T4-50.9	22	12
T4-09.2	21	20	T4-50.10	16	18
T4-09.3	19	18	T4-51	10	13
T4-10	25	24	T4-52	12	10
T4-11	26	25	T4-53.7	20	41
T4-12	58	54	T4-53.8	50	53
T4-13	57	59	T4-53.9	61	63
T4-14	59	60	T4-53.10	48	53
T4-16	21	20	T4-53.11	74	71
T4-17	55	54	T4-53.12	42	52
T4-18	49	47	T4-53.13	70	70
T4-19	60	57	T4-53.14	48	43
T4-20	66	68	T4-53.15	52	53
T4-21	54	52	T4-53.16	64	41
T4-22	44	42	T4-53.17	67	64

Tabla 3.4 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T4-53.18	64	28	T4-77.22	12	11
T4-53.19	64	35	T4-77.23	11	14
T4-54.1	62	41	T4-77.24	72	80
T4-54.2	58	58	T4-77.25	32	49
T4-55.1	57	54	T4-77.26	30	58
T4-55.2	51	49	T4-77.27	70	64
T4-55.3	68	70	T4-77.28	22	20
T4-56.4	58	58	T4-102	21	35
T4-56.5	54	56	T4-103.1	54	56
T4-57.1	47	50	T4-103.2	60	61
T4-57.2	64	53	T4-103.3	67	71
T4-57.3	60	49	T4-103.4	78	75
T4-57.4	55	58	T4-103.5	55	50
T4-57.5	29	26	T4-103.6	51	57
T4-57.6	23	13	T4-103.7	70	62
T4-57.7	27	24	T4-103.8	40	52
T4-57.8	10	13	T4-103.9	56	46
T4-57.9	39	39	T4-103.10	71	75
T4-58.1	18	16	T4-103.11	65	63
T4-58.2	22	22	T4-103.12	45	60
T4-58.3	64	64	T4-103.13	33	40
T4-59	57	54	T4-103.14	45	55
T4-60.1	61	60	T4-103.15	62	65
T4-60.2	53	50	T4-103.16	83	83
T4-60.3	64	63	T4-103.17	71	68
T4-61	20	16	T4-103.18	26	40
T4-62	50	46	T4-103.19	21	10
T4-63	21	11	T4-103.20	43	60
T4-71.1	66	68	T4-103.21	33	46
T4-75.1	54	56	T4-103.22	24	36
T4-77.1	68	26	T4-103.23	22	28
T4-77.2	24	31	T4-103.24	54	60
T4-77.3	42	46	T4-103.25	24	48
T4-77.4	31	27	T4-103.26	33	15
T4-77.5	22	39	T4-103.27	12	26
T4-77.6	22	33	T4-103.28	34	40
T4-77.7	10	35	T4-103.29	28	44
T4-77.8	46	36	T4-103.30	14	23
T4-77.9	49	38	T4-103.31	16	13
T4-77.10	15	58	T4-103.32	10	16
T4-77.11	12	15	T4-103.33	20	35
T4-77.12	10	10	T4-103.34	18	24
T4-77.13	16	27	T4-103.35	28	12
T4-77.14	19	9	T4-103.36	21	20
T4-77.15	10	19	T4-103.37	19	20
T4-77.16	10	18	T4-103.38	21	23
T4-77.17	16	13	T4-103.39	18	24
T4-77.18	13	16	T4-103.40	23	12
T4-77.19	8	15	T4-103.41	20	24
T4-77.20	11	19	T4-103.42	16	24
T4-77.21	27	8	T4-103.43	10	13

Tabla 3.4 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T4-103.44	31	27	T5-34.21	55	48
T4-103.45	15	27	T5-34.22	58	51
T4-103.46	34	14	T5-34.23	58	54
T4-103.47	15	12	T5-34.24	60	56
T4-103.48	15	21	T5-34.25	28	40
T4-103.49	11	10	T5-34.26	55	48
T4-103.50	28	19	T5-34.27	52	50
T4-103.51	15	15	T5-34.28	60	53
T4-103.52	70	72	T5-34.29	54	48
T4-105.2	60	57	T5-34.30	58	56
T5-01.1	60	53	T5-34.31	60	54
T5-01.2	60	56	T5-34.32	52	48
T5-01.3	62	58	T5-34.33	53	48
T5-01.4	53	48	T5-34.34	54	50
T5-02	54	48	T5-34.35	51	50
T5-03	52	50	T5-34.36	49	48
T5-04	55	48	T5-34.37	52	50
T5-05	35	33	T5-34.38	55	48
T5-06	26	23	T5-34.39	60	58
T5-07	29	18	T6-37	62	58
T5-08	41	43	T6-38.2	49	45
T5-09	30	44	T6-39	50	55
T5-10	18	21	T6-40.1	20	30
T5-11	35	15	T6-40.2	30	30
T5-12	23	26	T6-40.3	19	10
T5-13	11	21	T6-40.4	8	9
T5-14	19	26	T6-41	7	7
T5-15	30	36	T6-89.4	44	42
T5-16	23	47	T6-90.28	60	64
T5-17	30	29	T6-90.29	56	54
T5-18	52	32	T6-90.30	34	36
T5-34.3	46	45	T6-90.31	56	70
T5-34.4	50	40	T7-02.1	30	38
T5-34.5	32	16	T7-02.2	13	32
T5-34.6	43	36	T7-02.3	9	28
T5-34.7	9	5	T7-02.4	11	12
T5-34.8	37	33	T7-02.5	21	12
T5-34.9	60	53	T7-02.6	9	14
T5-34.10	61	57	T7-02.7	16	21
T5-34.11	24	27	T7-02.8	20	26
T5-34.12	12	20	T7-02.9	17	16
T5-34.13	20	25	T7-02.10	9	9
T5-34.14	30	36	T7-02.11	12	24
T5-34.15	28	40	T7-02.12	21	15
T5-34.16	55	48	T7-02.13	9	12
T5-34.17	52	50	T7-02.14	16	18
T5-34.18	60	53	T7-06.1	30	31
T5-34.19	54	48	T7-06.2	10	12
T5-34.20	52	50	T7-06.3	34	35

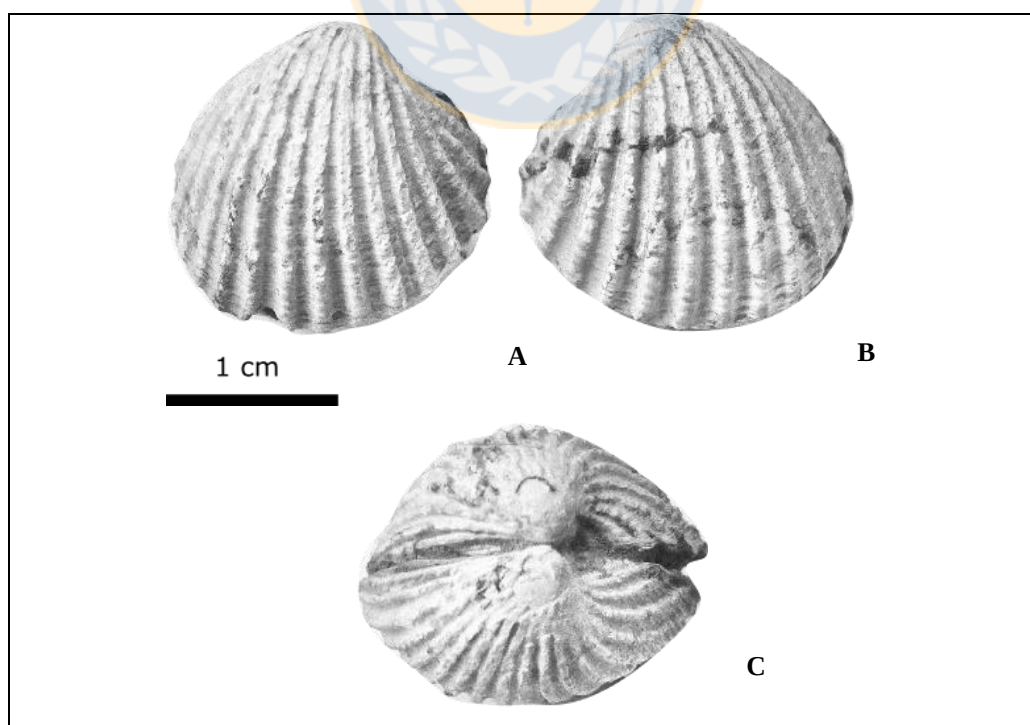
Descripción: Concha redondeada de color blanco a marrón muy claro con valvas sólidas y casi equivalvas, la izquierda es más convexa que la derecha; con aurículas similares cerradas y algo infladas, la aurícula anterior es más grande que la posterior. La ornamentación es variable y está formada por 30-40 costillas radiales primarias, que pueden ser finas, y formar pequeñas escamas o puntos, o ser más gruesas y cuadrangulares; con estrías concéntricas visibles, principalmente en los espacios intermedios. Tiene pequeños dientes frágiles en el borde de la valva derecha, debajo de la aurícula anterior (Osorio, 2002; Cárdenas y otros, 2008).

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente desde la Isla de Chiloé al Estrecho de Magallanes, Tierra del Fuego y Cabo de Hornos (Reid y Osorio, 2000); y en Plio-Pleistoceno desde Arauco a la Isla Guambín (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio es posible encontrarla en la Caleta Tubul, los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas y en la Cuesta P-40.

Familia Carditidae FLEMING, 1828

Género *Cyclocardia* CONRAD, 1867

Cyclocardia velutinus (SMITH, 1881). Fotografía 3.5.



Fotografía 3.5 *Cyclocardia velutinus* (T7-01). **A:** Valva derecha. **B:** Valva izquierda. **C:** Vista dorsal.

Material examinado: 102 ejemplares (Bloque T7).

Medidas: En la Tabla 3.5 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.5 Dimensiones en mm de los fósiles de *Cyclocardia velutinus*.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor	Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T7-01.1	18	19	13	T7-09.6	10	9	-
T7-01.2	17	19	14	T7-09.7	15	14	-
T7-01.3	18	19	12	T7-09.8	5	2	-
T7-01.4	19	15	13	T7-09.9	5	11	-
T7-01.5	18	16	15	T7-09.10	17	10	-
T7-01.6	18	19	13	T7-09.11	17	15	-
T7-01.7	19	16	13	T7-09.12	10	13	-
T7-01.8	15	26	14	T7-09.13	11	13	-
T7-01.9	17	16	12	T7-09.14	8	10	-
T7-01.10	15	15	12	T7-09.15	10	14	-
T7-01.11	15	17	-	T7-09.16	10	15	-
T7-07.1	18	19	-	T7-09.17	13	15	-
T7-07.2	15	17	-	T7-09.18	4	7	-
T7-07.3	18	19	-	T7-09.19	10	18	-
T7-07.4	15	16	-	T7-09.20	7	9	-
T7-07.5	12	11	-	T7-09.21	5	17	-
T7-07.6	9	8	-	T7-09.22	10	11	-
T7-07.7	18	16	-	T7-09.23	10	14	-
T7-07.8	12	11	-	T7-09.24	8	10	-
T7-08.1	17	18	-	T7-09.25	11	13	-
T7-08.2	13	10	-	T7-09.26	5	14	-
T7-08.3	14	15	-	T7-09.27	8	11	-
T7-08.4	15	17	-	T7-09.28	10	17	-
T7-08.5	18	20	-	T7-09.29	8	12	-
T7-08.6	18	19	-	T7-09.30	15	18	-
T7-08.7	19	19	-	T7-09.31	9	11	-
T7-08.8	16	17	-	T7-09.32	7	8	-
T7-08.9	14	15	-	T7-09.33	13	14	-
T7-08.10	15	15	-	T7-09.34	17	14	-
T7-08.11	20	18	-	T7-09.35	14	19	-
T7-08.12	17	16	-	T7-09.36	14	14	-
T7-08.13	16	15	-	T7-09.37	17	16	-
T7-08.14	15	14	-	T7-09.38	12	16	-
T7-08.15	16	17	-	T7-09.39	16	18	-
T7-09.1	16	17	-	T7-09.40	16	16	-
T7-09.2	17	17	-	T7-09.41	16	20	-
T7-09.3	17	16	-	T7-09.42	7	9	-
T7-09.4	18	17	-	T7-09.43	11	13	-
T7-09.5	12	11	-	T7-09.44	11	14	-

Tabla 3.5 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor	Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T7-09.45	17	18	-	T7-09.57	17	14	-
T7-09.46	17	18	-	T7-09.58	16	14	-
T7-09.47	17	11	-	T7-09.59	11	11	-
T7-09.48	17	12	-	T7-09.60	13	14	-
T7-09.49	16	18	-	T7-09.61	17	18	-
T7-09.50	14	16	-	T7-09.62	13	13	-
T7-09.51	16	12	-	T7-09.63	16	17	-
T7-09.52	11	11	-	T7-09.64	18	20	-
T7-09.53	12	13	-	T7-09.65	17	18	-
T7-09.54	17	16	-	T7-09.66	10	13	-
T7-09.55	18	20	-	T7-09.67	17	18	-
T7-09.56	10	13	-	T7-09.68	17	18	-

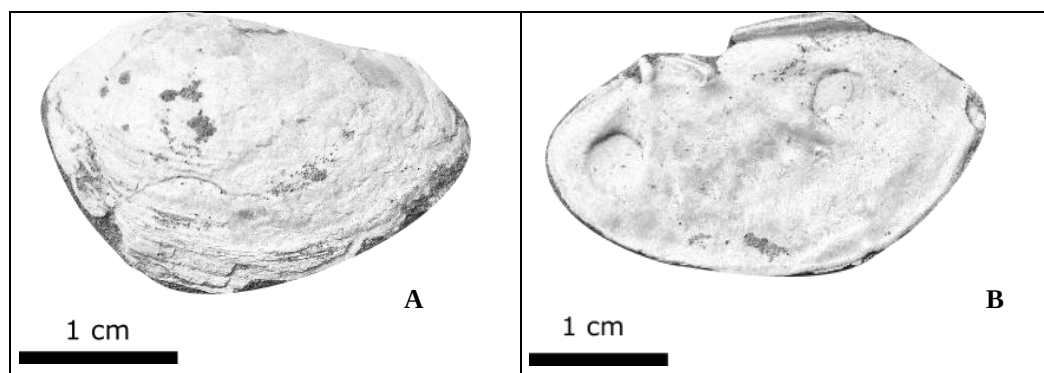
Descripción: Concha gruesa y globosa de color blanco, muy frágil al tacto y con umbo prosogiro. En la superficie hay cerca de 20 costillas radiales elevadas con ornamentación granulosa y nódulos redondeados. La charnela posee un fuerte diente central en la valva derecha y dos dientes cardinales en la valva izquierda, también tiene lúnula profunda (Cárdenas y otros, 2008).

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente abarca desde Arica al Canal Beagle; y en Plio-Pleistoceno desde Arauco a Isla Guambelín (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio solo se presenta al noroeste del Sector de los Acantilados Costeros de Las Peñas.

Familia Pandoridae RAFINESQUE, 1815

Género *Pandora* BRUGUIÈRE, 1797

Pandora cistula GOULD, 1850. Fotografía 3.6.



Fotografía 3.6

Pandora cistula. A: Valva derecha (T4-82). B: Valva izquierda, parte interior (T5-20.1).

Material examinado: 11 ejemplares (Bloque T1: 1. Bloque T2: 1. Bloque T4: 7. Bloque T5: 2).

Medidas: En la Tabla 3.6 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.6 Dimensiones en mm de los fósiles de *Pandora cistula*.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T1-09	9	15	-
T2-23.2	10	14	-
T4-82	13	23	-
T4-83	12	22	-
T4-92	13	22	-
T4-93	10	17	-
T4-94	10	18	-
T4-95	11	17	-
T4-96	13	20	-
T5-20.1	19	33	-
T5-21	15	20	-

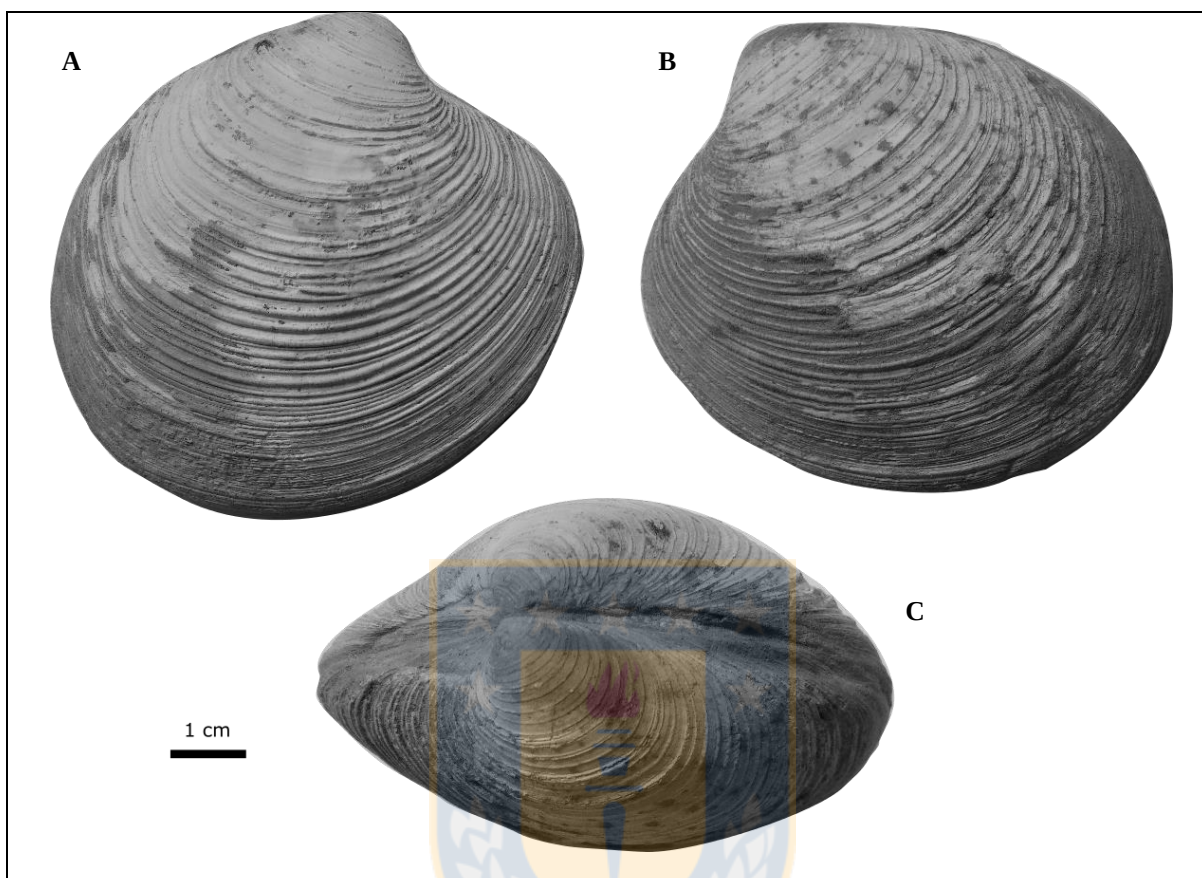
Descripción: Concha inequivalva de color blanco amarillento, delgada, comprimida y elongada, con un umbo sobresaliente y prosogiro. La parte anterior es corta y curvada, mientras que el posterior es largo y se encuentra truncado. La valva izquierda es convexa con dos quillas oblicuas en la parte dorsal posterior, la valva derecha es plana a levemente cóncava, y presenta una fuerte biangulación, con líneas radiales irregulares en la zona central que no alcanzan el umbo (Osorio y Reid, 2004; Cárdenas y otros, 2008). La superficie de ambas valvas posee líneas de crecimiento concéntricas.

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente desde la Región de Valparaíso hasta Magallanes; en el Plio-Pleistoceno se registra desde Arauco a la Isla Guambel (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio se presenta en el Sector de los Acantilados Costeros de Las Peñas y en Caleta Tubul.

Familia Veneridae RAFINESQUE, 1815

Género *Retrotapes* del RÍO, 1997

Retrotapes exalbidus (DILLWYN, 1817). Fotografía 3.7.



Fotografía 3.7 Individuo adulto de *Retrotapes exalbidus* (T1-01). **A:** Valva derecha. **B:** Valva izquierda. **C:** Vista dorsal.

Material examinado: 141 ejemplares (Bloque T1: 1. Bloque T3: 9. Bloque T4: 5. Bloque T6: 126).

Medidas: En la Tabla 3.7 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.7 Dimensiones en mm de los fósiles de *Retrotapes exalbidus*.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor	Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T1-01	52	50	27	T4-68	37	20	20
T3-01	40	45	-	T4-69	42	45	25
T3-60.236	35	40	-	T4-70.1	20	45	-
T3-60.237	52	50	28	T4-70.2	38	30	-
T3-60.238	42	45	-	T6-01.1	48	42	24
T3-60.239	46	45	-	T6-01.2	49	48	24
T3-60.240	50	48	-	T6-01.3	52	54	28
T3-60.241	49	48	-	T6-01.4	49	50	24
T3-60.242	48	45	-	T6-01.5	46	45	23
T3-60.243	42	45	-	T6-01.6	50	46	-
T4-53.1	35	40	25	T6-01.7	48	45	-

Tabla 3.7 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor	Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T6-02.1	50	48	28	T6-25.1	50	49	27
T6-02.2	49	48	26	T6-25.2	50	46	-
T6-03.1	50	50	27	T6-26	54	43	28
T6-03.2	49	50	-	T6-27.1	30	57	27
T6-04.1	15	17	20	T6-27.2	57	56	-
T6-04.2	50	47	-	T6-27.3	18	38	-
T6-04.3	50	60	-	T6-28.1	16	15	22
T6-05.1	60	40	28	T6-28.2	25	41	-
T6-05.2	54	48	25	T6-29.1	15	30	23
T6-05.3	48	38	-	T6-29.2	10	16	-
T6-05.4	51	57	-	T6-30.1	17	15	23
T6-06.1	49	48	25	T6-30.2	16	30	-
T6-06.2	45	51	-	T6-31	11	25	22
T6-06.3	45	47	-	T6-32	20	22	20
T6-06.4	36	33	-	T6-33	42	14	26
T6-06.5	14	7	-	T6-34	12	21	20
T6-07.1	46	43	26	T6-35	14	23	-
T6-08.1	54	66	-	T6-36	12	12	-
T6-08.2	20	32	-	T6-38.1	10	32	-
T6-09	49	42	27	T6-66	27	13	23
T6-10	30	12	23	T6-67.1	14	20	-
T6-11	51	54	28	T6-67.2	20	40	-
T6-12	32	37	-	T6-68.1	28	45	-
T6-13	14	13	-	T6-68.2	48	42	-
T6-14	10	23	-	T6-69	49	48	-
T6-15.1	8	16	-	T6-70	50	46	-
T6-15.2	42	48	-	T6-71	52	54	-
T6-15.3	39	20	-	T6-72	49	50	-
T6-15.4	18	14	-	T6-73	16	30	-
T6-16	16	15	-	T6-74	11	25	-
T6-17	47	46	-	T6-75	20	22	-
T6-18.1	50	53	-	T6-76	42	14	-
T6-18.2	21	33	-	T6-77	51	53	-
T6-19	52	50	-	T6-78	53	50	-
T6-20	47	48	-	T6-79	11	24	-
T6-21	50	49	-	T6-80.1	45	44	-
T6-22.1	48	50	28	T6-80.2	43	42	-
T6-22.2	32	33	25	T6-81.1	49	51	-
T6-22.3	40	39	-	T6-81.2	13	22	-
T6-22.4	53	58	-	T6-82	11	32	-
T6-23	19	10	24	T6-83	50	47	-
T6-24	23	8	24	T6-84	49	47	-

Tabla 3.7 Continuación.

Muestra	Altura	Longitud	Espesor	Muestra	Altura	Longitud	Espesor
T6-85	50	60	-	T6-90.14	53	50	-
T6-89.1	54	48	-	T6-90.15	47	46	-
T6-89.2	51	57	-	T6-90.16	21	33	-
T6-89.3	52	50	-	T6-90.17	53	58	-
T6-90.1	47	48	27	T6-90.18	50	48	-
T6-90.2	48	50	28	T6-90.19	50	47	-
T6-90.3	50	48	28	T6-90.20	46	48	-
T6-90.4	45	51	28	T6-90.21	50	46	-
T6-90.5	46	43	26	T6-90.22	10	16	-
T6-90.6	51	48	27	T6-90.23	48	42	-
T6-90.7	50	49	28	T6-90.24	36	33	-
T6-90.8	40	39	24	T6-90.25	51	57	-
T6-90.9	47	48	25	T6-90.26	50	47	-
T6-90.10	54	66	-	T6-90.27	49	48	-
T6-90.11	32	37	-	T6-90.35	46	43	-
T6-90.12	42	48	-	T6-91	51	48	-
T6-90.13	16	15	-	T6-92	49	42	-

Descripción: Concha de aragonito, de color blanco con forma subcuadrangular, ovalada, gruesa e inflada, posee su extremo posterior truncado. Ornamentación de costillas concéntricas elevadas apretadas entre sí, que se intercalan con otras más finas, espaciadas regularmente. El umbo es sobresaliente, arqueado y prosogiro. Mientras que la charnela es angosta con tres dientes cardinales y margen interno liso (Frassinetti y Covacevich, 1995; Osorio, 2002).

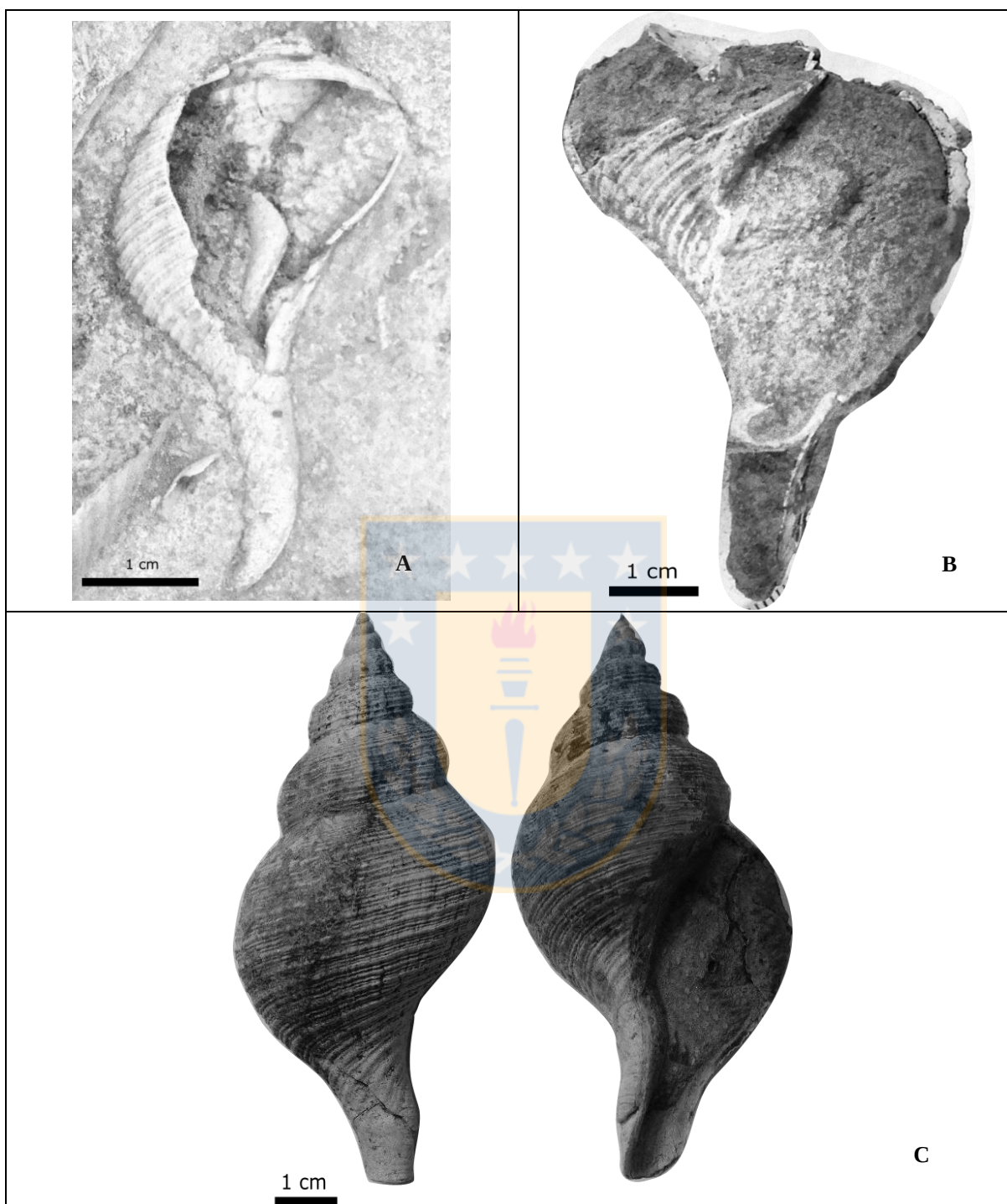
Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente se ubica desde la Isla de Chiloé hasta el Estrecho de Magallanes; en el Plio-Pleistoceno desde Arauco hasta Isla Guambelín (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio se puede encontrar en Caleta Tubul, en los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas y en la Cuesta P-40.

Clase Gastropoda CUVIER, 1795

Familia Ranellidae GRAY, 1854

Género *Fusitriton* COSSMANN, 1903

Fusitriton magellanicus (RÖDING, 1798). Fotografía 3.8.



Fotografía 3.8 Individuo de *Fusitron magellanicus*. **A:** Muestra T5-34.1. **B:** Muestra T6-93. **C:** Muestra de un individuo completo perteneciente al Museo Geológico Lajos Biró-Bagóczy.

Material examinado: 2 ejemplares ((Bloque T5: 1. Bloque T6: 1.).

Medidas: En la Tabla 3.8 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.8 Dimensiones en mm de los fósiles de *Fusitron magellanicus*.

Muestra	Altura	Longitud
T5-34.1	50	25
T6-93	65	42

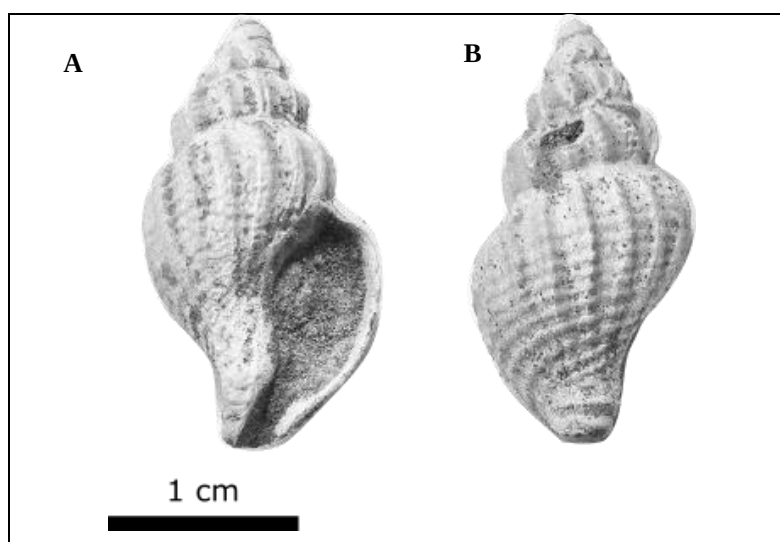
Descripción: Concha alargada y delgada, con enrollamiento helicoidal y posee una espira con seis vueltas redondeadas. Apertura dextral, ovalada con perióstraco grueso, presencia irregular de varices y/o callos, ornamentación axial fuertemente marcada (costillas) en las espirales tempranas y faltante en la espiral final, están cruzadas por costillas espirales primarias gruesas y secundarias finas, el cordón espiral es bajo con espacios amplios y poco profundos, posee un canal sifonal corto (McLean y Andrade, 1982, Cárdenas y otros, 2008). Ver individuo en la Fotografía 3.08.

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente desde Los Vilos hasta la Región de Magallanes y en el Archipiélago de Juan Fernández; en el Plio-Pleistoceno solo se registra en la zona de Arauco (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio se puede encontrar en los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

Familia Muricidae RAFINESQUE, 1815

Género “*Xymenopsis*” POWELL, 1951

Xymenopsis cf. *dispar* (ROCHEBRUNE y MABILLE, 1889). Fotografía 3.9.



Fotografía 3.9 Ejemplar de *Xymenopsis* cf. *dispar* (T6-88). **A:** Vista ventral. **B:** Vista dorsal.

Material examinado: 4 ejemplares (Bloque T1: 1. Bloque T4: 2. Bloque T6: 1).

Medidas: En la Tabla 3.9 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.9 Dimensiones en mm de los fósiles de *Xynomenopsis* cf. *dispar*.

Muestra	Altura	Longitud
T1-13.1	20	8
T4-75.2	14	10
T4-76	9	4
T6-88	23	11

Descripción: Concha fusiforme con enroscamiento helicoidal simétrico (Forcelli, 2000), posee cinco vueltas y tiene su superficie cubierta de costillas axiales redondeadas cruzadas por cordones espirales. La abertura es ovalada y dextral, el canal sifonal es corto, ancho y curvado hacia la izquierda.

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente se ubica en la Tierra del Fuego; mientras que en Plio-Pleistoceno se localiza en la zona de Arauco (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio se puede encontrar en los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

Familia Nassariidae IREDALE, 1916

Género *Nassarius* DUMÉRIL, 1806

Nassarius taeniolatus (PHILIPPI, 1845). Fotografía 3.10.



Fotografía 3.10 Ejemplar de *Nassarius taeniolatus* (T6-88). **A:** Vista dorsal. **B:** Vista ventral.

Material examinado: 2 ejemplares (Bloque T2: 1. Bloque T4: 1).

Medidas: En la Tabla 3.10 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.10 Dimensiones en mm de los fósiles de *Nassarius taeniolatus*.

Muestra	Altura	Longitud
T2-30	7	5
T4-74	9	4

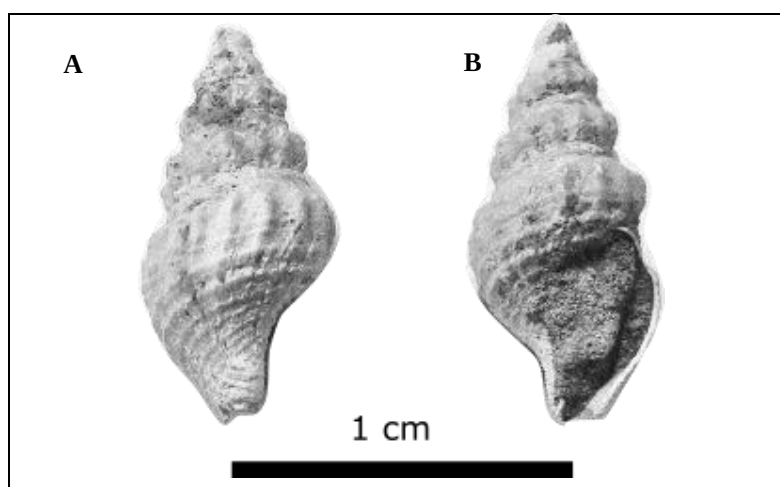
Descripción: Concha elongada de coloración externa blanca con tonos amarillentos, presenta espira alta con seis vueltas, ligeramente convexas. La ornamentación consiste en costas axiales gruesas, cruzadas por estrías espirales finas. La abertura es dextral, estrecha, ovalada y con un labio fino. Columela con callo regular, grueso y bien delimitado, que conduce a un canal sifonal muy corto (Cárdenas y otros, 2008).

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente desde Papudo al Archipiélago de Chonos; en el Plio-Pleistoceno se registra solamente en la zona de Arauco (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio se puede encontrar en los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

Familia Turridae ADAMS y. ADAMS, 1853

Género *Bela* LEACH en GRAY, 1847

Bela paesleri STREBEL, 1905. Fotografía 3.11.



Fotografía 3.11 Ejemplar de *Bela paesleri* (T5-29.1). **A:** Vista dorsal. **B:** Vista ventral.

Material examinado: 5 ejemplares (Bloque T3:1. Bloque.T4: 2. Bloque T5: 2).

Medidas: En la Tabla 3.11 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.11 Dimensiones en mm de los fósiles de *Bela paesleri*.

Muestra	Altura	Longitud
T3-51.1	11	4
T4-73.1	7	4
T4-73.2	6	4
T5-29.1	13	5
T5-29.2	11	4

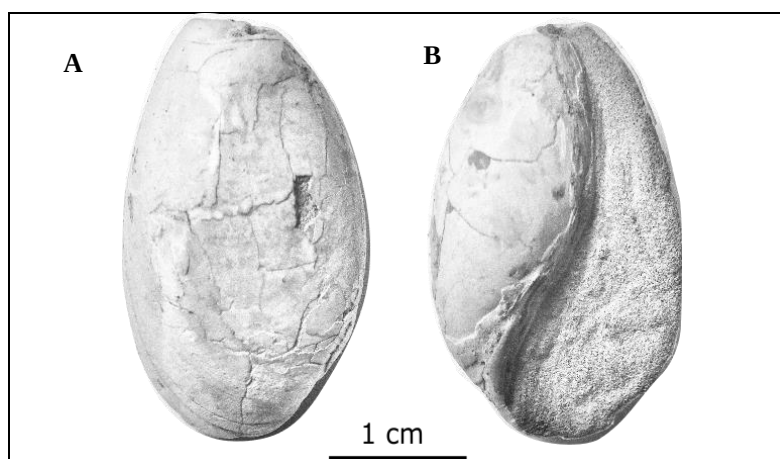
Descripción: Concha fusiforme de color blanco a marrón claro con tonos amarillentos, se enrolla helicoidalmente y la espira posee cinco vueltas. Tiene abertura dextral con canal sifonal corto. Como ornamentación presenta costillas axiales gruesas separadas por una gran costilla espiral ubicada en la zona de la sutura. En la última vuelta se pueden observar estrías de crecimiento.

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente se ubica desde Valdivia a la Región de Magallanes; en el Plio-Pleistoceno se registra en la zona de Arauco (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio se puede encontrar en los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

Familia Scaphandridae MONTFORT, 1810

Género *Scaphander* MONTFORT, 1810

Scaphander interruptus DALL, 1889. Fotografía 3.12.



Fotografía 3.12 Ejemplar de *Scaphander interruptus* (T2-31). **A:** Vista dorsal. **B:** Vista ventral.

Material examinado: 6 ejemplares (Bloque T2: 1. Bloque T4: 5).

Medidas: En la Tabla 3.12 se hace un resumen las dimensiones de los fósiles.

Tabla 3.12 Dimensiones en mm de los fósiles de *Scaphander interruptus*.

Muestra	Altura	Longitud
T2-31	30	17
T4-71.2	10	5
T4-72.1	10	8
T4-72.2	5	3
T4-72.3	3	7

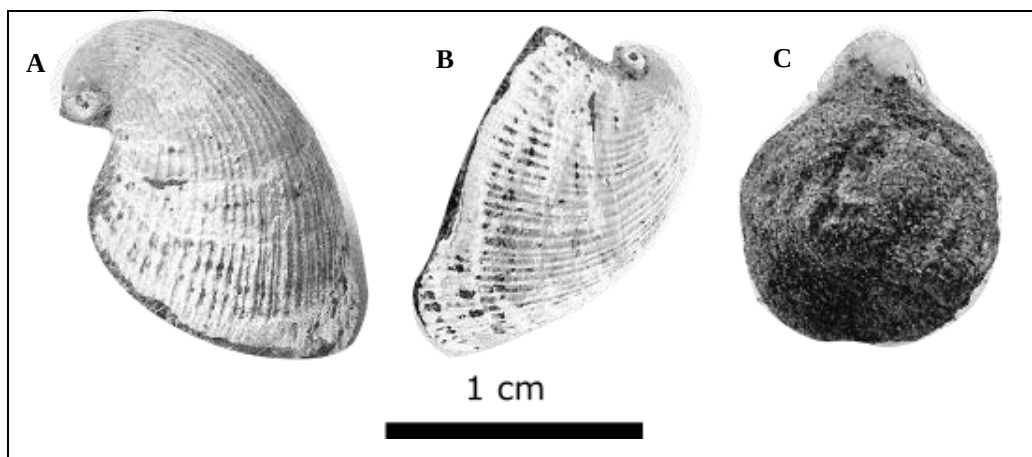
Descripción: Concha bulliforme de color blanco amarillento en la superficie externa e involuto. La abertura es dextral y holostomada. La ornamentación es débil y consiste en estrías espirales de crecimiento. Los ejemplares son muy frágiles y se encuentran fragmentados.

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente se ubica desde Panamá hasta la Región de Magallanes (Nielsen y Valdovinos, 2008); en el Plio-Pleistoceno se registra en la localidad de Arauco (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio se puede encontrar en los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

Familia Capulidae FLEMING, 1822

Género *Capulus* MONTFORT, 1810

Capulus compressus SMITH, 1891. Fotografía 3.13.



Fotografía 3.13 Ejemplar de *Capulus compressus* (T4-104). **A:** Vista apical. **B:** Vista dorsal. **C:** Vista ventral

Material examinado: 1 ejemplar (Bloque T4)

Medidas: 9 mm de alto y 10 mm de longitud (Muestra T4-104).

Descripción: Concha capuliforme, comprimida lateralmente y frágil. Posee una espira pequeña y fina, el ápice sobresaliente enrollado en dos o tres vueltas con líneas de crecimiento o estriación en la superficie. Tiene abertura orbicular, angosta y base oval alargada (Osorio y Reid, 2004; Cárdenas y otros, 2008; McLean y Andrade, 1982). Posee relleno sedimentario.

Ocurrencia y/o distribución: En el Pacífico desde los 43°S hacia el sur y desde el estrecho de Magallanes a los 28° S en el Atlántico, entre los 76 a 409 m de profundidad (Osorio y Reid 2004; Cárdenas y otros, 2008). En el área de estudio, se encontró en la zona de los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

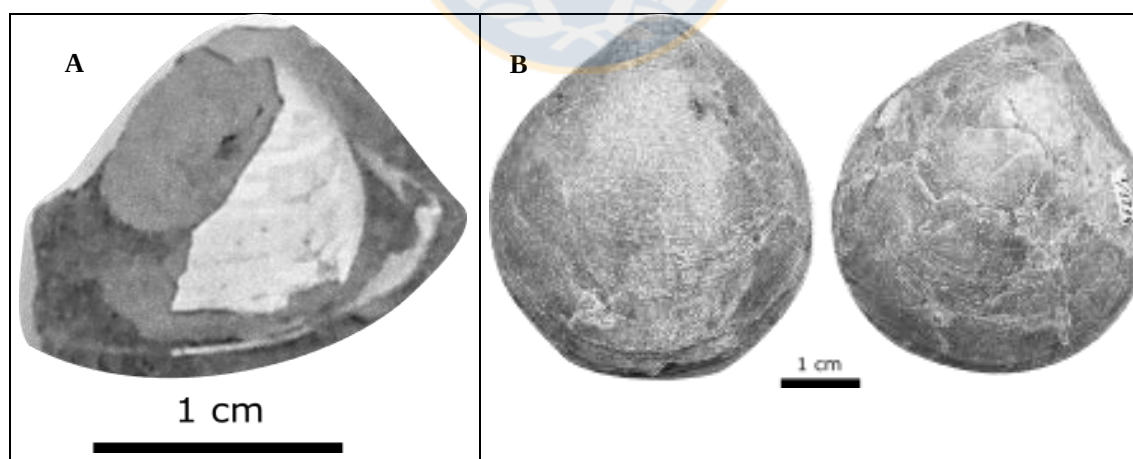
Phylum Brachiopoda DUMÉRIL, 1806

Clase Rhynchonellata WILLIAMS et al., 1996

Familia Terebratulidae KING, 1850

Género *Magellania* BAYLE, 1880

Magellania venosa (DIXON, 1789). Fotografía 3.14.



Fotografía 3.14 Ejemplares de *Magellania venosa*. **A:** Muestra T5-23. **B:** Ejemplar completo, perteneciente al Museo Geológico Lajos Biró-Bagóczy.

Material examinado: 1 ejemplar (Bloque T5).

Medidas: Tiene 17 mm de alto y 12 mm de longitud (Muestra T5-23).

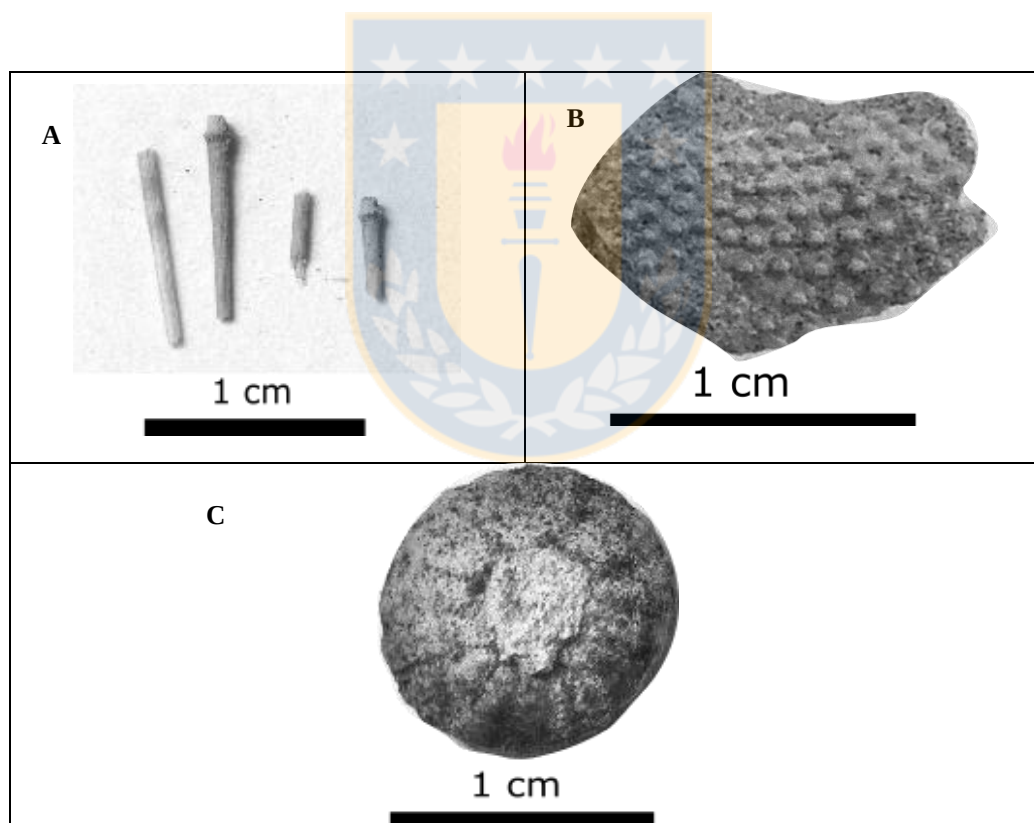
Descripción: Concha ovalada, inflada y gruesa, con valvas biconvexas y débiles costas de crecimiento poco espaciadas. Además posee comisura recta y línea cardinal palíntrope. Está fragmentada y rellena de sedimento.

Ocurrencia y/o distribución: En el Reciente se puede encontrar en la Región de Magallanes. En el Plio-Pleistoceno existen registros en la zona de Arauco (Nielsen y Valdovinos, 2008). En la zona de estudio se puede encontrar en la zona de los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

Phylum Echinodermata BRUGUIÈRE, 1791

Clase Echinoidea LESKE, 1778

Equinoideo indet. Fotografía 3.15.



Fotografía 3.15 Ejemplares de Equinoideos indet.. **A:** Espinas (T6-45.1-4). **B:** Placa. (T4-84.1) **C:** Molde interno (T6-55)

Material examinado: 141 ejemplares (Bloque T1: 24. Bloque T2: 16. Bloque T3: 22. Bloque T4: 31. Bloque T5: 12. Bloque T6: 36).

Medidas: En la Tabla 3.13 se resumen las medidas de los fósiles.

Tabla 3.13 Dimensiones en mm de los fósiles de Equinodermos indet..

Placas					
Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T1-13.2	10	7	T2-33.55	10	12
T1-13.3	6	6	T2-33.56	13	16
T1-13.4	6	4	T3-48.1	8	8
T1-13.5	3	3	T3-48.2	8	3
T1-13.6	12	9	T3-49	9	2
T1-13.7	8	10	T3-56.1	13	8
T1-13.8	8	4	T3-56.2	10	5
T1-13.9	10	8	T3-56.3	10	5
T1-13.10	8	9	T3-56.4	6	5
T1-13.11	6	4	T3-56.5	10	7
T1-13.12	6	6	T3-56.6	6	6
T1-13.13	6	3	T3-56.7	6	4
T1-13.14	2	4	T3-58.1	3	3
T1-13.15	6	8	T3-58.2	12	9
T1-13.16	3	2	T3-58.3	8	10
T1-13.17	6	5	T3-58.4	12	9
T1-13.18	8	2	T3-58.5	8	10
T1-13.19	10	10	T3-58.6	8	4
T1-13.20	6	5	T3-58.7	10	8
T1-13.21	11	8	T3-59.1	8	9
T1-20.1	7	6	T3-59.2	13	10
T1-20.2	8	8	T3-60.236	16	13
T1-20.3	8	9	T3-60.237	12	10
T1-20.4	9	10	T4-38.3	11	8
T2-06.2	12	9	T4-38.4	9	8
T2-06.3	8	10	T4-38.5	10	4
T2-06.4	8	4	T4-38.6	7	7
T2-06.5	10	8	T4-38.7	7	3
T2-06.6	8	9	T4-38.8	13	5
T2-26.1	13	10	T4-38.9	7	8
T2-26.2	16	13	T4-84.1	13	7
T2-26.3	12	10	T4-84.2	9	10
T2-26.4	11	8	T4-84.3	7	5
T2-26.5	10	10	T4-84.4	9	6
T2-26.6	15	9	T4-84.5	6	6
T2-26.7	8	6	T4-84.6	4	3
T2-26.8	9	6	T4-84.7	7	3
T2-26.9	13	6	T4-84.8	9	4

Tabla 3.13 Continuación

Placas					
Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T4-84.9	6	3	T6-47	10	9
T4-84.10	12	7	T6-48	2	10
T4-103.52	5	6	T6-49	8	5
T4-103.53	8	5	T6-50	10	7
T4-103.54	6	6	T6-52.1	3	9
T4-103.55	11	8	T6-52.2	3	9
T4-103.56	5	10	T6-52.3	5	6
T4-103.57	4	8	T6-52.4	2	4
T4-103.58	9	7	T6-52.5	3	5
T4-103.59	8	9	T6-52.6	8	11
T4-103.60	5	4	T6-52.7	10	6
T4-103.61	7	8	T6-52.8	8	9
T4-103.62	8	4	T6-52.9	3	3
T4-103.63	4	8	T6-52.10	3	9
T4-103.64	7	9	T6-52.11	3	3
T4-103.65	4	6	T6-53.1	8	4
T5-01.5	8	8	T6-53.2	4	4
T5-01.6	8	3	T6-54.1	8	11
T5-20.2	13	8	T6-54.2	8	3
T5-20.3	10	5	T6-56.1	11	15
T5-20.4	10	5	T6-56.2	10	12
T5-25.1	10	6	T6-57.1	9	8
T5-25.2	3	10	T6-57.2	9	12
T5-31.1	8	7	T6-58.1	13	10
T5-31.2	9	10	T6-59	16	8
T5-32.1	9	5	T6-60	12	7
T5-32.2	10	9	T6-61.1	9	10
T5-32.3	4	7	T6-61.2	6	8
T6-46.1	8	8	-	-	-
Moldes					
Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T3-53	13	8	T6-51	5	11
T6-46.2	9	10	T6-55	11	11
Espinas					
Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T6-45.1	9	1	T6-45.3	4	1
T6-45.2	9	1	T6-45.4	5	1

Descripción: Corresponde a placas desarmadas con poros que representan los espacios que ocupaban las espinas antes de la fosilización; púas quebradas y moldes internos de equinodermos indeterminados de tamaño pequeño que mantienen la simetría radial.

Ocurrencia: En la zona de estudio se puede encontrar en la zona de los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

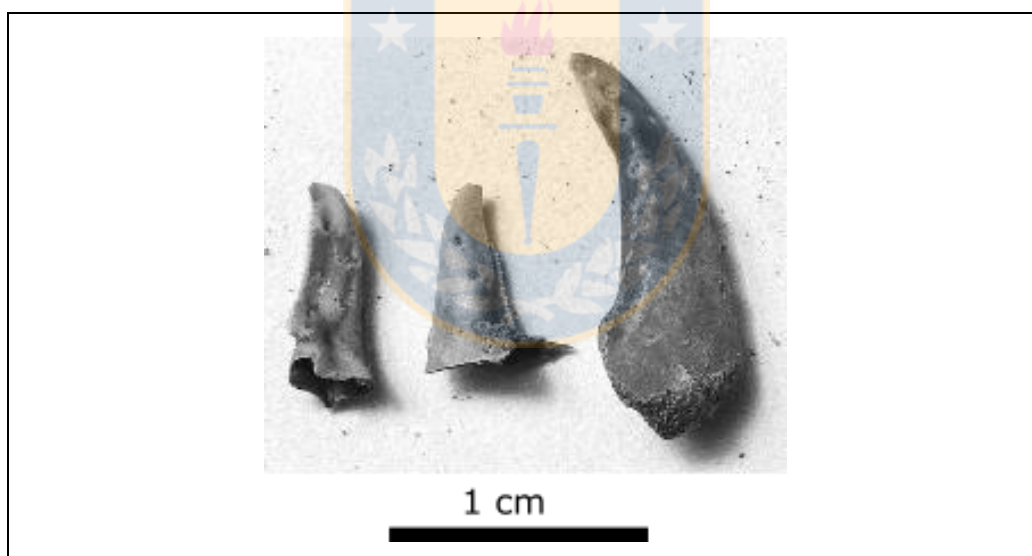
Phylum Arthropoda von SIEBOLD, 1848

Subphylum Crustacea BRÜNNICH, 1772

Clase Malacostraca LATREILLE, 1802

Orden Decapoda LATREILLE, 1802

Decápoda Indet. Fotografía 3.16.



Fotografía 3.16 Pinzas de Decápodos indet.(muestra T1-14.1-3)

Material examinado: 48 ejemplares (Bloque T1: 14. Bloque T2: 7. Bloque T4: 17. Bloque T5: 5. Bloque T6: 5).

Medidas: En la Tabla 3.14 se resumen las medidas de los fósiles.

Tabla 3.14 Dimensiones en mm de los fósiles de Decápodo indet.

Muestra	Altura	Longitud	Muestra	Altura	Longitud
T1-14.1	8	3	T4-85.4	5	7
T1-14.2	7	3	T4-85.5	10	10
T1-14.3	15	4	T4-85.6	5	4
T1-15.1	6	4	T4-85.7	8	5
T1-15.2	7	6	T4-85.8	3	2
T1-15.3	6	6	T4-85.9	6	5
T1-15.4	5	4	T4-85.10	2	3
T1-15.5	4	3	T4-85.11	6	5
T1-15.6	9	7	T4-85.12	3	2
T1-16.1	6	8	T4-86.1	13	15
T1-16.2	5	5	T4-86.2	10	7
T1-17	54	15	T4-86.3	11	8
T1-19.1	12	5	T4-86.4	8	5
T1-19.2	9	5	T4-87	6	5
T2-27.1	14	10	T5-33.1	7	5
T2-27.2	9	2	T5-33.2	3	4
T2-27.3	10	2	T5-33.3	5	5
T2-28.1	7	3	T5-33.4	4	3
T2-28.2	10	6	T5-33.5	10	2
T2-28.3	23	13	T6-64.1	6	6
T2-29	10	3	T6-64.2	12	8
T4-85.1	12	8	T6-64.3	11	5
T4-85.2	6	5	T6-64.4	11	10
T4-85.3	4	2	T6-64.5	10	4

Descripción: Ejemplares pequeños correspondientes a pinzas dentadas de color blanco a gris y restos de caparzones fragmentados de color marrón.

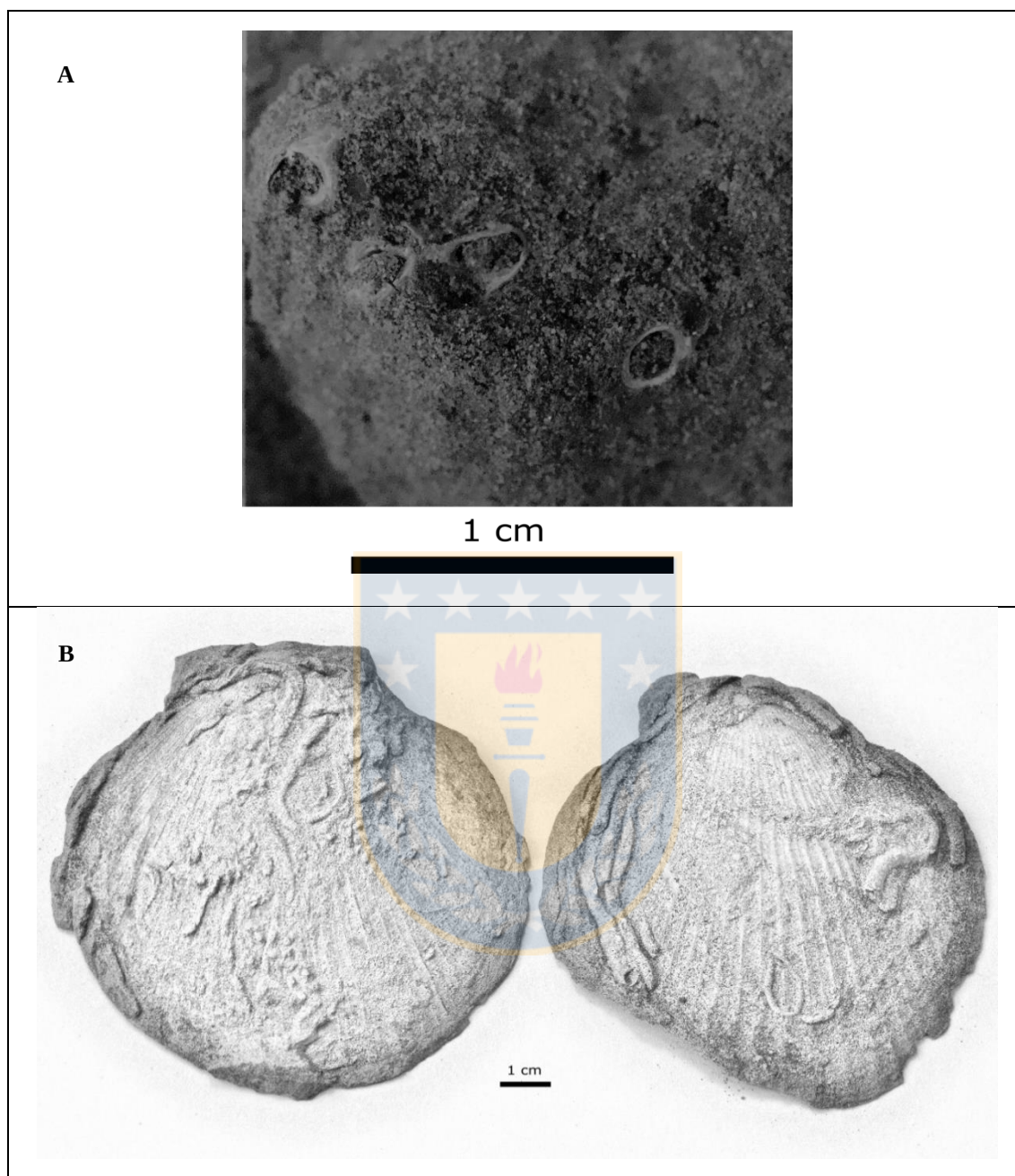
Ocurrencia: En la zona de estudio se puede encontrar en la zona de los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

Phylum Annelida LAMARCK, 1809

Clase Polychaeta GRUBE, 1850

Familia Serpulidae RAFINESQUE, 1815

Serpúlido Indet. Fotografía 3.17



Fotografía 3.17 Ejemplares de Serpúlido indet.. **A:** Vista frontal de tubos calcáreos. **B:** Valvas de *Zygochlamys patagónica* con marcas de serpúlidos en su cara externa.

Material examinado: 47 ejemplares (Bloque T1: 3. Bloque T3: 22. Bloque T4: 13. Bloque T6: 9).
Medidas: En la Tabla 3.15 se resumen las medidas de los fósiles.

Tabla 3.15 Dimensiones en mm de los fósiles de Serpúlido indet.

Muestra	Largo	Ancho	Muestra	Largo	Ancho
T1-12	45	3	T3-60.257	20	3
T1-21.1	8	4	T4-64.1	45	6
T1-21.2	6	5	T4-64.2	34	2
T3-54	34	13	T4-64.3	34	2
T3-57	6	2	T4-64.4	10	1
T3-60.238	10	2	T4-64.5	30	4
T3-60.239	5	2	T4-64.6	40	4
T3-60.240	8	3	T4-64.7	30	5
T3-60.241	5	2	T4-64.8	30	2
T3-60.242	20	5	T4-64.9	11	3
T3-60.243	34	4	T4-64.10	5	2
T3-60.244	24	4	T4-65	15	2
T3-60.245	20	5	T4-66	20	3
T3-60.246	35	3	T4-67	46	4
T3-60.247	40	4	T6-13.2	16	5
T3-60.248	10	6	T6-41.2	25	5
T3-60.249	12	2	T6-42.1	42	6
T3-60.250	27	4	T6-42.2	20	8
T3-60.251	45	3	T6-43.1	10	4
T3-60.252	23	5	T6-43.2	12	8
T3-60.253	16	5	T6-44.1	10	1
T3-60.254	15	3	T6-44.2	30	4
T3-60.255	30	4	T6-58	40	4
T3-60.256	35	4	-	-	-

Descripción: Corresponden a tubos calcáreos de color blanco de diámetro pequeño que se encuentran asociadas a los bivalvos.

Ocurrencia: En la zona de estudio se puede encontrar en la zona de los Acantilados Costeros del Sector Las Peñas.

3.3. Hábitos de vida y modos de alimentación de la fauna fósil

Los moluscos pueden ser muy útiles para los estudios paleoambientales, ya que muestran un amplio rango de variabilidad morfológica que es reflejada en las adaptaciones que los organismos

tienen, por ejemplo, el tipo de concha que poseen depende del hábito de vida; además la ecología de los moluscos actuales puede ser aplicada al registro fósil (Lazo, 2004).

Los moluscos marinos, según su escalamiento vertical, pueden ser bentónicos, reptan o viven fijos en el fondo marino, o pelágicos, es decir viven dentro de la columna de agua. El dominio bentónico se divide en dos subsistemas el litoral o fital y el profundo o afital, el primero llega en profundidad hasta el límite de supervivencia de las algas (punto en que la radiación luminosa es todavía utilizable para la realización de los procesos de fotosíntesis), el segundo se extiende desde el límite inferior anterior hasta las máximas profundidades marinas. Estas subdivisiones están relacionadas con la transparencia que posea el agua (Sabelli, 1980).

Según Stanley (1970 en Darrigran y otros, 2013), la forma de vida de los bivalvos o comportamiento principal puede ser clasificada de la siguiente forma:

- **Excavadores de sustrato blando:** Pueden vivir inmediatamente por debajo de la superficie y se los clasifica como *infaunal superficial*, o si están a varios centímetros de profundidad como *infaunal profundo* (Figura 3.4 A y B).
- **Perforadores:** Son bivalvos que han adquirido la capacidad de excavar sustratos no blandos como corales, madera y calizas (Figura 3.4 C y D).
- **Habitantes superficiales** al sustrato duro: Especies que viven fijos al sustrato, se les denomina como organismos *epifaunales*. Pueden adherirse al sustrato mediante la secreción de un cemento calcáreo o, también, por el biso que corresponde a filamentos proteicos (Figura 3.4 E).
- **Habitantes libres de superficie:** Son aquellos bivalvos que viven sobre el sustrato generalmente arenoso y en presencia de algún peligro son capaces de “nadar” para escapar mediante el movimiento brusco de sus valvas (Figura 3.4 F).

Según su alimentación los bivalvos pueden ser clasificados como: *filtradores* o *suspensívoros*, filtran el alimento del medio acuoso capturando a organismos microscópicos mediante una corriente de agua que el animal produce para arrastrarlos hasta su boca; o *detrívoros* donde colectan detritos y microorganismos mediante cilios (Gordillo, 1998). Mientras que los gastrópodos pueden ser: *ramoneadores* (raspan algas); *filtradores*; *depredadores*; *carroñeros*; *detrívoros* y *ectoparásitos* (viven al exterior de otros organismos y se benefician a costa de estos).

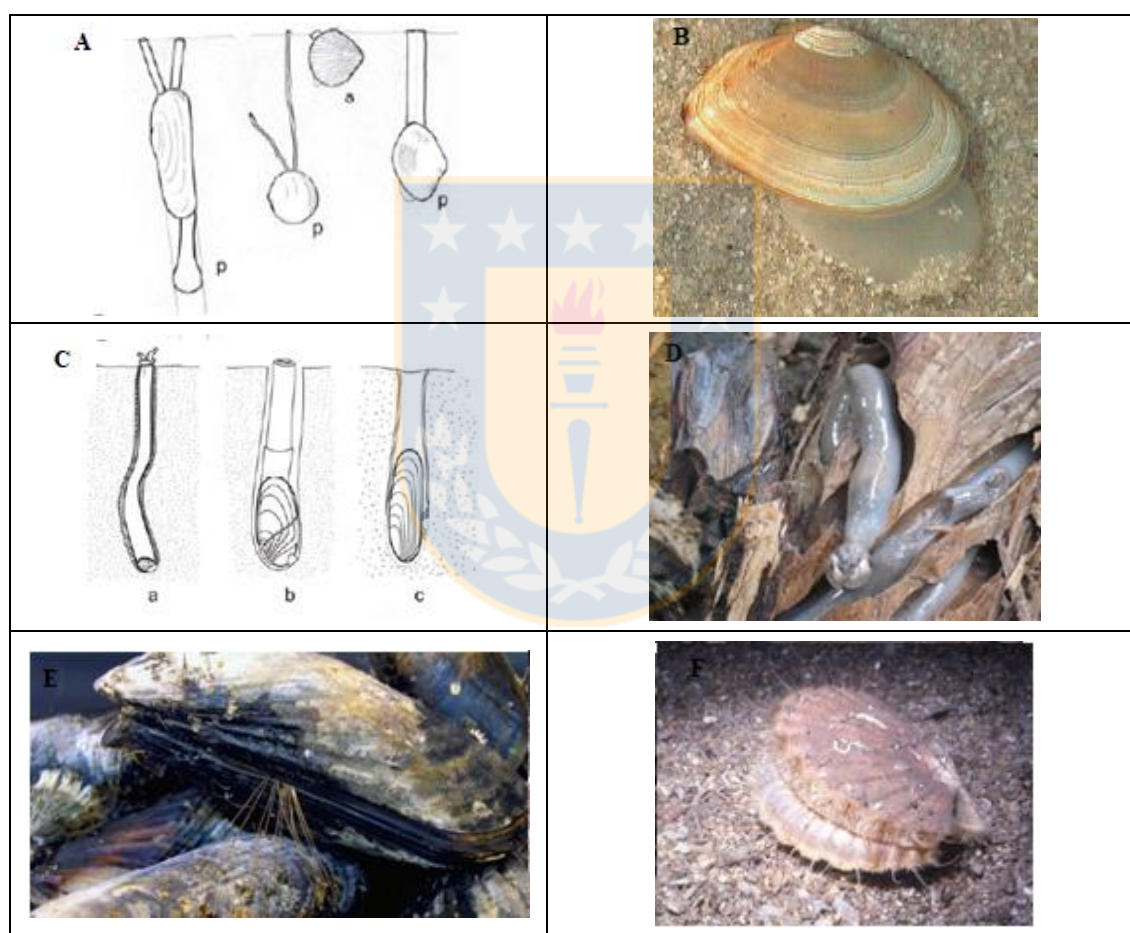


Figura 3.4

A: Formas de vida de tipo infaunal (s: superficial y p: profundo). **B:** Especie con forma de vida infaunal *Tellina tenuis*, donde muestra un pie desarrollado. **C:** Tipos de bivalvos perforadores a) corresponde a un *Teredo* sp. (sustrato madera), b) *Barnea* sp. (sustrato toba) y c) *Lithophaga* sp. (sustrato roca calcárea). **D:** Tronco perforado por la especie *Teredo navalis*. **E:** *Mytilus* sp. sujeto a otro espécimen mediante el biso **F:** Ejemplo de habitante de superficie libre *Pecten maximus*.

La fauna fósil de Tubul es similar a la fauna actual de la zona Sur y del Extremo Sur del país, a partir de esto se colectó información de diferentes publicaciones acerca de la forma de vida,

alimentación, tipo de sedimento y profundidad en la que han sido avistado bivalvos y gastrópodos, la que se puede ver resumida en la Tabla 3.16.

Tabla 3.16 Resumen del hábitat (forma de vida, tipo de sedimento y profundidad) y modo de alimentación de las especies encontradas en la Formación Tubul.

Bivalvos				
Especies	Forma de vida	Alimentación	Tipo de sedimento	Profundidad
<i>Ennucula grayi</i>	-Bentónico (Lancellotti y Vásquez, 2000). -Infaunal superior (Charó y otros, 2013).	Detrívoro (Charó y otros, 2013).	-Arena muy fina, arena fina, arena gruesa y grava (Cárdenas y otros, 2008). -Substrato de fango arenoso (Villarroel & Stuardo, 1998).	-63 a 665 m (Linse, 1997) - Villarroel y Stuardo (1998), lo reportan hasta los 772 m. -Cárdenas y otros (2008), lo ven entre los 22 y 285 m.
<i>Tindariopsis sulculata</i>	-Bentónico (Lancellotti y Vásquez, 2000). -Infaunal (Pinero, 2001).	Detrívoro (Fitófagos (Pinero, 2001)).	Arena muy fina, arena fina, arena gruesa y grava (Cárdenas y otros, 2008).	-60-237 m (Osorio y Reid, 2004). -22-252 m (Cárdenas y otros, 2008).
<i>Malletia chilensis</i>	-Bentónico (Hernández y otros, 2012). -Semi-infaunal (Pinero, 2001.)	Detrívoro (Fitófagos (Pinero, 2001)).	-Arena muy fina (Cárdenas y otros, 2008). -Limolitas (Frassinetti y Covacevich, 1995).	-1 a 248 m (Villarroel y Stuardo, 1998).
<i>Zygochlamys patagónica</i>	-Bentónico (Aldea y otros, 2011). -Epifaunal (Zelaya, 2009 en Rosenfeld y otros, 2016).	Suspensívoro (Mauna, 2013).	-Arena muy fina, arena fina, arena gruesa y grava (Cárdenas y otros, 2008). - Fondos arenosos, fangosos, de grava y conchilla (Rosenfeld y otros, 2016).	-Bajo la zona litoral-zona batial superior. -40-200 m (Lasta, 2000). - 20 a 275 m (Osorio y Reid 2004, Osorio y otros. 2006).
<i>Cyclocardia velutinus</i>	-Bentónico (Lancellotti y Vásquez, 2000). -Semi-infaunal.	Suspensívoro.	-Arena muy fina, arena fina, arena gruesa y grava (Cárdenas y otros, 2008). - Arena con conchas y pequeñas piedras (Osorio y Reid, 2004).	-20 a 345 m (Osorio y Reid 2004, Osorio y otros. 2006).
<i>Retrotapes exalbidus</i>	Bentónicos infaunales (Carrillo, 2011 en Gonzáles, 2013).	Filtrador.	Arena.	-Fondos arenosos de la zona sublitoral, por lo general hasta los 20 m (Carrillo, 2011 en Gonzáles, 2013). -Rango batimétrico que va desde los 5 m a los 150 m (Zelaya 2009 en Rosenfeld y otros, 2016).

Tabla 3.16 Continuación.

Bivalvos				
Especie	Forma de vida	Alimentación	Tipo de sedimento	Profundidad
<i>Pandora cystula</i>	Bentónico (Lancellotti y Vásquez, 2000) Infaunal (Güller y Zelaya, 2016)	No hay datos	-Arena muy fina, arena fina, arena gruesa y grava (Cárdenas y otros, 2008) -Sustrato tipo fango arena con fragmentos de conchas (Soot-Ryen, 1959 en Osorio y Reid, 2004). - Ejemplares vivos fueron recolectados en arena fangosa y fango arenoso en la bahía de Valparaíso (Ramorino, 1968 en Osorio y Reid, 2004).	-Desde los 50 m (Soot-Ryen, 1959) a los 330 m (Osorio y Reid 2004). - 22 a los 252 m (Cárdenas y otros, 2008)
Gastrópodos				
Especie	Forma de vida	Alimentación	Tipo de sedimento	Profundidad
<i>Fusitriton magellanicus</i>	-Bentónico (Aldea y otros, 2011).	Carnívoro	-Limo grueso, arena gruesa y grava (Cárdenas y otros, 2008) - Fondos con grava y guijarros, frecuentemente en bancos de mitílicos y también en praderas de <i>Gigartina skottsbergii</i> (Rosenfeld y otros, 2015 en Rosenfeld y otros, 2016).	-Aguas pocas profundas, 5 m (McLean y Andrade, 1982) -Entre 180-930 m (Cárdenas y otros, 2008).
<i>Xymenopsis cf. dispar</i>	Bentónico (Lancellotti y Vásquez, 2000).	Carnívoro, posee algunas estructuras y sustancias químicas que los ayudan a perforar las valvas de sus presas y a narcotizarlas (Forcelli, 2000).	-Fondos de grava, guijarros y sobre corales (Rios y otros, 2007).	-No hay datos
<i>Nassarius taeniolatus</i>	-Bentónico (Lancellotti y Vásquez, 2000). -Epifaunal bajo.	Carnívoro de movimiento lento.	Limo grueso, arena muy fina, arena fina (Cárdenas y otros, 2008).	-6-15 m (Reid y Osorio 2000). -160-345 m (Osorio y otros, 2006).

Tabla 3.16 Continuación.

Gastrópodos				
Especie	Forma de vida	Alimentación	Tipo de sedimento	Profundidad
<i>Bela paesleri</i>	-Bentónico (Lancelloti y Vásquez, 2000). -Epifaunal.	Carnívoro (Forcelli, 2000).	No hay datos	No hay datos
<i>Scaphander interruptus</i>	Epifaunal.	Carnívoro	No hay datos	No hay datos
<i>Capulus compresus</i>	Epifaunal, de vida sésil, generalmente epibiontes sobre bivalvos, comúnmente a pectínidos (McLean y Andrade, 1982).	Filtrador (McLean y Andrade, 1982).	No hay datos	-130 a 169 m (Cárdenas y otros, 2008). -76 a 409 m (Osorio & Reid 2004).

3.4. CARACTERIZACIÓN TAFONÓMICA

Para analizar los fósiles contenidos en cada bloque, primero se considera como bioclasto todo aquel cuerpo fósil o fragmento que posea un tamaño mayor a 2 mm y se examinan siguiendo los parámetros definidos en el subcapítulo 1.7 que corresponden a: composición taxonómica, biofábrica (orientación, empaquetamiento y selección), geometría, número de taxones, abundancia relativa, espectro de edades, desarticulación, fragmentación, incrustación, abrasión, bioerosión, rellenos y disolución. Además se complementa esta información con la caracterización litológica de cada punto y las observaciones hechas en terreno.

3.4.1. Bloque T1

El bloque T1 tiene una litología correspondiente a limolitas arenosas semiconsolidadas de color gris pardo oscuro que poseen buena selección, textura clástica y fábrica grano-soportada, están compuestas por granos subangulosos y esféricos de cuarzo, máficos levemente oxidados y feldespatos (Muestra T01, Pág. 149, Anexos).

Este bloque presenta una composición taxonómica que se encuentra representada en la Tabla 3.17, donde se resume el número de taxones y su abundancia relativa.

Tabla 3.17 Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles encontrados en el bloque T1.

BLOQUE T1	
Clase Bivalvia	
Taxón	Abundancia
<i>Ennucula grayi</i>	1
<i>Zygochlamys patagonica</i>	10
<i>Retrotapes exalbidus</i>	1
<i>Pandora cistula</i>	1
Clase Gastropoda	
Taxón	Abundancia
<i>Xymenopsis</i> cf. " <i>X.</i> " <i>dispar</i>	1
Gastrópodo Indet.	5
Phylum Echinodermata	
Taxón	Abundancia
Equinoideo Indet.	24
Orden Decapoda	
Taxón	Abundancia
Decápodo Indet.	14
Familia Serpulidae	
Taxón	Abundancia
Serpúlido Indet.	3

En la Figura 3.5, se grafica la abundancia de los elementos fósiles del bloque T1.

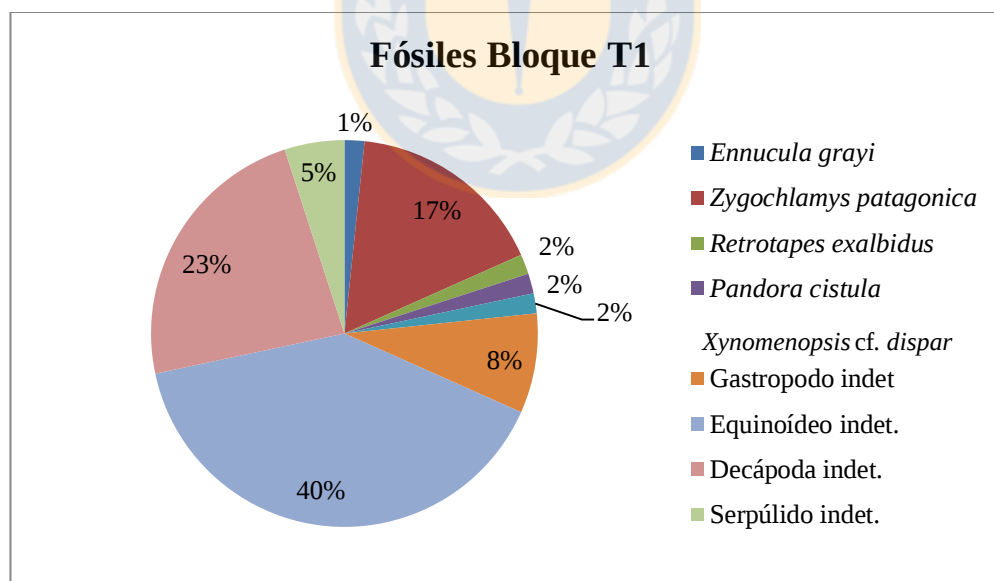


Figura 3.5 Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T1

A partir de esta información el bloque puede ser clasificado como politípico, porque tiene más de un tipo de organismo. Los más abundantes son los restos de Equinoideos (40%), seguidos de los ejemplares de *Zygochlamys patagónica* (17%)

La biofábrica de este bloque corresponde un empaquetamiento disperso, ya que los bioclastos están a más de un cuerpo de distancia entre ellos, por lo tanto se considera como matriz soportado. No hay lineamientos y, en su mayoría, los fósiles de la clase Bivalvia se encuentran oblicuos, en la Tabla 3.18 se resume la orientación de las concavidades de las valvas.

Tabla 3.18 Tabla resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T1.

CLASE BIVALVIA	ORIENTACIONES		
	Concavidad hacia arriba	Concavidad hacia abajo	Posición de vida
<i>Ennucula grayi</i>	0	1	0
<i>Zygochlamys patagonica</i>	5	5	0
<i>Retrotapes exalbidus</i>	0	0	1
<i>Pandora cistula</i>	0	1	0

En la tabla anterior, se observa que no existe una orientación dominante de las concavidades y que además hay un individuo de *Retrotapes exalbidus* que se encuentra en posición de vida.

Para determinar la selección se miden todos los elementos fósiles del bloque y a partir de estas medidas, se realiza un histograma de frecuencia relativa versus la longitud en milímetros (Figura 3.6).

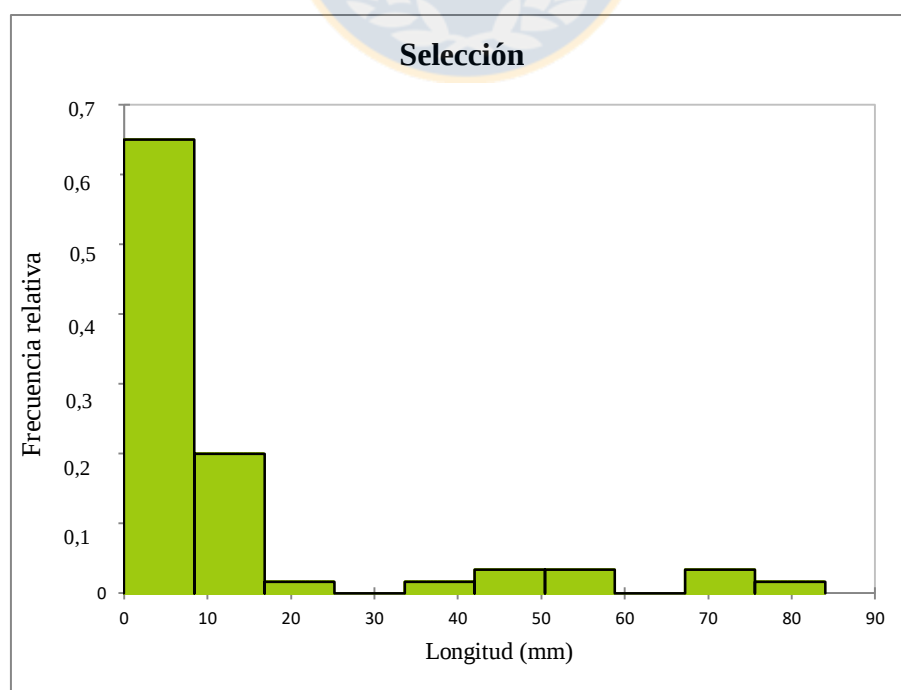


Figura 3.6 Histograma de selección del bloque T1

Del gráfico anterior se extrae que aproximadamente el 85% de los bioclastos se encuentra distribuido en dos clases de tamaños adyacentes, por ende la población fósil está bien seleccionada y se puede considerar multimodal.

Los fósiles de este bloque no presentan una geometría particular, ya que la mayoría de los elementos están dispersos en el estrato.

Con respecto a la articulación de las valvas, algunas *Zygochlamys patagonica* tienen una condición especial, ya que se conservan ambas valvas pero se encuentran desplazadas por unos cuantos milímetros (Fotografía 3.18), a estos ejemplares se los considera como articulados. También se contabiliza la cantidad de valvas derechas e izquierdas de los elementos desarticulados, como se puede ver en la Tabla 3.19.



Fotografía 3.18 *Zygochlamys patagonica* con ambas valvas, pero desplazadas por unos cuantos milímetros.

Tabla 3.19 Resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T1.

CLASE BIVALVIA Especies	ARTICULACIÓN		TIPO DE VALVA (desarticulados)	
	Articulado	Desarticulado	Valva derecha	Valva izquierda
<i>Ennucula grayi</i>	0	1	1	0
<i>Zygochlamys patagonica</i>	2	8	6	2
<i>Retrotapes exalbidus</i>	1	0	0	0
<i>Pandora cystula</i>	0	1	1	0

En la tabla anterior, predominan los elementos desarticulados, así como las valvas derechas en todos los especímenes de la clase Bivalvia.

Para analizar el porcentaje de fragmentación que poseen las valvas de los fósiles bivalvos, se realiza una estimación mediante la observación del rompimiento existente en las valvas derechas de los ejemplares. Así, para este bloque se tomó como referencia la *Zygochlamys patagónica*, ya que es el bivalvo más abundante, esta especie tiene en promedio un 7% de fragmentación, que corresponde principalmente a bordes levemente quebrados.

En este bloque no hay elementos incrustados en los especímenes, ni tampoco evidencias de disolución y bioerosión, aunque hay que señalar que gran parte de las valvas de *Zygochlamys patagónica* presentan marcas de serpúlidos en su exterior (Fotografía 3.19).



Fotografía 3.19 Valva derecha fragmentada de *Zygochlamys patagónica* que presenta marcas de serpúlidos bien acentuadas en su exterior.

Algunos de estos fósiles poseen relleno sedimentario, éste presenta la misma litología que el punto donde se realizó el análisis.

3.4.2. Bloque T2

Este bloque presenta una litología correspondiente a limolita arenosa semiconsolidada, de color pardo oscuro en la cara alterada y gris pardo en la fresca, posee buena selección, tiene textura clástica y es grano-soportada. Está compuesta principalmente por granos de cuarzo esféricos y subangulosos, máficos y feldespatos subangulosos y subprismáticos (Muestra T02, Pág. 150, Anexos).

La composición taxonómica del bloque es politípica, ya que tiene más de un tipo de organismo, en la Tabla 3.20, se resumen las especies encontradas (número de taxones) y su abundancia relativa.

Tabla 3.20 Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles encontrados en el bloque T2.

BLOQUE T2	
Clase Bivalvia	
Taxón	Abundancia
<i>Zygochlamys patagonica</i>	242
<i>Pandora cistula</i>	1
Indeterminados	2
Clase Gastropoda	
Taxón	Abundancia
<i>Nassarius taeniolatus</i>	1
<i>Scaphander interruptus</i>	1
Gastrópodo Indet.	4
Phylum Echinodermata	
Taxón	Abundancia
Equinoideo Indet.	16
Orden Decapoda	
Taxón	Abundancia
Decápodo Indet.	7
Indeterminados	
Abundancia	2

En la Figura 3.7, se grafica la abundancia relativa de este bloque. Tanto en esta figura como en la tabla anterior se observa que el bloque se caracteriza por la gran cantidad de bivalvos, especialmente de *Zygochlamys patagónica* que constituye el 87,68%. Si se compara este punto con las demás localidades estudiadas, los pectínidos representan el 26,47% del total de las muestras encontradas de este taxón.

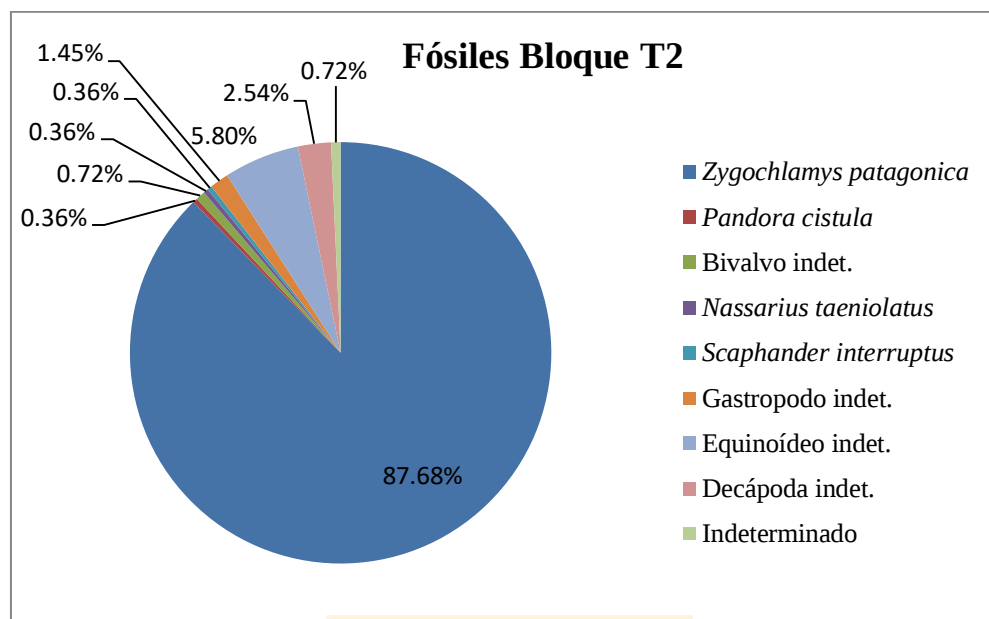


Figura 3.7 Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T2

La geometría de este bloque corresponde a un cúmulo (Fotografía 3.20), cuya biofábrica posee empaquetamiento denso y es biograno-soportada, el contacto entre los fósiles es común. No se observan lineamientos principales, pero la gran mayoría de las valvas se encuentran oblicuas, en la Tabla 3.21 se resume la orientación de las concavidades.



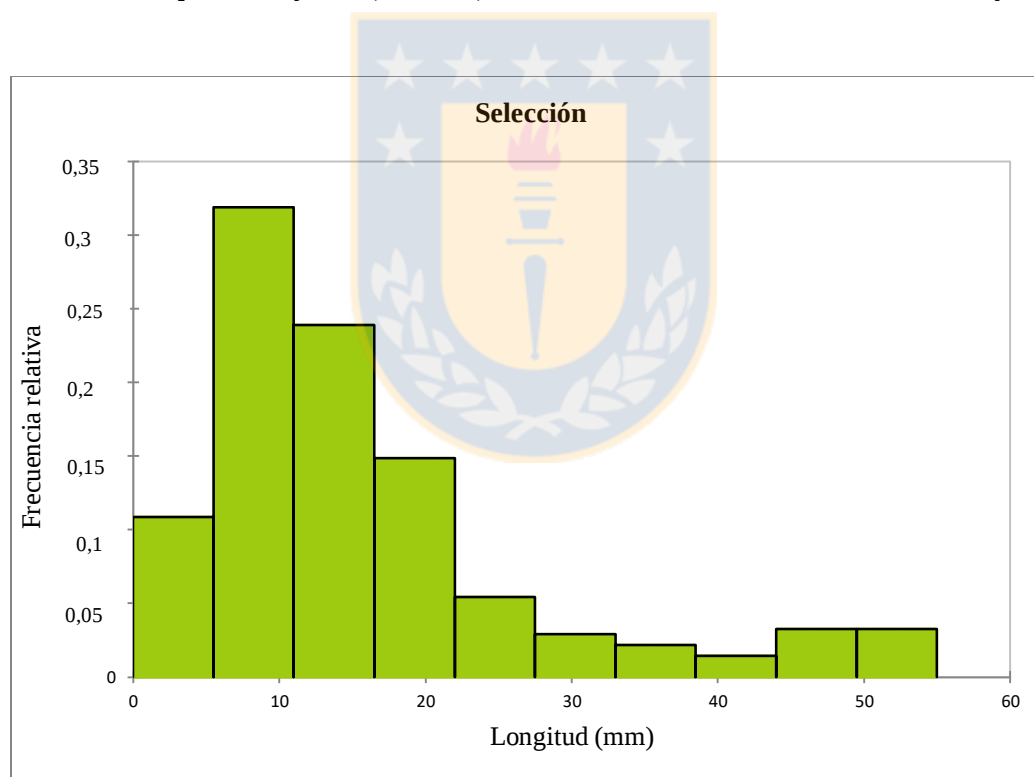
Fotografía 3.20 Bloque T2, los fósiles están en forma de cúmulo, donde dominan las *Zygochlamys patagónica*.

Tabla 3.21 Tabla resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T2.

CLASE BIVALVIA	ORIENTACIONES		
	Concavidad hacia arriba	Concavidad hacia abajo	Posición de vida
<i>Zygochlamys patagonica</i>	118	124	0
<i>Pandora cystula</i>	0	1	0
Indeterminados	0	2	0

Desde la tabla anterior se ve que domina levemente la concavidad hacia abajo, y que no existen ejemplares que se encuentran en posición de vida.

La Figura 3.8 muestra la selección existente en el bloque, en la cual se observa que el 80% de los bioclastos están distribuidos en más de tres clases, por lo tanto está pobremente seleccionado. También se observa que la mayoría (31,90%) de los fósiles se encuentran entre los 5 y 11 mm.

**Figura 3.8** Histograma de selección del bloque T2

En la Tabla 3.22 se resume la cantidad de valvas izquierdas y derechas de los individuos, además se indica el estado de articulación de éstas. Al igual que en el bloque anterior, se considera como articuladas a las *Zygochlamys patagónica* que posean ambas valvas, aunque estén desplazadas por unos cuantos milímetros.

Tabla 3.22 Tabla resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T2.

CLASE BIVALVIA	ARTICULACIÓN		TIPO DE VALVA (desarticulados)		
Especies	Articulado	Desarticulado	Valva derecha	Valva izquierda	Indeterminado
<i>Zygochlamys patagonica</i>	13	229	32	14	183
<i>Pandora cystula</i>	0	1	1	0	0
Indeterminado	0	2	0	0	2

En la tabla anterior, sobresalen los elementos desarticulados y aunque en la gran mayoría de los bioclastos no se pudo determinar el tipo de valva existente, hay una leve predominancia de las valvas derechas.

Como las valvas derechas de las *Zygochlamys patagónica* son las mayoritarias (de las que se pudieron determinar), se utiliza este bivalvo para estimar la fragmentación, que corresponde a un 48%.

Los bioclastos no presentan evidencia de disolución y bioerosión, tampoco hay elementos incrustados en las valvas de los moluscos estudiados.

3.4.3. Bloque T3

La litología de este punto corresponde a arenisca arcosa semiconsolidada, de grano muy fino que de color pardo oscuro en la cara alterada y pardo grisáceo en la cara fresca, posee buena selección, es grano-soportada y tiene textura clástica. Está compuesta principalmente por monominerales subangulosos y subprismáticos de cuarzo (25%), máficos oxidados (5%) y feldespatos alterados levemente a arcilla (70%), además exhibe 5% de restos orgánicos (Muestra T03, Pág. 151, Anexos).

El bloque T3 tiene composición taxonómica politípica como se puede observar en la Tabla 3.23; en ésta se resume el número de taxones (especies encontradas) y su abundancia relativa.

Tabla 3.23 Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles encontrados en el bloque T3.

BLOQUE T3	
Clase Bivalvia	
Taxón	Abundancia
<i>Zygochlamys patagonica</i>	386
<i>Tindariopsis sulculata</i>	9
<i>Retrotapes exalbidus</i>	9
Indeterminados	8
Clase Gastropoda	
Taxón	Abundancia
<i>Bela paesleri</i>	1
Gastrópodo Indet.	15
Phylum Echinodermata	
Taxón	Abundancia
Equinoideo Indet.	22
Familia Serpulidae	
Taxón	Abundancia
Serpúlido Indet.	22

En la Figura 3.9 se grafican los bioclastos del bloque T3. En conjunto con la tabla anterior, se puede establecer que la especie más abundante corresponde a *Zygochlamys patagónica*, que constituye un 81,78% de las muestras; dentro de los puntos estudiados, este bloque contiene la mayor cantidad de ejemplares de este taxón. Los pectínidos son seguidos por Equinodermos indet. (4,66%) y Serpúlidos indet. (4,66%).

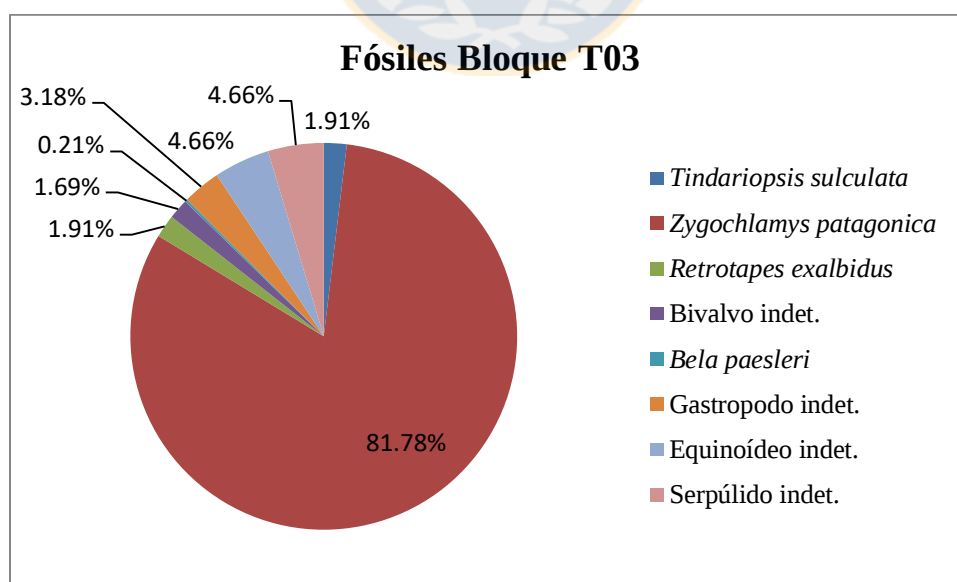


Figura 3.9 Gráfico circular con la abundancia fosilífera del Bloque T3

La geometría de esta concentración fósil corresponde a una capa de 7 cm de espesor (Fotografía 3.21), cuya biofábrica posee empaquetamiento denso, es bioclasto soportado, donde el contacto entre los elementos estudiados es común. No existen lineamientos dominantes y hay pocos fósiles oblicuos, en la Tabla 3.24 se resume la orientación de las concavidades.



Fotografía 3.21 Bloque T3, los fósiles se presentan en forma de capa donde dominan las *Zygochlamys patagónica*.

Tabla 3.24 Tabla resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T3.

CLASE BIVALVIA Especies	ORIENTACIONES		
	Concavidad hacia arriba	Concavidad hacia abajo	Posición de vida
<i>Zygochlamys patagonica</i>	173	206	7
<i>Tindariopsis sulculata</i>	5	4	0
<i>Retrotapes exalbidus</i>	4	4	1
Indeterminados	2	1	5

En la tabla anterior, la mayoría de las valvas están orientadas con su concavidad hacia abajo y existen algunos organismos fósiles que se encuentran en posición de vida.

En la Figura 3.10 se grafica la frecuencia relativa de los distintos tamaños (mm) que poseen los bioclastos del bloque T3, en la cual se refleja la selección existente en el punto estudiado. Este gráfico, está altamente influenciado por la gran cantidad de *Zygochlamys patagónica*, se muestra que este fósil no posee un tamaño constante, ya que están distribuidos en varias clases de tamaño, esto es explicado por la alta presencia de elementos fragmentados (90 muestras estudiadas), por lo tanto el bloque T3 tiene una selección pobre. La mayoría (24,80%) de los ejemplares miden entre 8 y 17 mm.

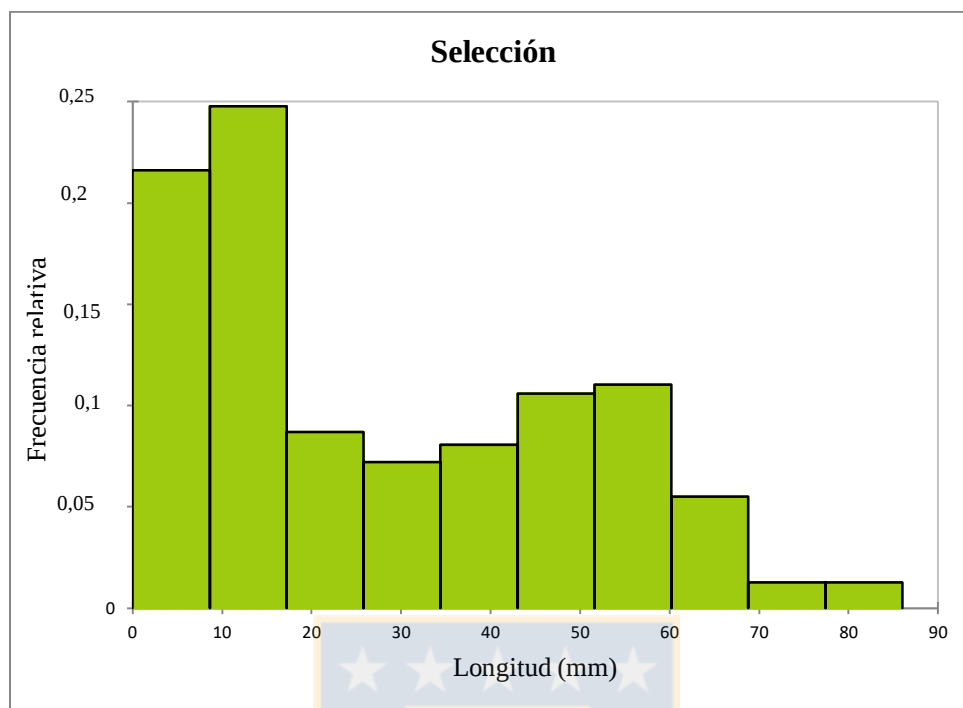


Figura 3.10 Histograma de selección del bloque T3

Se resume en la Tabla 3.25 la cantidad de valvas izquierdas y derechas de los bivalvos, y el estado de articulación que presentan, al igual que en los bloques anteriores también se considera como elementos articulados a las *Zygochlamys patagónica* que poseen ambas valvas, aunque estén desplazadas por unos mm.

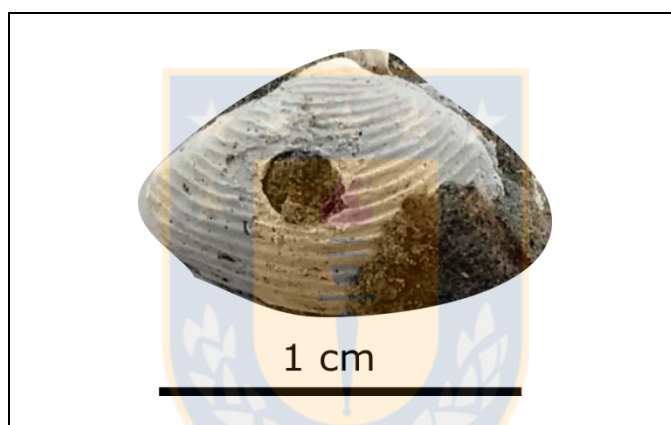
Tabla 3.25 Tabla resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T3.

CLASE BIVALVIA	ARTICULACIÓN		TIPO DE VALVA (desarticulados)		
Especies	Articulado	Desarticulado	Valva derecha	Valva izquierda	Indeterminado
<i>Zygochlamys patagonica</i>	7	379	24	26	329
<i>Tindariopsis sulcata</i>	0	9	3	3	3
<i>Retrotapes exalbidus</i>	1	8	1		7
Indeterminados	0	8	0	0	8

Esta tabla muestra que la mayoría de los ejemplares bivalvos (~98%) se encuentran desarticulados, dentro de estos elementos existe una proporción similar entre valvas derechas e izquierdas, aunque hay que mencionar que hay varias valvas fósiles que no pudieron ser identificadas, porque solamente representaban un fragmento no identificable.

Con respecto a la fragmentación se utiliza el bivalvo *Zygochlamys patagónica*, porque es el más abundante. Este índice es difícil de calcular, ya que en este punto existen muchos elementos fragmentados donde no es posible identificar a que valva pertenecen, si se consideran tendrían un índice de fragmentación del 75%. Si solo se analizan las valvas completamente identificables, en este caso las izquierdas, el índice de fragmentación varía a 42%.

Las valvas no tienen evidencias de disolución, ni elementos incrustados. Pero algunas valvas desarticuladas de *Tindariopsis sulculata* (3 ejemplares) muestran marcas de bioerosión (Fotografía 3.22).



Fotografía 3.22 Valva derecha de *Tindariopsis sulculata*, presenta una marca de bioerosión en la parte central del ejemplar.

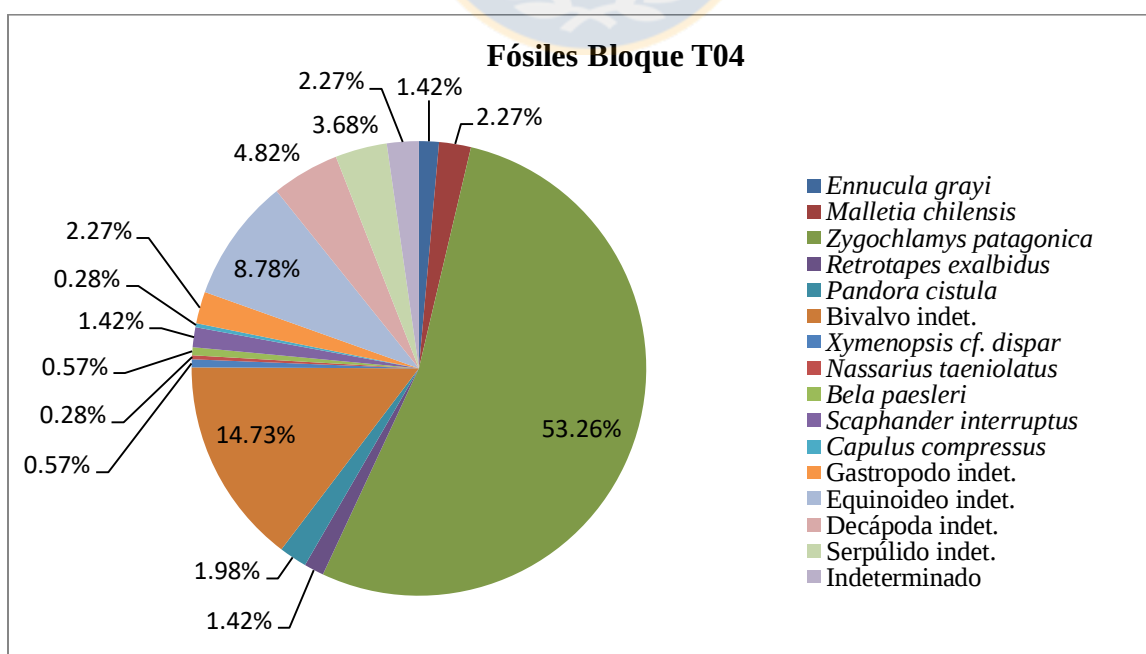
3.4.4. Bloque T4

Bloque constituido por limolitas arenosas semiconsolidadas de color pardo oscuro en la cara alterada y gris pardo en la cara fresca. Tiene buena selección, textura clástica y es clastosoportada, compuesta por granos monominerales subangulosos y subprismáticos de cuarzo (54%), máficos (40%), feldespatos (5%) y micas (1%) (Muestra T04, Pág. 152, Anexos).

El bloque T4 es politípico, porque posee más de una especie, el número de taxones y su abundancia relativa queda resumida en la Tabla 3.26 y exhibida en la Figura 3.11.

Tabla 3.26 Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles encontrados en el bloque T4.

BLOQUE T4	
Clase Bivalvia	
Taxón	Abundancia
<i>Zygochlamys patagonica</i>	188
<i>Malletia chilensis</i>	8
<i>Retrotapes exalbidus</i>	5
<i>Pandora cistula</i>	7
<i>Ennucula grayi</i>	5
Indeterminados	52
Clase Gastropoda	
Taxón	Abundancia
<i>Bela paesleri</i>	2
<i>Scaphander interruptus</i>	5
<i>Nassarius taeniolatus</i>	1
" <i>Xymenopsis</i> " cf. " <i>X</i> " <i>dispar</i>	2
<i>Capulus compresus</i>	1
Gastrópodo Indet.	8
Phylum Echinodermata	
Taxón	Abundancia
Equinoideo Indet.	31
Familia Serpulidae	
Taxón	Abundancia
Serpúlido Indet.	13
Orden Decapoda	
Taxón	Abundancia
Decápodo Indet.	17
Indeterminados	
Abundancia	8

**Figura 3.11** Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T4

A partir del gráfico y la tabla, se ve que el bivalvo más abundante corresponde a *Zygochlamys patagónica*, el que representa el 53,26% de la muestras, es seguido por la alta presencia de Bivalvos indet. (14,73%), grupo compuesto por elementos muy pequeños o alterados para ser identificados. Este bloque se caracteriza por la presencia de diversos taxones de gastrópodos, destaca el ejemplar de *Capulus compresus*, ya que es la primera vez que se registra para la Formación Tubul.

A partir de este gráfico de barras y la tabla anterior, se puede observar que el bivalvo más abundante corresponde a *Zygochlamys patagónica*, el que representa el 20,56% de las muestras totales de esta especie, le siguen en abundancia los Equinodermos Indet, que constituyen el 21,67% del total de estos organismos. Este bloque se caracteriza por la presencia de diversos taxones de gastrópodos.

La geometría de este punto corresponde a una capa de poco espesor (7 cm), donde no se observan lineamientos principales, pero los elementos se encuentran oblicuos (Fotografía 3.23). La biofábrica tiene empaquetamiento vago, donde la mayoría de los bioclastos están a más de un cuerpo de distancia, pero algunos tienen contacto entre sí y en ocasiones albergan en su interior otros más pequeños (elementos anidados). En la Tabla 3.27 se resume la orientación de las concavidades de las valvas.



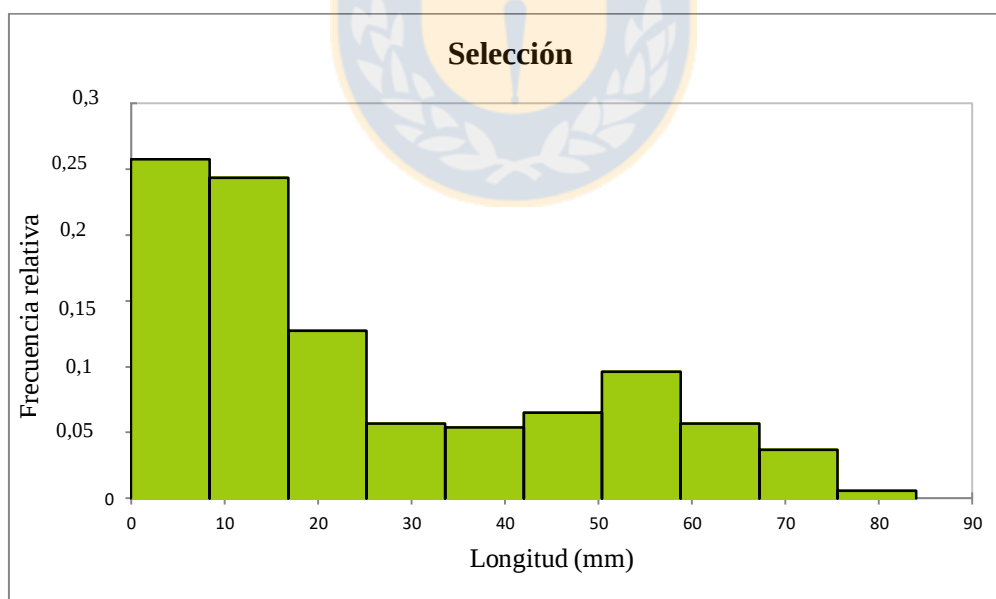
Fotografía 3.23 Bloque T4, los fósiles están en forma de capa donde dominan las *Zygochlamys patagónica*.

Tabla 3.27 Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T4.

CLASE BIVALVIA Especies	ORIENTACIONES		
	Concavidad hacia arriba	Concavidad hacia abajo	Posición de vida
<i>Zygochlamys patagonica</i>	92	93	3
<i>Malletia chilensis</i>	4	3	1
<i>Retrotapes exalbidus</i>	1	1	3
<i>Pandora cistula</i>	4	3	0
<i>Ennucula grayi</i>	3	2	0
Indeterminados	26	27	0

En la tabla anterior se puede observar que existe casi la misma proporción de elementos con la concavidad hacia abajo y hacia arriba, al igual que hay algunos especímenes que se encuentran en posición de vida (2,6%).

En la Figura 3.12 se grafica la frecuencia relativa versus el tamaño de los fósiles en milímetros, este histograma muestra las distintas clases de tamaños que existen en el punto, lo que se traduce en que el bloque posee una selección pobre, ya que existen tres clases distintivas. La mayoría de los bioclastos (50,20%) tienen dimensiones que van entre el límite de 0 y 17 mm.

**Figura 3.12** Histograma de selección del bloque T4.

En la Tabla 3.28, se cuantifica la cantidad de valvas derechas e izquierdas encontradas en el punto estudiado, además de resumir su estado de articulación, al igual que en los bloques

anteriores se considera como articuladas las *Zygochlamys patagónica* que presentan ambas valvas, pero desplazadas por unos pocos mm.

Tabla 3.28 Tabla resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T4.

CLASE BIVALVIA Especies	ARTICULACIÓN		TIPO DE VALVA (desarticulados)		
	Articulado	Desarticulado	Valva derecha	Valva izquierda	Indeterminado
<i>Zygochlamys patagonica</i>	27	161	27	24	110
<i>Malletia chilensis</i>	1	7	3	0	4
<i>Retrotapes exalbidus</i>	3	2	0	0	2
<i>Pandora cystula</i>	0	7	3	1	3
<i>Ennucula grayi</i>	0	5	1	2	2
Indeterminados	0	53	0	0	53

Esta última tabla indica que la mayoría de los bivalvos se encuentran desarticulados (85,63%), entre las valvas que se pudieron identificar existe una proporción similar entre izquierdas y derechas, con una leve dominancia de éstas últimas. Hay gran cantidad de valvas en las cuales no se pudo determinar el tipo, ya que corresponden a fragmentos pequeños. Para calcular el índice de fragmentación se utilizan las valvas derechas de *Zygochlamys patagónica*, a partir de esto, se estima que éstas poseen en promedio 29% de fragmentación.

Los bivalvos de este bloque no poseen evidencias de disolución, de abrasión, ni de bioerosión, aunque hay que mencionar que las valvas de *Zygochlamys patagónica* restos de serpúlidos (Fotografía 3.24), tanto en el exterior como en el interior. También existen bioclastos que en su interior poseen relleno sedimentario, que presentan la misma litología del punto.



Fotografía 3.24 Valvas izquierdas de *Zygochlamys patagónica* que presentan marcas de serpúlidos en su exterior.

3.4.5. Bloque T5

Presenta limolitas arenosas semiconsolidadas de color gris pardo, en la cara alterada, y gris, en la cara fresca. Posee buena selección, textura clástica y es grano-soportada, compuesta por monominerales finos, subangulos y subprismáticos de cuarzo (74%), máficos (15%), feldespatos (10%), micas (1%) y un 5% de restos orgánicos (Muestra T05, Pág. 153, Anexos).

La composición taxonómica es politípica, ya que se identifica más de un taxón. En la Tabla 3.29 se indica la cantidad de especímenes y su abundancia relativa.

Tabla 3.29 Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles encontrados en el bloque T5.

BLOQUE T5	
Clase Bivalvia	
Taxón	Abundancia
<i>Zygochlamys patagonica</i>	58
<i>Malletia chilensis</i>	1
<i>Pandora cistula</i>	2
<i>Ennucula grayi</i>	3
Indeterminados	14
Clase Gastropoda	
Taxón	Abundancia
<i>Bela paesleri</i>	2
<i>Fusitron magellanicus</i>	1
Gastrópodo Indet.	4
Phylum Echinodermata	
Taxón	Abundancia
Equinoideo Indet.	7
Phylum Brachiopoda	
Taxón	Abundancia
<i>Magellania venosa</i>	1
Orden Decapoda	
Taxón	Abundancia
Decápodo Indet.	5
Indeterminados	
Abundancia	25

En la Figura 3.13 se realiza un gráfico comparativo, donde se muestra que el fósil más abundante corresponde al bivalvo *Zygochlamys patagonica* (45,31%). En este punto destaca la identificación del braquiópodo *Magellania venosa*.

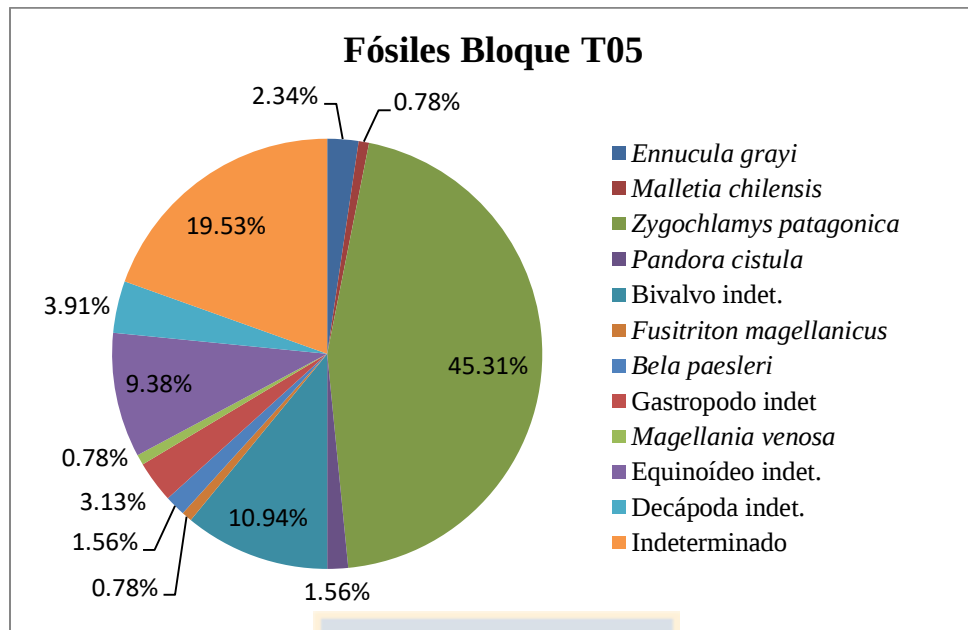


Figura 3.13 Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T5

La concentración de fósiles tiene geometría correspondiente a cúmulo pequeño (Fotografía 3.25), no hay lineamiento principal y algunos bioclastos se encuentran oblicuos; en la Tabla 3.30 se resume la orientación de las concavidades. La biofábrica tiene empaquetamiento vago, donde solo algunos especímenes tienen contacto entre sí.



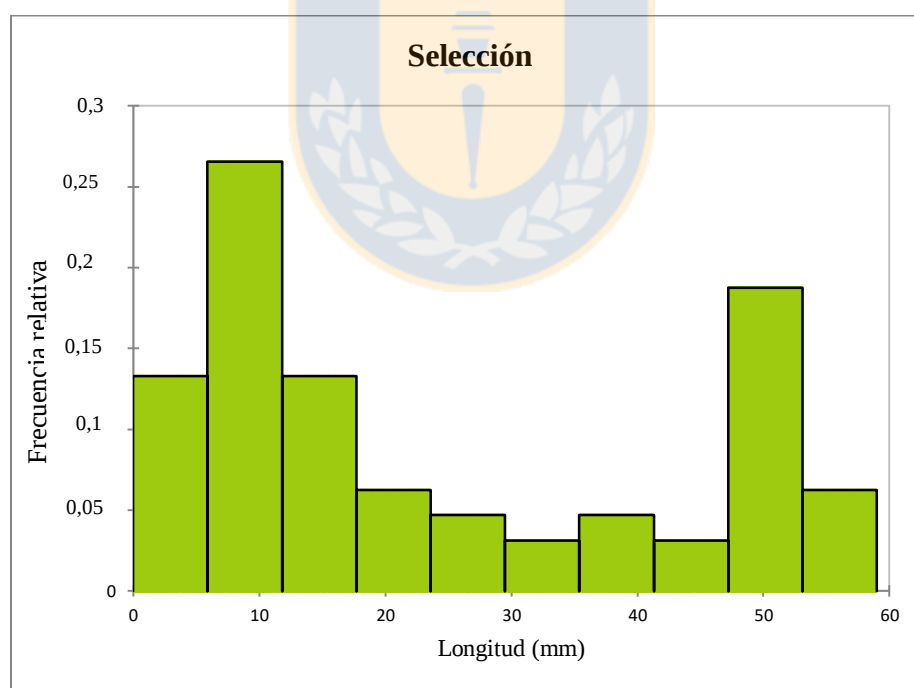
Fotografía 3.25 Bloque T5, los fósiles se presentan en forma de cúmulo.

Tabla 3.30 Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T5.

CLASE BIVALVIA	ORIENTACIONES		
	Concavidad hacia arriba	Concavidad hacia abajo	Posición de vida
<i>Zygochlamys patagonica</i>	32	21	5
<i>Malletia chilensis</i>	1	0	0
<i>Pandora cistula</i>	1	1	0
<i>Ennucula grayi</i>	2	1	0
Indeterminados	7	7	0

La orientación predominante de las valvas es la concavidad hacia arriba, existen solo 5 ejemplares de *Zygochlamys patagonica* que se encuentran en posición de vida.

En la Figura 3.14 se establece la selección de los bioclastos mediante la medición de la frecuencia relativa de los tamaños que poseen los fósiles encontrados. Se puede observar que la selección es mala ya que los elementos están agrupados en más de tres clases de tamaño, la mayoría (26,60%) de los bioclastos miden entre 6 y 12 mm.

**Figura 3.14** Histograma de selección del bloque T5

La Tabla 3.31 resume el estado de articulación en el cual se encuentran las valvas y además se cuantifican según su tipo (derechas e izquierdas); al igual que en los bloques anteriores se

considera como elementos articulado a las *Zygochlamys patagónica* que poseen ambas valvas aunque estén desplazadas por unos cuantos mm.

Tabla 3.31 Resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T5.

CLASE BIVALVIA	ARTICULACIÓN		TIPO DE VALVA (desarticulados)		
Especies	Articulado	Desarticulado	Valva derecha	Valva izquierda	Indeterminado
<i>Zygochlamys patagónica</i>	5	53	5	4	44
<i>Malletia chilensis</i>	0	1	0	1	0
<i>Pandora cistula</i>	0	2	1	1	0
<i>Ennucula grayi</i>	0	3	0	1	2
Indeterminados	0	14	0	0	14

En la tabla anterior, la mayoría (92,18%) de los bioclastos correspondientes a bivalvos están desarticulados y además no se puede determinar a qué tipo de valva pertenece cada elemento, ya que se encuentran fragmentados.

El índice de fragmentación se estima a partir de la especie *Zygochlamys patagónica*, ya que es el bioclasto más abundante en el bloque, si se analizan solamente los fragmentos se puede determinar una fragmentación del 60%, pero las valvas que están enteras tienen un índice menor de aproximadamente 20%.

Los elementos no presentan evidencia de disolución, ni marcas de bioresión, algunos de los fósiles corresponden a moldes internos cuyo composición litológica es igual a la del punto estudiado.

3.4.6. Bloque T6

Existe una litología correspondiente a limolitas arenosas semiconsolidas de color gris pardo en la cara fresca, compuesta por monominerales finos de cuarzo (45%), máficos (50%) y un 5% de feldespatos (Muestra T06, Pág. 154, Anexos).

Este bloque tiene composición taxonómica politípica ya que presenta varias especies de organismos fósiles; en la Tabla 3.32 y Figura 3.15, se cuantifican la cantidad de taxones y su abundancia relativa.

Tabla 3.32 Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles encontrados en el bloque T5.

BLOQUE T6	
Clase Bivalvia	
Taxón	Abundancia
<i>Tindariopsis sulculata</i>	75
<i>Malletia chilensis</i>	2
<i>Zygochlamys patagonica</i>	13
<i>Retrotapes exalbidus</i>	126
Indeterminados	8
Clase Gastropoda	
Taxón	Abundancia
<i>Fusitriton magellanicus</i>	1
" <i>Xymenopsis</i> " cf. " <i>X</i> " <i>dispar</i>	1
Indeterminados	2
Phylum Echinodermata	
Taxón	Abundancia
Equinoideo Indet.	36
Familia Serpulidae	
Taxón	Abundancia
Serpúlido Indet.	9
Orden Decapoda	
Taxón	Abundancia
Decápodo Indet.	5

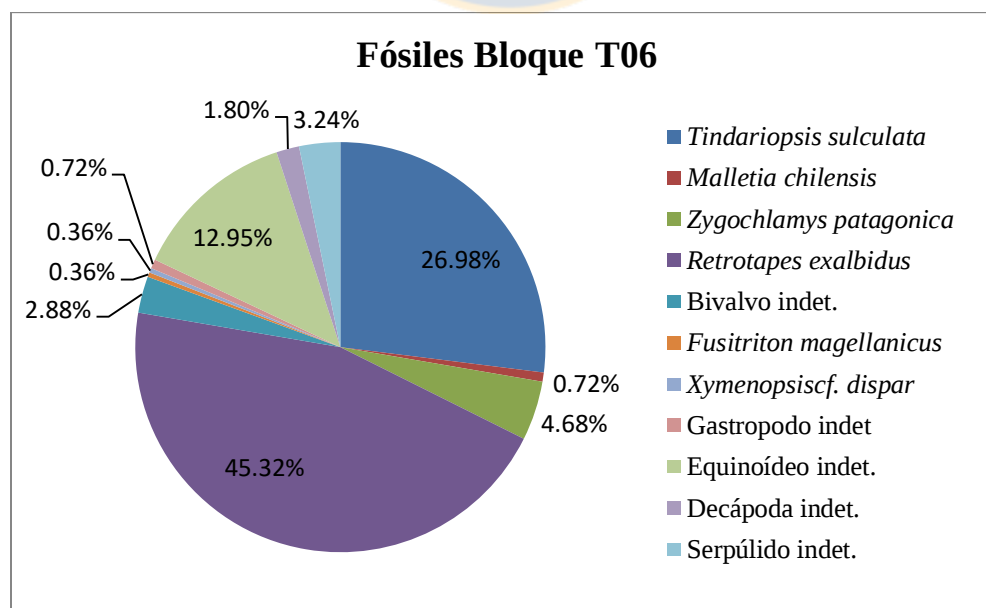


Figura 3.15 Gráfico circular con la abundancia fosilífera del bloque T6

El bivalvo más abundante es *Retrotapes exalbidus* (45,32%), seguido de *Tindariopsis sulculata* (26,98%) y de Equinoideos indet. (12,95%).

La concentración de fósiles está agrupada en un cúmulo (Fotografía 3.26), no se observan lineamientos principales y algunos de los especímenes están oblicuos, en la Tabla 3.33 se resume la orientación de las concavidades de los bioclastos. La biofábrica presenta empaquetamiento vago, ya que solamente algunos de los fósiles tienen contacto entre sí.



Fotografía 3.26 Bloque T6, los fósiles se encuentran agrupados en forma de cúmulo.

Tabla 3.33 Tabla resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T6.

CLASE BIVALVIA	ORIENTACIONES		
	Concavidad hacia arriba	Concavidad hacia abajo	Posición de vida
<i>Zygochlamys patagonica</i>	10	3	0
<i>Tindariopsis sulculata</i>	31	38	6
<i>Retrotapes exalbidus</i>	47	39	40
<i>Malletia chilensis</i>	2	0	0
Indeterminados	4	4	0

En la tabla anterior se observa que en los fósiles de *Tindariopsis sulculata* domina la concavidad hacia abajo y existen unos pocos (8%) que se encuentran en posición de vida. En cambio en los bioclastos de *Retrotapes exalbidus* existe una proporción similar entre las distintas orientaciones de las concavidades y los elementos que están en posición de vida.

En la Figura 3.16 se grafica la frecuencia relativa de los distintos tamaños que presentan los bioclastos esto representa la selección que existe en el bloque T6, en la figura se observan que hay tres clases de tamaño, por lo tanto el punto tiene una mala selección. La mayoría de los fósiles (33,80%) se encuentran entre los 7 y 14 mm.

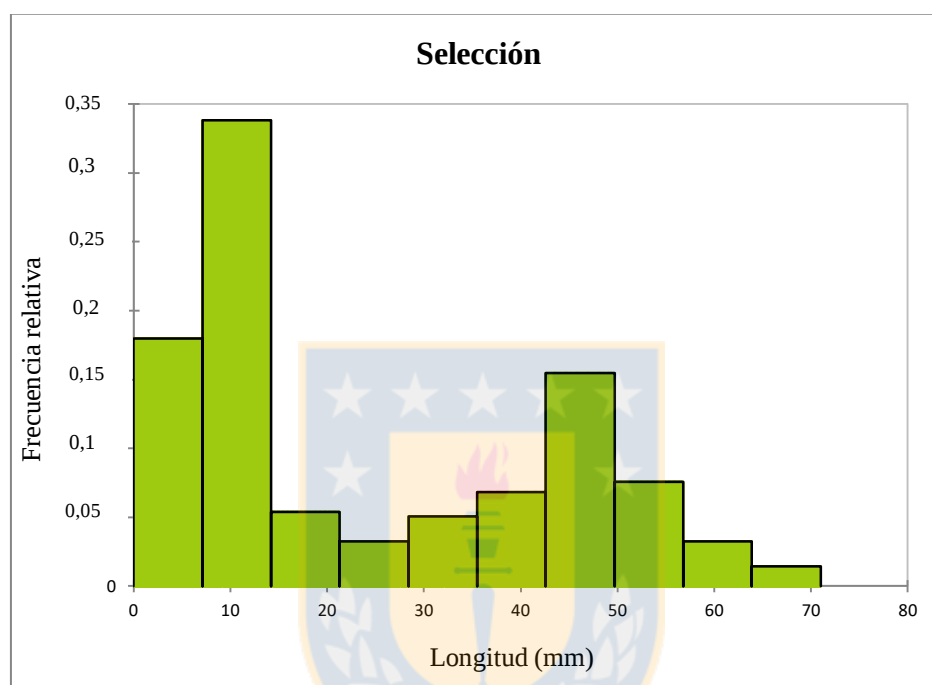


Figura 3.16 Histograma de selección del bloque T6

En la Tabla 3.34 se cuantifica la cantidad de bivalvos articulados y desarticulados, además del total de valvas izquierdas y derechas.

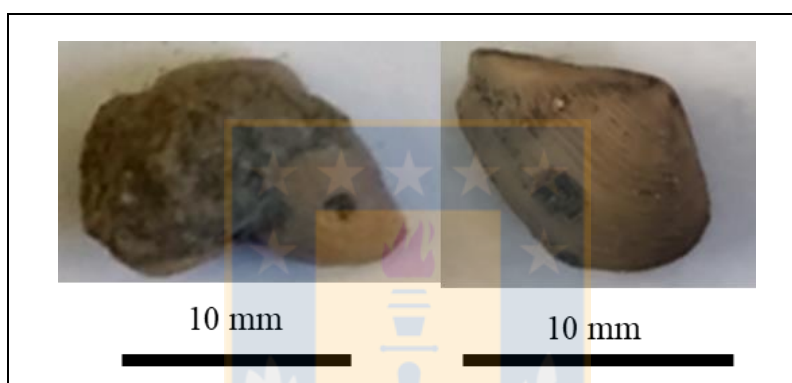
Tabla 3.34 Resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T6.

CLASE BIVALVIA Especies	ARTICULACIÓN		TIPO DE VALVA (desarticulados)		
	Articulado	Desarticulado	Valva derecha	Valva izquierda	Indeterminado
<i>Zygochlamys patagonica</i>	0	13	2	1	10
<i>Malletia chilensis</i>	0	2	2	0	0
<i>Tindariopsis sulculata</i>	7	68	11	9	48
<i>Retrotapes exalbidus</i>	40	86	8	9	69
Indeterminados	0	8	0	0	8

En la tabla anterior se observa que dominan ampliamente los bivalvos desarticulados (79,01%), la mayoría de las valvas no pudieron ser identificadas ya que se encuentran fragmentadas.

El índice de fragmentación se calcula a partir del bivalvo más abundante que corresponde a *Retrotapes exalbidus*. Se estima a partir de las valvas derechas, tanto, de los elementos desarticulados como articulados, la fragmentación corresponde a 27,91%. Si se consideran los elementos indeterminados el índice aumenta a 60%.

Los bioclastos no tienen evidencias de disolución y abrasión. Algunos fósiles de *Tindariopsis sulculata* presentan marcas de bioerosión (Fotografía 3.27). En este punto también se hallan moldes internos de *Retrotapes exalbidus*, cuya composición es igual a la litología del área.



Fotografía 3.27 Dos ejemplares de *Tindariopsis sulculata* que presentan marcas de bioerosión.

3.4.7. Bloque T7

El bloque T7 tiene litología correspondiente a fangolitas arenosas semiconsolidadas, de color gris pardo, en la cara fresca, y marrón, en la cara alterada. Tienen textura clástica, buena selección y fábrica grano-soportada. Se caracterizan por granos monominerales finos, subangulosos y subprismáticos de cuarzo (67%), máficos alterados (30%), feldespatos (2%) y 1% de micas (Muestra T07, Pág. 155, Anexos).

Hay varios especímenes fósiles en este punto, lo cual hace que su composición taxonómica sea polítipica. En la Tabla 3.35 y Figura 3.17, se resumen los taxones del bloque y su abundancia relativa.

Tabla 3.35 Composición taxonómica y abundancia relativa de los elementos fósiles encontrados en el bloque T7.

BLOQUE T7	
Clase Bivalvia	
Taxón	Abundancia
<i>Zygochlamys patagonica</i>	17
<i>Cyclocardia velutinus</i>	102
<i>Ennucula grayi</i>	1
Indeterminados	1
Clase Gastropoda	
Taxón	Abundancia
Gastrópodo Indet.	3
Indeterminados	
Abundancia	2

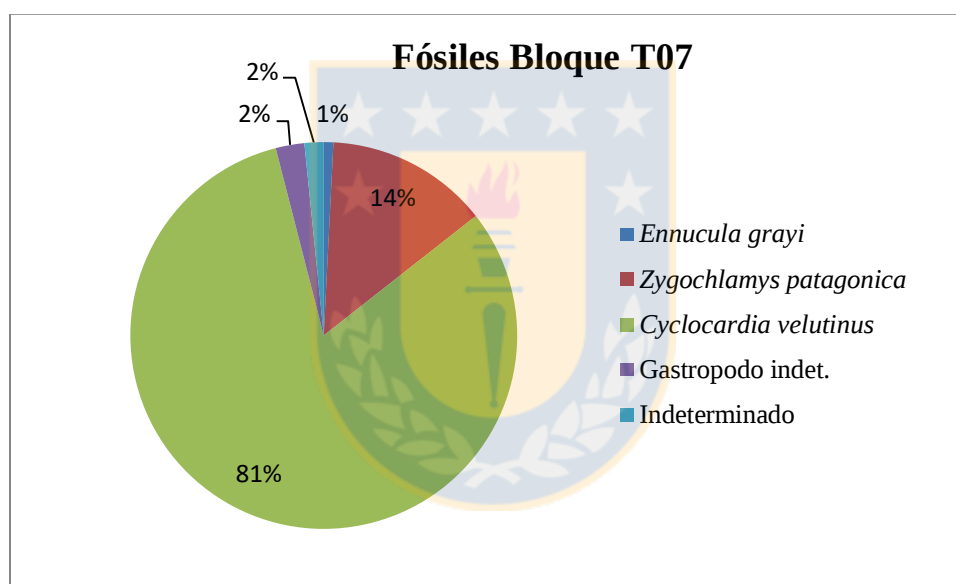


Figura 3.17 Gráfico circular con la abundancia fósilífera del bloque T7

El bivalvo más abundante corresponde a *Cyclocardia velutinus* con un 81%, hay que señalar que este fósil solo se encuentra en este punto del área de estudio. El segundo fósil más abundante corresponde a *Zygochlamys patagónica* con un 14%.

Los fósiles de este bloque no tienen una geometría en particular, si no que están diseminados alrededor del estrato (Fotografía 3.28), no hay lineamientos y algunos de los fósiles están oblicuos, en la Tabla 3.36 se resume la orientación de las concavidades de las valvas. La biofábrica de esta acumulación es dispersa, ya que los bioclastos están a más de un cuerpo de distancia entre ellos.



Fotografía 3.28 Bloque T7, los fósiles están dispersos alrededor del estrato.

Tabla 3.36 Resumen con las orientaciones de las cavidades de valvas del bloque T7.

CLASE BIVALVIA	ORIENTACIONES		
	Concavidad hacia arriba	Concavidad hacia abajo	Posición de vida
<i>Zygochlamys patagonica</i>	8	9	0
<i>Cyclocardia velutinus</i>	58	34	10
<i>Ennucula grayi</i>	0	1	0
Indeterminados	1	0	0

La mayoría de las valvas tienden a orientarse con la concavidad hacia arriba y que existen unos cuantos ejemplares (9,8%) de *Cyclocardia velutinus* que se encuentran en posición de vida.

En la Figura 3.18 se determina la selección existente en el bloque mediante el análisis de la frecuencia relativa de los distintos tamaños de los bioclastos. El punto de estudio tiene buena selección, ya que aproximadamente el 86% de los ejemplares se encuentran dentro de dos clases de tamaño adyacentes. La gran mayoría de los fósiles presentan tamaños que van desde 7 hasta los 16 mm.

Con respecto a la articulación de las valvas, esta es resumida en la Tabla 3.37. Se observa que gran parte de los ejemplares (90,19%) se encuentran desarticulados, dentro de estos elementos existe una alta proporción de valvas izquierdas (27%), aunque hay que señalar que varias de las valvas analizadas no pudieron ser clasificadas (53%), ya que corresponden a fragmentos.

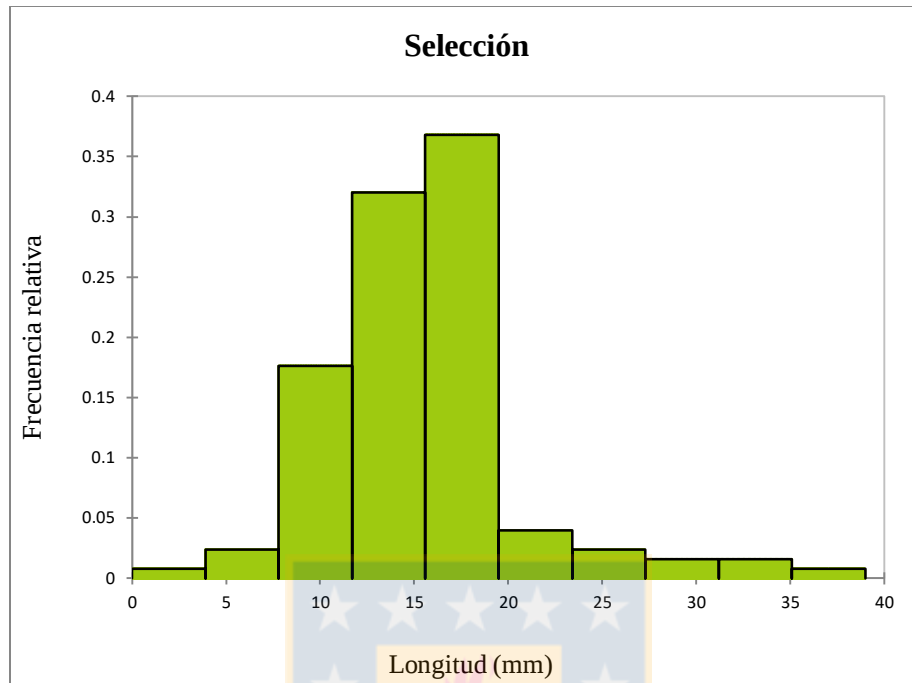


Figura 3.18 Histograma de selección del bloque T7

Tabla 3.37 Tabla resumen con la articulación y cantidad de valvas derechas e izquierdas del bloque T7.

CLASE BIVALVIA Especies	ARTICULACIÓN		TIPO DE VALVA (desarticulados)		
	Articulado	Desarticulado	Valva derecha	Valva izquierda	Indeterminado
<i>Zygochlamys patagonica</i>	0	17	1	1	15
<i>Cyclocardia velutinus</i>	10	92	18	25	49
<i>Ennucula grayi</i>	0	1	0	1	0
Indeterminados	0	1	0	0	1

Con respecto al índice de fragmentación, si se analizan las valvas izquierdas de las *Cyclocardias velutinus* se obtiene un índice de fragmentación equivalente al 2%, que representa bordes quebrados levemente; mientras que si se analizan los fragmentos indeterminados de este bivalvo se obtiene un índice del 27%.

Los bioclastos de este bloque no presentan marcas de disolución ni de bioerosión. Algunos de los ejemplares poseen relleno sedimentario compuesto por la misma litología del punto estudiado.

3.5. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS TAFONÓMICAS

Los bloques representativos de las concentraciones fósiles fueron extraídos en la base del acantilado costero ubicado en el sector Las Peñas, correspondientes a los niveles inferiores de la Formación Tubul. Estos estratos están compuestos por fangolitas arenosas, la cual es constante en todos los puntos estudiados.

La mayoría de los organismos fósiles pertenecen a bivalvos (80,20%), el espécimen más abundante corresponde a *Zygochlamys patagónica* que representa el 54,02% de la población fósil estudiada, seguida de *Retrotapes exalbidus* (8,33%), Equinoideos indet. (8,33%) y *Cyclocardia velutinus* (6,03%). Para identificar estos ejemplares se utilizó el artículo de Valdvinos y Nielsen (2008), y al hacer la comparación con las especies de este trabajo, se halló un fósil de gastropodo reconocido como *Capulus compressus*, no identificado ni mencionado anteriormente en ningún trabajo de la Formación Tubul.

La especie *Zygochlamys patagónica* es un organismo bentónico, epifaunal que puede ser encontrada en sustratos arenosos endurecidos de tamaño muy fino, entre profundidades que van desde los 20-275 m. La especie *Retrotapes exalbidus* es organismo bentónico infaunal, que vive en suelos arenosos entre los 5-150 m de profundidad, mientras que la *Cyclocardia velutinus* es de tipo semi infaunal, habita en arena de distinta granulometría entre 20-345 m de profundidad. La comparación de la forma de vida, la profundidad y el tipo de sedimento donde son hallados los bivalvos más abundantes permite decir que la litología de la Formación Tubul y el ambiente de sedimentación descrito para ella, son concordantes con el hábitat de los fósiles.

A lo largo de la base de la Formación, las concentraciones fósiles se caracterizan por exhibir distintas asociaciones faunales y también con diferentes geometrías, tales como: en capa delgada, cúmulos pequeños y dispersos en el estrato; además hay que mencionar que en los estratos superiores es posible encontrar formas lineales que pueden ser observadas en rodados a lo largo del acantilado costero (ver capítulo de Rocas Estratificadas).

En general, las distintas concentraciones fósiles que hay en la base de la Formación Tubul son las siguientes:

- Capas delgadas:** Poseen un espesor que va desde centímetros a decímetros, se caracterizan por la abundante cantidad de *Zygochlamys patagónica*, asociada a organismos tales como equinoideos, *Retrotapes exalbidus* y gastrópodos varios (*Bela paesleri*, *Xymenopsis* cf. *dispar*, *Scaphander interruptus*, etc.). No se observan lineamientos, los fósiles están horizontales y unos pocos oblicuos al estrato, la mayoría de las valvas están orientadas con la concavidad hacia abajo (tiende a modificarse según el punto de muestreo), el empaquetamiento de la biofábrica varía según el sector de densa a vaga y tienen una selección pobre. Gran parte de las valvas están desarticuladas, aunque algunos ejemplares de *Zygochlamys patagónica* exhiben ambas valvas juntas, pero no unidas, sino que desplazadas por unos cuantos mm. La proporción entre valvas derechas e izquierdas de los depósitos es similar, pero el porcentaje de fragmentación de éstas varía en los distintos puntos. Algunas valvas de *Zygochlamys patagónica* poseen marcas de serpúlidos en su parte exterior e interior.
- Cúmulos:** Existen dos tipos uno donde la especie dominante es *Zygochlamys patagónica* (“A”) y otro en el que predomina *Retrotapes exalbidus* (“B”). En “A” los pectínidos se encuentran asociados a equinodermos, decápodos, *Pandora cistula* y gastrópodos, tales como *Bela paesleri*, *Nassarius taeniolatus*, *Scaphander interruptus* y *Fusitron magellanicus*. No se observan lineamientos, los ejemplares están oblicuos al estrato y existen unos pocos horizontales; la orientación de las valvas varía según el punto de muestreo, algunos de estos cúmulos tienen un empaquetamiento denso, mientras que en otros es más bien vago, los bioclastos poseen mala selección y están desarticulados. Existe predominancia de las valvas derechas y el porcentaje de fragmentación de éstas varía entre un 20 y 48% según el bloque. En “B” los venéridos están junto a *Tindariopsis sulculata*, equinoideos y también hay (en menor cantidad) algunos ejemplares de *Zygochlamys patagónica*, serpúlidos, decápodos, *Malletia chilensis*, *Fusitron magellanicus* y *Xymenopsis* cf. *dispar*. Los especímenes están oblicuos al estrato y no presentan ningún lineamiento, domina la concavidad hacia arriba, poseen un empaquetamiento vago y la selección es mala. La mayoría de las valvas están desarticuladas, pero hay aproximadamente un 32% de los especímenes en posición de vida con

sus valvas asociadas por la zona ligamentaria, la proporción de valvas derechas e izquierdas es similar. El porcentaje de fragmentación corresponde a 27,91%. Hay algunos ejemplares de *Tindariopsis sulculata* con marcas de bioerosión circulares.

- **Dispersos en el estrato:** Existen dos tipos de dispersiones uno caracterizado por *Zygochlamys patagónica* (“A”) y el otro por *Cyclocardia velutinus* (“B”). En “A” los pectínidos están asociados a equinoideos, decápodos, gastrópodos indeterminados, *Ennucula grayi*, *Retrotapes exalbidus* y *Pandora cistula*. Los bioclastos tienen un empaquetamiento vago, no hay lineamientos, ni alguna orientación de las concavidades predominante. Los fósiles están bien seleccionados, desarticulados, existe predominancia de las valvas derechas y tienen un porcentaje de fragmentación correspondiente al 7%. Las valvas de *Zygochlamys* presentan marcas de serpulidos en su cara externa, también hay fósiles con relleno sedimentario y marcas de bioturbación. En “B” las *Cyclocardias* están, en menor medida, con *Zygochlamys patagónica*, gastrópodos indeterminados y *Ennucula grayi*. Los bioclastos tienen empaquetamiento vago, buena selección, no presentan lineamientos y se encuentran oblicuos; en las valvas domina la concavidad hacia arriba y están desarticuladas. La valva mayoritaria es la izquierda con un porcentaje de fragmentación correspondiente al 2%.

Finalmente la Figura 3.19 y 3.20, se resumen los distintos tipos de concentraciones fósiles que existen en la Formación Tubul.

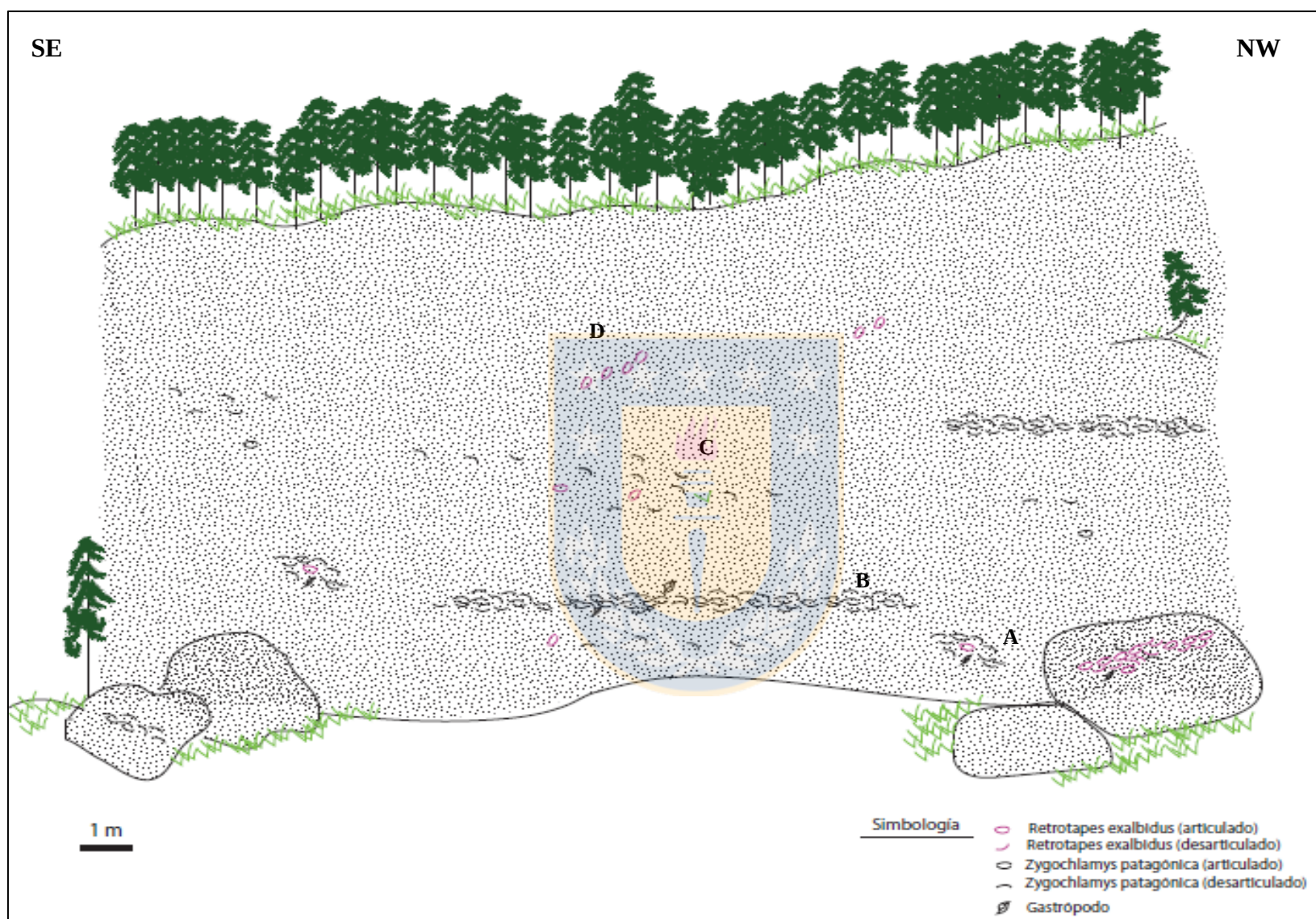


Figura 3.19 Esquema de las concentraciones fósiles. **A:** Cúmulos. **B:** Capas delgadas. **C:** Dispersos en el estrato. **D:** Formas lineales de la parte superior de la Formación Tubul. Más detalles en la Figura 3.20

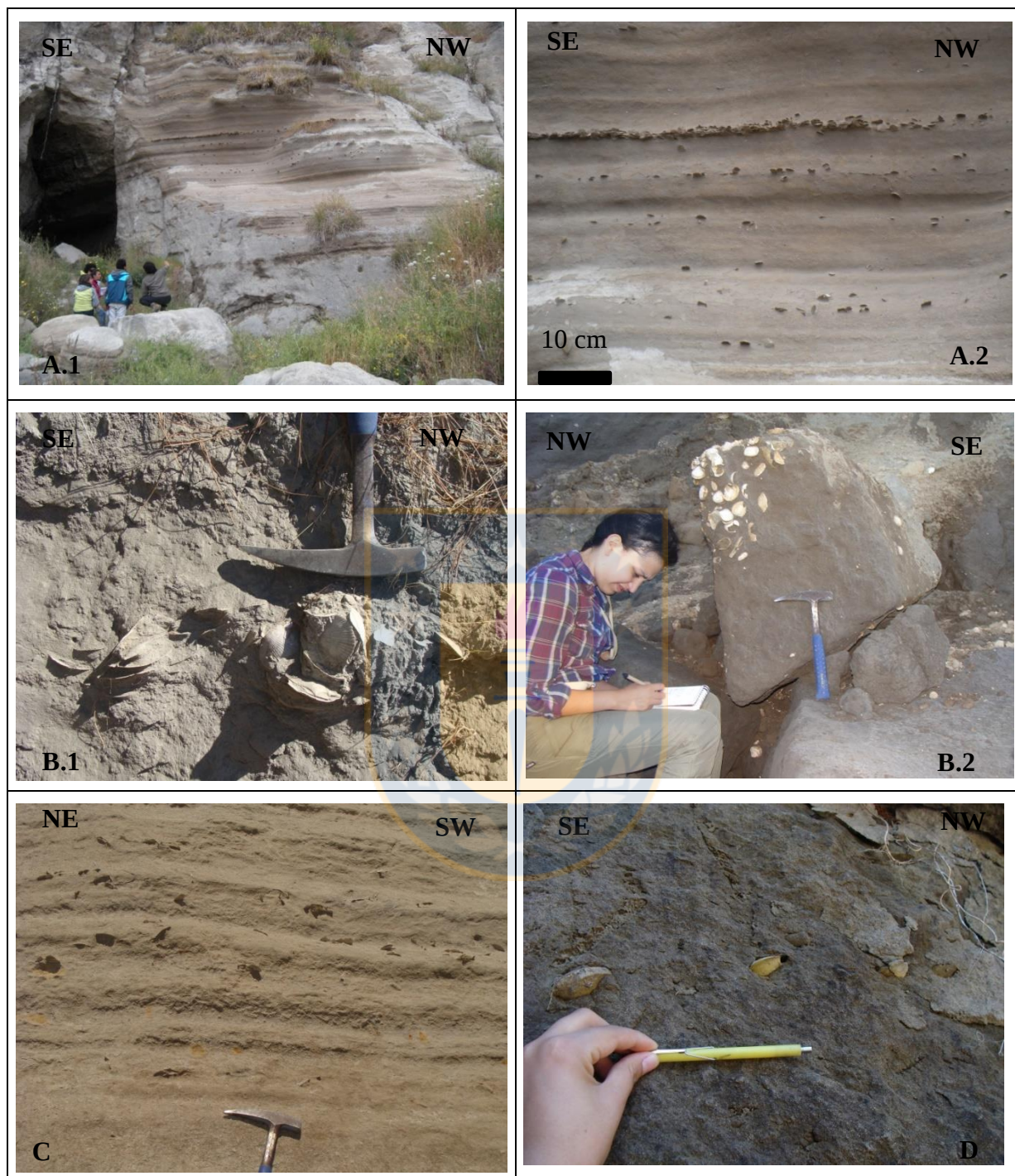


Figura 3.20

Ejemplos de los distintos tipos de concentraciones fósiles existentes en la Formación Tubul. **A.1:** Capas de *Zygochlamys patagónica* (vista de lejos). **A.2:** Capa de pectínidos (vista de cerca). **B.1:** Cúmulo de *Zygochlamys patagónica*. **B.2:** Rodado con cúmulo de *Retrotapes exalbidus*. **C:** Valvas de pectínidos distribuidas en el estrato. **D:** Moldes internos de *Retrotapes* distribuidos de forma lineal.

4. DISCUSIÓN

La Formación Tubul es una sucesión litológicamente monótona, que presenta una leve disminución de grano hacia techo, a la cual se le determinó un ambiente correspondiente una zona costera dominada por el oleaje, específicamente al *shoreface* inferior, debido a las características del sedimento, a las capas de fósiles y al tipo de trazas fósiles. La estratificación cruzada Hummocky es uno de los rasgos principales del *shoreface inferior*, pero ésta no fue identificada claramente en el área de estudio, la ausencia de capas de areniscas más gruesas con este tipo de estratificación se puede deber a que las tormentas tenían poca influencia en el sector, esto es coherente con las características tafonómicas encontradas en los fósiles de pectínidos (buena conservación, elementos articulados y algunos en posición de vida). El alto grado de bioturbación hallada en la formación también permite deducir que algunas de las estructuras sedimentarias pueden haber sido removidas por la intensa actividad biológica.

Los sedimentos que son bioturbados de manera intensa, como en la Formación Tubul, constituyen una evidencia tanto de una fauna marina de tipo infaunal significativa como de tasas de sedimentación lentas (Gingras y Pemberton, 2015).

Los fósiles de la Formación tienen muy buen grado de conservación, a pesar de los fragmentos encontrados, un ejemplo de esto son los especímenes de equinoideos, cuyos esqueletos en general son muy frágiles y no se preservan en buen estado. También existen algunos ejemplares de *Retrotapes exalbidus* que se encuentran en posición de vida y otros de *Zygochlamys patagónica* que presumiblemente están en este mismo estado, ya que se encuentran apoyadas sobre su valva derecha (Gordillo, comunicación personal, 2018). Si se coteja estos antecedentes de manera preliminar con la tabla de Brett y Baird (1986), en la que se comparan distintos tipos de esqueletos con la energía del ambiente y las diferentes tasas de sedimentación, se podría indicar que el fondo marino fue rápidamente enterrado o que hubo una alta velocidad de sedimentación. Lo último se contradice con el nivel de bioturbación existente y con el tipo de sedimento que presenta la Formación Tubul, ya que generalmente los granos de tamaño fino se depositan en medios poco agitados y con tasas de sedimentación bajas (Hjulstrom, 1935), el conjunto de estas características podrían haber permitido la buena conservación de los restos.

Con respecto a la características tafonómicas de los fósiles, es posible notar que existen varios ejemplares desarticulados, pero con sus valvas asociadas por la zona ligamentaria como por ejemplo *Retrotapes exalbidus*, *Cyclocardia velutinus* o el caso de las *Zygochlamys patagónica*, que poseían ambas valvas (derecha como izquierda), pero separadas por unos cuantos milímetros (a las cuales se las consideró como articuladas), esta propiedad es típica de ambientes de baja energía (Morton, 2001).

Los fósiles no presentan señales de disolución, esto puede indicar que los remanentes esqueléticos no fueron expuestos por extensos períodos de tiempo en la interfase agua-sedimento, las conchas tampoco tienen indicadores (por ejemplo, caras facetadas) que muestren características de un ambiente altamente agitado, además el tamaño de grano del sedimento no es particularmente agresivo como sí lo son las areniscas.

En determinados fósiles hay evidencia de bioerosión, algunas de las valvas de *Tindariopsis sulculata*, presentan pequeños orificios circulares en su sector ventral. En los estratos de la Formación Tubul se hallaron gastrópodos carnívoros (*Xymenopsis* cf. *dispar*, *Bela paesleri*, *Fusitriton magellanicus*), que podrían haber provocado estas marcas. Este tipo de agujeros también pueden ser encontrados en ejemplares de *Retrotapes exalbidus* almacenados en el Museo Geológico Profesor Lajos Biró Bagoczky y en otros estudiados por la bióloga Srta. Katherine Cisterna, éstas marcas circulares de bioerosión son presumiblemente atribuidas al género *Oichnus*, cuya relación con los venéridos puede estar dada por la naturaleza de sus valvas de composición aragonítica (Cisterna, comunicación personal, 2018). Al interior de las valvas de *Zygochlamys patagónica* hay marcas de serpúlidos, esto indica que los poliquetos se incrustaron de manera *post mortem* en los pectínidos.

Según las características de las distintas concentraciones es posible establecer la autoctonía de las distintas especies. Las *Zygochlamys patagónica* que forman parte de las capas delgadas y de los cúmulos hallados en la base de la formación, pueden ser consideradas como elementos parautoctonos, ya que los pectínidos viven generalmente en suelos endurecidos en bancos monoespecíficos (Gordillo, comunicación personal, 2018), lo que explicaría su abundancia; además están asociadas a especies que poseen otra forma de vida, como por ejemplo *Retrotapes*

exalbidus, *Tindariopsis sulculata*, *Ennucula grayi* que son bivalvos infaunales o a *Malletia chilensis* que es semi-infaunal; pero la zona de producción de las *Zygochlamys* debió ser bastante cercano al lugar donde quedaron establecidas finalmente. Mientras que los *Retrotapes exalbidus* ubicados en concentraciones con forma de cúmulo pueden ser reconocidos como autóctonos al igual que la acumulación de *Cyclocardia velutinus*, ya que hay ejemplares en posición de vida y asociada en su mayoría a elementos infaunales. Esto indica que las distintas comunidades de bivalvos coexistieron, que además vivían cercanas entre sí y que las especies fueron transportadas durante eventos presumiblemente de tormentas hasta su posición final. En la Figura 4.1 se realizó un bloque diagrama que representa la forma de vida de los organismos de la Formación Tubul.

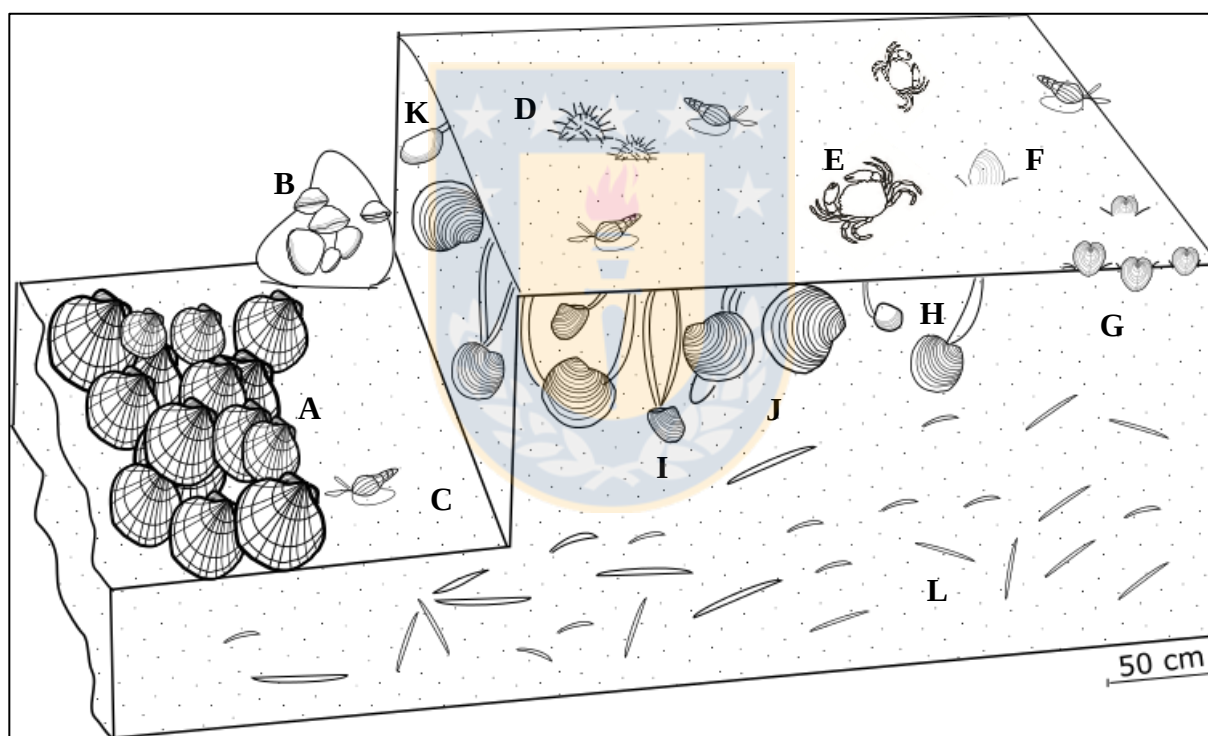


Figura 4.1 Bloque diagrama de la Formación Tubul. Organismos Epifaunales, **A:** *Zygochlamys patagónica*, **B:** *Magellania venosa*, **C:** Gastrópodos, **D:** Equinoideos, **E:** Decápodos. Organismos semi-infaunales, **F:** *Malletia chilensis*, **G:** *Cyclocardia velutinus*. Organismos infaunales, **H:** *Ennucula grayi*, **I:** *Tindariopsis sulculata*, **J:** *Retrotapes exalbidus*, **K:** *Pandora cistula*, **L:** Serpúlidos.

Si se compara las acumulaciones en una transecta *onshore-offshore* realizada por Kidwell y otros (1986), con las concentraciones esqueléticas de la Formación Tubul, es posible notar que los mecanismos típicos involucrados en la configuración de los ensambles fósiles para un ambiente como el *shoreface* son los procesos sedimentológicos, al igual que es común encontrar

concentraciones mixtas donde hay implicados procesos biogénicos y sedimentológicos. Esto es concordante con las características tafonómicas observadas en la zona de estudio..

La fauna del Acantilado Costero del Sector Las Peñas es bastante similar a la de la zona del Estrecho de Magallanes y Tierra del Fuego en la actualidad, lo que permite decir que las aguas del Golfo de Arauco, eran bastante más frías que en la actualidad. En los trabajos anteriores hay hallazgos de foraminíferos que sugieren esta afirmación (Martínez y Osorio, 1968; Rojas, 2000), pero hay que considerar que en estos no se menciona el metraje en el cual fueron encontrados los fósiles y que por principalmente la profundidad donde viven estos foraminíferos, podrían considerarse como alóctonos o parautóctonos.



5. CONCLUSIONES

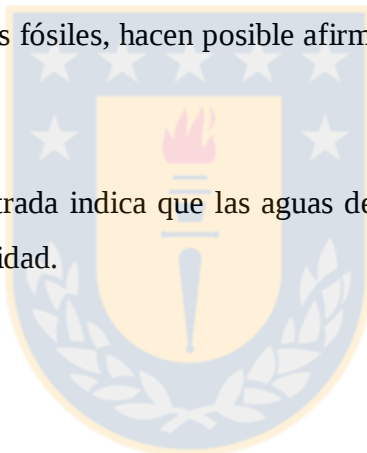
A partir de este trabajo, se puede concluir lo siguiente:

- La Formación Tubul es una sucesión horizontal, masiva, siliciclástica compuesta mayoritariamente por limolitas arenosas semiconsolidadas, cuya gradación disminuye levemente hacia techo, perteneciente al Plio-Pleistoceno y cuyo ambiente de depositación corresponde a la zona de *shoreface* inferior.
- Se analizaron 1.692 fósiles, donde el 80,20% corresponde a bivalvos, de ellos la especie más abundante es *Zygochlamys patagónica*, seguida por *Retrotapes exalbidus*, *Cyclocardia velutinus*, *Tindariopsis sulculata*, *Malletia chilensis*, *Pandora cystula* y *Ennucula grayi*. De los bivalvos identificados es posible notar que el 69,63% son organismos epifaunales, el 18,77% son infaunales y el 11,60% son semi-infaunales. El resto de los fósiles (19,80%) corresponde a gastrópodos, equinodermos, decápodos, serpúlidos, braquiópodos e Indeterminados.
- Se registra el gastrópodo *Capulus compressus*, especie nueva para la fauna fósil de la Formación Tubul.
- En la base de la Formación es posible encontrar tres tipos de concentraciones fósiles correspondientes a:
 - Capas delgadas:** Compuestas principalmente por *Zygochlamys patagónica* de carácter parautóctono asociada a elementos infaunales como *Retrotapes exalbidus*, *Tindariopsis sulculata*, *Ennucula grayi* y semi-infaunales como *Malletia chilensis*. Estos fósiles se presentan horizontales y unos pocos oblicuos al estrato, las valvas están orientadas con la concavidad hacia abajo, con empaquetamiento que varía de denso a vago y selección pobre. Los ejemplares, en su mayoría, están desarticulados, algunos de los pectínidos tienen ambas valvas pero desplazadas por unos cuantos mm en la zona ligamentaria. La proporción entre valvas derechas e izquierdas es similar, poseen un porcentaje de fragmentación variable y algunas *Zygochlamys patagónica* tienen marcas de serpúlidos.
 - Cúmulos:** Existen dos tipos uno de *Zygochlamys patagónica* y otro de *Retrotapes exalbidus*. En el primero se caracteriza a los pectínidos como parautóctonos y se están junto a

equinodermos, decápodos, *Pandora cystula* (infaunal) y gastrópodos como *Bela paesleri*, *Nassarius taenoliatus*, *Scaphander interruptus* y *Fusitron magellanicus*. No hay lineamientos y los ejemplares se encuentran oblicuos y horizontales al estrato; la orientación de las valvas es variable, algunos de estos cúmulos tienen empaquetamiento denso mientras que en otros es más bien vago, existe mala selección y los bioclastos están desarticulados. Predominan las valvas derechas y el porcentaje de fragmentación varía entre un 20 y 48%. En los cúmulos donde sobresalen los venéridos, también existen ejemplares de *Tindariopsis sulculata* (infaunal), equinoideos y, en menor cantidad, algunos fósiles de *Zygochlamys patagónica* (epifaunal), serpúlidos, decápodos, *Malletia chilensis* (semi-infaunal), *Fusitron magellanicus* y "*Xymenopsis*" cf. *dispar*. En estas concentraciones se considera a los *Retrotapes exalbidus* y a las *Tindariopsis* como elementos autóctonos. Los especímenes estudiados están oblicuos al estrato, sin lineamientos; en las valvas domina la concavidad hacia arriba, están desarticuladas, su porcentaje de fragmentación es de 27,91% y la proporción entre valvas derechas e izquierdas es similar. La biofábrica posee empaquetamiento vago y la selección es mala. Existe un 32% de los especímenes que se están en posición de vida con sus valvas asociadas por la zona ligamentaria. Los ejemplares de *Tindariopsis sulculata* tienen marcas de bioerosión circulares.

-Dispersos en el estrato: Se pueden hallar dos tipos uno caracterizado por *Zygochlamys patagónica* y el otro por *Cyclocardia velutinus*. En el primero los pectínidos están con equinoideos, decápodos, gastrópodos indeterminados, *Ennucula grayi*, *Retrotapes exalbidus* y *Pandora cystula*. Existe empaquetamiento vago, buena selección y no hay lineamientos, ni orientaciones predominantes. En los ejemplares desarticulados, predominan las valvas derechas y el porcentaje de fragmentación corresponde al 7%. Las valvas poseen marcas de serpúlidos en su cara externa, hay fósiles con relleno sedimentario y con marcas de bioturbación, al igual que en las concentraciones anteriores se considera a los pectínidos como parautóctonos. Las acumulaciones de *Cyclocardias* se encuentran con *Zygochlamys patagónica*, gastrópodos indeterminados y *Ennucula grayi*. Existe empaquetamiento vago, buena selección, no hay lineamientos y los elementos están oblicuos; las valvas desarticuladas, la concavidad hacia arriba es dominante y sobresale la izquierda que posee un porcentaje de fragmentación de 2%. Las *Cyclocardias velutinus* son semi-infaunales y se consideran como autóctonas, ya que hay algunas que están en posición de vida.

- La gran cantidad de trazas fósiles de tamaño pequeño indica una biota de características infaunales significativa, lo que es concordante con las especies de bivalvos encontradas y que fueron consideradas como elementos autóctonos.
- Es probable que las *Zygochlamys patagónica* debido a su asociación faunística, buen estado y la ocurrencia de algunos ejemplares con sus ambas valvas, separadas pero próximas entre sí; hayan formado parte de un banco monotípico ubicado cercano a las otras comunidades de bivalvos y que hayan sido transportadas durante periodos de tormenta débiles, así dando origen a las capas delgadas encontradas en la Formación Tubul.
- La intensa bioturbación existente en el sedimento de la formación, la litología más las características tafonómicas de los fósiles, hacen posible afirmar que la tasa de sedimentación en el ambiente fue lenta.
- Finalmente la fauna fósil encontrada indica que las aguas del mar durante el Plio-Pleistoceno, fueron más frías que en la actualidad.



6. REFERENCIAS

- ADAMS, H. & ADAMS, A. 1853-1858. The Genera of Recent Mollusca; Arranged According to Their Organization. Vol. 1: 484 pp.; Vol. 2: 661 pp.; Vol. 3: 138 pp. Londres.
- AGUIRRE, J. & YESARES, J. 2003. Tafonomía y análisis secuencial del Plioceno Inferior en el sector NE de la provincia de Almería-Níjar (SE de España). *Revista Española de Paleontología*. Vol. **18** (1): 61-82. Granada.
- ALDEA, C.; ROSENFELD, S. & CÁRDENAS, J. 2011. Caracterización de la diversidad de Moluscos Bentónicos Sublitorales en Isla Carlos III y áreas adyacentes, Estrecho de Magallanes, Chile. *Anales Instituto Patagonia*. Vol. **39** (2):73-89. Punta Arenas.
- ARCHE, A. 2010. Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. 1287 pp. Madrid.
- ARRIZAGA, P.; QUINZIO, L. & VALDOVINOS, C. 2001 Gremios de Bivalvos de la Formación Tubul: Reflejan los gradientes paleoambientales del límite Plio-Pleistoceno de Chile Central. Congreso Latinoamericano de Geología N°11. Montevideo.
- BAYLE, E. 1880. Liste rectificative de quelques noms de genres et d'espèces. *Journal de Conchyliologie*. Vol. **28**: 240-251. París.
- BEHRENSMEYER, A. & KIDWELL, S. 1985. Taphonomy's contributions to paleobiology. *Paleobiology*. Vol. **11**:105-119. Cambridge.
- BEHRENSMEYER, A.; KIDWELL, S. & GASTALDO, R. 2000. Taphonomy and paleobiology. *Paleobiology*. Vol. **26** (4): 103-147. Cambridge.
- BERNER, R. 1981. A new geochemical classification of sedimentary environments. *Journal of Sedimentary Petrology*. Vol. **51**: 359-365. Tulsa.
- BIRO, L. 1979. Contribución al conocimiento de la formación Tubul, Plioceno superior, provincia de Arauco (37°14' Lat. Sur), Chile. Congreso Geológico Chileno N°2. Tomo 3: H33-H44. Arica.
- BIRÓ, L. 1982. Revisión y redefinición de los Estratos de Quiriquina, Campaniano-Maastrichtiano, en su localidad tipo, en la Isla Quiriquina a 36°27' Lat.Sur, Chile, Sudamérica, con su perfil complementario en Cochoyue. Congreso Geológico Chileno N°3. Actas I: 29-64. Concepción.
- BLAINVILLE, H. de. 1814. Sur la classification méthodique des animaux mollusques, et établissement d'une nouvelle considération pour y parvenir. Bulletin des Sciences. Société philomatiques de Paris. Vol. **2**: 175-180. París.

- BLOTT, J. 2010. Gradistat version 8.0: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. Berkshire.
- BONILLA, R. GONZALEZ, A. & QUINZIO, L. 2009. Geología y Evaluación de Recursos Carboníferos en la Península de Arauco, Concepción. Informe Inédito: 26 pp. Concepción.
- BRETT, C. 1990. Destructive taphonomic processes and skeletal durability. *In:* Palaeobiology a synthesis. Briggs. D. & Cmwther, P. (eds.). Blackwell Scientific Publications: 223-226. Cambridge.
- BRETT, C. & BAIRD, G. 1986. Comparative taphonomy: a key to paleoenvironmental interpretation based on fossil preservation. *Palaios*. Vol. 1 (3): 207-227. Tulsa.
- BRÜGGEN, J. 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. Instituto Geográfico Militar: 374 pp. Santiago.
- BRUGUIÈRE, J. 1791-1816. Tableau Encyclopédique et Méthodique des trois règnes de la Nature. Académie Royale des Sciences: 200 pp. París.
- BRÜNNICH, M. 1771. Zoologiae fundamenta praelectionibus academicis accomodata. *Grunde i Dyrelæren*: 1-253. Leipzig.
- CÁRDENAS, J.; ALDEA, C. & VALDOVINOS, C. 2008. Moluscos marinos chilenos del Norte de la Patagonia recolectados durante el Crucero de Fiordos CIMAR-10. *Gayana*. Vol. 72 (2): 202-240. Concepción.
- CASTRI, F. d. & HAJEK, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Vicerrectoría Académica de la Universidad Católica de Chile: 128 pp. Santiago.
- CHARÓ, M.; FUCKS, E. & GORDILLO, S. 2013. Moluscos bentónicos marinos del Cuaternario de Bahía Anegada (sur de Buenos Aires, Argentina): variaciones faunísticas en el Pleistoceno tardío y Holoceno. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Vol.30 (2): 404-416. Ciudad de México.
- CONCHA i TORO, E. 1869. Ensayo sobre la Jeología. Anales de la Universidad de Chile. 391-404. Santiago.
- CONRAD, T. 1867. Description of a new genus of Astartidae. *American Journal of Conchology*. Vol.3: 191 pp. Filadelfia.
- COSSMANN, M. 1903. Essais de paléoconchologie comparée, vol. 5. Cossmann, M. (ed.): 215 pp. París.
- CUVIER, G. 1795. Second mémoire sur l'organisation et les rapports des animaux sang blanc, dans lequel on traite de la structure des Mollusques et de leur division en ordres, lu à la

Société d'histoire naturelle de Paris, le 11 Prairial, an III. *Magazin Encyclopédique, ou Journal des Sciences, des Lettres et des Arts*. Vol. 2: 433-449. París.

D'ORBIGNY, A. 1831-1847. Voyage dans l'Amérique Méridionale. Mollusques Vol. 5 (3). Chez P. Bertrand: 758 pp. París.

DALL, W. 1889. Preliminary report on the collection of Mollusca and Brachiopoda obtained in 1887-88. Scientific results of explorations by the U.S. Fish Commission Steamer "Albatross", no. 7. *Proceedings of the United States National Museum*. Vol. 12: 219-362. Washington.

DARRIGRAN, G.; VILCHES, A.; LEGARRALDE, T. & MAROÑAS, M. 2013. La anatomía de los Moluscos Bivalvos, un instrumento para el abordaje de la estructura y función en biología. Moluscos Bivalvos, aportes para su enseñanza: teoría-métodos. Darrigran, G. (ed.). Universidad de La Plata: 27-42. La Plata.

DILLWYN, L. 1817. A Descriptive Catalogue of Recent Shells, Vol. II. Arch, J. & Arch, A. (eds): 581-1.092. Londres.

DIXON, G. 1789. *Anomia venosa*. A voyage round the world, but more particularly to the North-West coast of America: performed in 1785, 1786, 1787, and 1788, in the King George and Queen Charlotte, captains Portlock and Dixon, Appendix 1: 355-356 pp. Londres.

DUMÉRIL, A. 1806. Zoologie Analytique, ou méthode naturelle de classification des animaux. Allais: 344 pp. París.

FERNÁNDEZ, S. 2000. Temas de tafonomía. Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid. 167 pp. Madrid.

FERRARIS, F. 1981. Mapas geológicos preliminares de Chile. Hoja Los Ángeles-Angol. Escala 1:250.000. Mapa Mapas Geológicos Preliminares de Chile, N° 5. Instituto de Investigaciones Geológicas. Santiago.

FERUGLIO, E. 1949. Descripción Geológica de la Patagonia. *Yacimientos Petrolíferos Fiscales*. Tomo II: 349 pp. Buenos Aires.

FINGER, K.; ENCINAS, A. & NIELSEN, S. 2013. Comment on 'Evidence for an Early-Middle Miocene age of the Navidad Formation (central Chile): Paleontological, paleoclimatic and tectonic implications' of Gutiérrez *et al.* (2013, *Andean Geology*. Vol. 40 (1): 66-78). *Andean Geology*. Vol. 40 (3): 571-579. Santiago.

FLEMING, J. 1828. A History of British Animals, exhibiting the descriptive characters and systematic arrangement of the genera and species of quadrupeds, birds, reptiles, fishes, Mollusca, and radiate of the United Kingdom; including the indigenous, extirpated, and extinct kinds, together with periodical and occasional visitants.. Bell and Bradfute (eds.): 565 pp. Edimburgo.

- FOLK, R. 1968. Petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Company: 182 pp. Austin.
- FORCELLI, D. 2000. Moluscos magallánicos: Guía de Moluscos de Patagonia y Sur de Chile. Vásquez-Mazzini (eds.): 200 pp. Buenos Aires.
- FRASSINETTI, D. & COVACEVICH, V. 1995. Moluscos del Plioceno Superior marino de Isla Guamblín, Archipiélago de los Chonos, sur de Chile. *Andean Geology*. Vol. **22**(1): 47-73. Santiago.
- FREY, R. & PEMBERTON, S. 1984. Trace Fossil Facies Models. Facies Models 2nd edition. Walker, R. (ed.). American Association of Petroleum Geologist: 189-207. Tulsa.
- GAJARDO, A. 1981. Hoja Concepción-Chillán, Mapas geológicos preliminares de Chile, escala 1:250.000. Instituto de Investigaciones Geológicas: 56 pp. Santiago.
- CÁRDENAS, J.; ALDEA, C. & VALDOVINOS, C. 2008. Chilean Marine Mollusca of Northern Patagonia collected during the CIMAR-10 Fjords Cruise. *Gayana*. Vol. **72** (2): 202-240. Concepción.
- GARCÍA, F. 1968. Estratigrafía de Chile Central. El Terciario de Chile, Zona Central. *Sociedad Geológica de Chile*: 25-57. Santiago.
- GINGRASS, M. & PEMBERTON, S. 2015. Bioturbación: La reelaboración de los sedimentos para bien o para mal. *Oilfield Review*. Vol. **26** (4): 50-62.
- GLODNY, J.; LOHRMANN, J.; ECHTLER, H.; GRÄFE, K.; SEIFERT, W.; COLLAO, S. & FIGUEROA, O. 2005. Internal dynamics of a paleoaccretionary wedge: insights from combined isotope tectonochronology and sandbox modelling of the South-Central Chilean forearc. *Earth and Planetary Science Letters*. Vol. **231** (1-2): 23-39. Palo Alto.
- GONZÁLEZ, M. 2013. Paleoecología y Estratigrafía de Depósitos Marinos Neógenos del Norte de Chile: Sistemática Paleontológica de Moluscos y Reconstrucción Paleoambiental. Tesis de Grado para optar al grado de Licenciado en Biología Marina y Título Profesional de Biólogo Marino. Universidad Austral de Chile (Inédito): 88 pp. Valdivia.
- GORDILLO, S. 1998. Biogeografía de Moluscos Holocenos Argentinos-Uruguayos. *Ameghiniana*. Vol. **35** (2): 163-180. Buenos Aires.
- GOULD, A. 1850. Descriptions of shells from the United States Exploring Expedition. *Proceedings of the Boston Society of Natural History*. Vol. **3**: 343-348. Boston.
- GOULD, A. 1852. Mollusca and Shells. United States Exploring Expedition during the Years 1838-1842 Under the Command of Charles Wilkes, U. S. N. Vol. **12**. Gould and Lincoln: 510 pp. Boston.
- GRAY, J. 1824. Shells. Supplement to Appendix, Parry's Voyage for the discovery of north-west passage in the years 1819-1820. *Appendix 10, Zoology*: 240-246. Londres.

- GRAY, J. 1847. A list of the genera of recent Mollusca, their synonyms and types. *Proceedings of the Zoological Society of London*. Vol. **15**: 129–219. Londres
- GRAY, J. 1854. On the division of ctenobranchous gasteropodous Mollusca into larger groups and families. *Proceedings of the Zoological Society of London*. Vol. **21**: 32–44. Londres
- GRUBE, A. 1850. Die Familien der Anneliden. *Archiv für Naturgeschichte*. Vol. **16** (1): 249–364. Berlin.
- GÜLLER, M. & ZELAYA, D. 2016. Unravelling the identity of Pandora species (Bivalvia: Pandoridae) from Southern South America. *Journal of Molluscan Studies*. Vol. **82** (3): 440–448. Oxford.
- HANLEY, S. 1842–1856. An illustrated and descriptive catalogue of recent bivalve shells. Wood, W. (ed.): 392 pp. Londres.
- HENRÍQUEZ, A. 2006. Variaciones Locales del Nivel del Mar en las Cuencas Neógenas de Caldera, III Región y Arauco, VIII Región: Deducción de Tasas de Alzamiento y Subsistencia Tectónica. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias, mención Geología. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 186 pp. Santiago.
- HERNÁNDEZ, E.; VEAS, R.; LABRA, F.; SALAMANCA, M. & QUIÑONES, R. 2012. Response of the epibenthic macrofaunal community to a strong upwelling-driven hypoxic event in a shallow bay of the southern Humboldt Current System. *Marine Environmental Research*. Vol. **79**: 16–28.
- HERVÉ, F.; FAÚNDEZ, V.; CALDERÓN, M.; MASSONE, H. & WILLNER, A. 2007. Metamorphic and plutonic basement complexes. The Geology of Chile. Moreno, T. & Gibbons, W. (eds.). The Geological Society of London: 5–19. Londres.
- HOFSTETTER, B.; FUENZALIDA, H. & CECIONI, G. 1957. Chile. Lexique Stratigraphique International. Centre de Recherche Sciences. Vol. **5**: 444 pp. París.
- HJULSTROM, F. 1935. Studies of morphological activity of rivers as illustrated by the River Fyris. *Bulletin of the Geological Institute of Upsala*. Vol. **25**: 221–527. Upsala.
- IHERING, H. v. 1907. Les mollusques fossiles du Tertiaire et du Crétacé Supérieur de l'Argentine. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*. Vol. **3**(7): 611 pp. Buenos Aires.
- IREDALE, T. 1916. On two editions of Dumeril's Zoologie Analytique. *Proceedings of the Malacological Society of London*. Vol. **12**: 79–84. Oxford.
- IREDALE, T. 1931. Australian molluscan notes. *Records of the Australian Museum*. Vol. **18** (1): 210–235. Sídney.

- JARA-MUNOZ, J.; MELNICK, D.; BRILL, D. & STRECKER, M. 2015. Segmentation of the 2010 Maule Chile earthquake rupture from a joint analysis of uplifted marine terraces and seismic-cycle deformation patterns. *Quaternary Science Reviews*. Vol. **113**: 171-192.
- KIDWELL, S.: FUERSICH, F. & AIGNER, T. 1986. Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations. *Palaaios*. Vol. **1**: 228-238. Tulsa.
- KIDWELL, S. & HOLLAND, S. 1991. Field description of coarse bioclastic fabrics. *Palaaios*. Vol. **6** (1): 426-434. Tulsa.
- KING, W. 1850. A Monograph of the Permian Fossils of England. Palaeontographical. Society Monograph. Vol. **30**: 1-258. Londres.
- KING, P. & BRODERIP, W. 1832. Description of the Cirripedia, Conchifera and Mollusca in a collection formed by the officers of HMS Adventure and Beagle employed between the years 1826 and 1830 in surveying the southern coast of South America including the Strait of Magellans and the coast of Tierra del Fuego. *Zoological Journal*. Vol. **5**: 332-349. Oxford.
- LAMARCK, J. de M. 1809. Philosophie zoologique, ou, Exposition des considerations relative a l'histoire naturelle des animaux. Dentu and the author: 309 pp. Paris.
- LANCELLOTTI, D. & VÁSQUEZ, J. 2000. Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. *Revista Chilena de Historia Natural*. Vol. **73**: 99-129. Santiago.
- LASTA, M. 2000. Informe de campaña CC-06-2000. Evaluación de biomasa de Vieira patagónica. Unidad S de manejo: banco San Blas, SWSAO, Valdés, Tango, Tango B. Complementariamente: Estación fija banco Reclutas. Informe interno INIDEP. Vol. **181**: 49 pp. Mar del Plata.
- LATREILLE, P. 1802. Histoire Naturelle, Générale et Particulière des Crustacés et Insectes. Familles Naturelles des Genres. Tome Troisième: 467 pp. París.
- LAZO, D. 2004. Análisis de concentraciones fósiles del Cretácico Inferior de Cuenca Neuquina. Tesis para optar de al Grado de Doctor. Universidad de Buenos Aires, Departamento de Ciencias Geológicas (Inédito): 337 pp. Buenos Aires.
- LEACH, W. 1819. A list of invertebrate animals discovered by His Majesty's Ship Isabella, in a voyage to the Arctic Regions. In Ross, J. Voyage of discovery exploring Baffin's Bay, Appendix 2: 61-64. Londres.
- LÉPEZ, L. 2002. Análisis Estructural del Triásico de Santa Juana al sur y occidente del río Biobío, VIII Región, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 118 pp. Concepción.

- LESKE, N. 1778. Additamenta ad Jacobi Theodori Klein Naturalem Dispositionem Echinodermatum et Lucubrationum de Aculeis Echinorum Marinorum: 278 pp. Leipzig.
- LEVER, J. 1958, Quantitative beach research. I. The left-right phenomenon: sorting of lamellibranch valves on sandy beaches. *Basteria*. Vol. **22**: 21-51. Bilthoven.
- LINNAEUS, C. 1758. Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis. Tomus I. Editio decima, reformata. Laurentii Salvii: 824 pp. Estocolmo.
- LINSE, K. 1997. Die Verbreitung epibenthischer Mollusken im chilenischen Beagle-Kanal. *Berichte zur Polarforschung*. Vol. **228**:1-131. Hamburgo.
- MARTIN, R. 1999. Taphonomy: a process approach. Cambridge University Press: 508 pp. Cambridge.
- MARTINEZ, R. 1968. Necesidad de una nueva comprensión de los esquemas clásicos sobre el Terciario de Chile Central. El Terciario de Chile, Zona Central. Sociedad Geológica de Chile: 95-103. Santiago.
- MARTÍNEZ, R. 1976. Hallazgo de *Sphaeroidinella dehiscens dehiscens* (Parker and Jones) en el Plioceno de Arauco: su significado para la reinterpretación del Neógeno Superior en Chile. Congreso Geológico Chileno N°1. Actas: C125-C142. Santiago.
- MARTÍNEZ, R. & OSORIO, R. 1968. Foraminíferos Pliocénicos de Chile Central II. Edad y paleoecología de la Formación Tubul. El Terciario de Chile, Zona Central. Cecioni, G. (ed.). Editorial Andrés Bello: 155-166. Santiago.
- MAUNA, C. 2013. Reclutamiento de la Vieira patagónica, *Zygochlamys patagónica* (Bivalvia: Pectinidae), en el Sector Norte de manejo, Océano Atlántico Sudoccidental. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*. Vol. **22**: 43-57. Mar del Plata.
- MAYNARD, J. 1982, Extension of Berner's "New geochemical classification of sedimentary environments" to ancient sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*. Vol. **52**: 1.325-1.332. Tulsa.
- MCLEAN, J. & ANDRADE, H. 1982. Large Archibental gastropods of Central Chile: Collections from an expedition of R/V Anton Bruun and Chilean Shrimp Fishery. *Contributions in Science*. Vol. **342**: 1-20. Los Ángeles.
- MELNICK, D.; BOOKHAGEN, B.; STRECKER, M. & ECHTLER, H. 2009. Segmentation of megathrust rupture zones from fore-arc deformation patterns over hundreds to millions of years, Arauco peninsula, Chile. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. Vol. **114**: 1-23.

- MONTFORT, P. 1810. Conchyliologie systématique, et classification méthodique des coquilles; offrant leurs figures, leur arrangement generique, leurs descriptions caracteristiques, leurs noms; ainsi que leur synonymie en plusieurs langues. F. Schoell (ed.): 676 pp. Paris.
- MORRIS, K. 1979. A classification of Jurassic marine sequences and an example from the Toarcian (Lower Jurassic) of Great Britain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. **26**: 117-126.
- MORTON, S. 2001. Análisis tafonómico de moluscos continentales de la Formación San José y Formación Chiquimil (Mioceno Medio), provincias de Catamarca y Tucumán, Argentina. *Comunicaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad Nacional de Nordeste*: 1-4. Corrientes.
- MOULINS, M. DES 1832. Description d'un nouveau genre de coquille vivante, bivalve, des mers du Chili. Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux. Vol. **5**: 83-92. Burdeos.
- MUÑOZ-CRISTI, J. 1946. Estado Actual del conocimiento sobre la geología de la provincia de Arauco. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Anales. Vol. **3**: 63 pp. Santiago.
- MUÑOZ-CRISTI, J. 1956. Chile. In Handbook of South American Geology. Jenks, W. (ed.). Memoirs Geological Society of America. Vol. **65**: 187-214. Cincinnati.
- NICHOLS, G. 1999. Sedimentology and Stratigraphy. Wiley (ed.): 368 pp. Londres.
- NICHOLS, G. 2009. Sedimentology and Stratigraphy, Segunda Edición. Wiley- Blackwell (ed.): 419 pp. Oxford.
- NIELSEN, S. 2015. Differences between Plio-Pleistocene faunas from southern Chile: age or environment?. Congreso Geológico Chileno N°14. Actas: 639-640. La Serena.
- NIELSEN, S. & VALDOVINOS, C. 2008. Early Pleistocene mollusks of the Tubul Formation, South-Central Chile. *The Nautilus*. Vol. **122** (4): 201-216. Florida.
- OSORIO, C. 2002. Moluscos marinos en Chile, especies de importancia económica. Guía de identificación. Editorial Salesianos: 211 pp. Santiago.
- OSORIO, C. & REID, D. 2004. Moluscos marinos intermareales y submareales entre la Boca del Guafo y el Estero Elefantes, sur de Chile. *Investigaciones Marinas*. Vol. **32** (2): 71-89. Valparaíso.
- OSORIO, C.; PEÑA, R.; RAMAJO, L. & GARCELON, N. 2006. Malacofauna bentónica de los canales oceánicos del sur de Chile (43° - 45°S). *Revista de Ciencia y Tecnología del Mar*. Vol. **29** (1): 103-114. Valparaíso.

- OSORIO, C.; REID, D. & RAMAJO, L. 2005. Moluscos en los Canales del Sur de Chile entre Boca del Guafo y Estero Elefantes (CIMAR 7 Fiordos). *Revista de Ciencia y Tecnología del Mar*. Vol. **28** (1): 91-98. Valparaíso.
- PHILIPPI, R. 1845. Diagnosen einiger neuer Conchylien. *Archiv für Naturgeschichte*. Vol.**11**: 50-71. Berlín.
- PINEDA, V. 1983. Evolución Paleogeográfica de la Península de Arauco durante el Cretácico Superior-Terciario. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología y Geofísica (Inédito): 239 pp. Santiago.
- PINEDA, V. 1986. Evolución paleogeográfica de la cuenca sedimentaria Cretácica - Terciaria de Arauco. Geología y Recursos naturales de Chile. Frutos, J.; Oyarzún, R. & Pincheira, M. (eds.). Editorial de la Universidad de Concepción. Vol. **1**: 376-390. Concepción.
- PINERO, R. 2001. Aspectos biológicos y ecológicos de los Pelecípodos Protobranquios integrantes de las comunidades bentónicas del Golfo de San Jorge: *Nuculana sulculata* (Couthouy, 1852), *Nucula puelcha* d'Orbigny, 1842, y *Malletia cummingii* (Hanley, 1860). Tesis de grado para optar a la Licenciatura en Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Mar del Plata (Inédito): 50 pp. Mar del Plata.
- POSAMIENTER, H. & WALKER, R. 2006. Facies Models Revisited. Society for Sedimentary Geology: 532 pp. Tulsa.
- POWELL, A. 1951. Antarctic and subantarctic Mollusca: Pelecypoda and Gastropoda. *Discovery Report*. Vol. **26**: 47-79. Londres.
- RAFINESQUE, C. 1815. Analyse de la Nature ou Tableau de l'Univers et des Corps Organisés. 224 pp. Palermo.
- REID, D. & OSORIO, C. 2000. The shallow-water marine mollusca of the Estero Elefantes and Laguna San Rafael, southern Chile. *Bulletin Natural History Museum Zoology Series*. Vol. **66** (2): 109-146. Londres.
- RHOADS, D. & MORSE, J. 1971. Evolutionary and biologic significance of oxygen-deficient marine basins. *Lethaia*. Vol. **4**: 413-428.
- RÍO, C. d. 1997. Cenozoic biogeographic history of the eurythermal genus *Retrotapes*, new genus (subfamily Tapetinae) from southern South America and Antarctica. *The Nautilus*. Vol. **110**: 77-93. Florida.
- RÍOS, C.; ARNTZ, W.; GERDES, D.; MUTSCHKE, E. & MONTIEL, A. 2007. Spatial and temporal variability of the benthic assemblages associated to the holdfasts of the kelp *Macrocystis pyrifera* in the Straits of Magellan, Chile. *Polar Biology*. Vol. **31**: 89-100 pp.
- ROCHEBRUNE, A. D & MABILLE, J. 1889. Mollusques. Mission Scientifique du Cap Horn (1882-1883). *Zoologie*. Vol. **6** (2): 1-126. Ginebra.

- RÖDING, P. 1798. Museum Boltenianum. Pars secunda continens conchylia. Trappii, J. (ed.): 199 pp. Hamburgo.
- RODRÍGUEZ, N; HIRZEL, J. & KLEE, G. 2004. Manejo de Suelo y Fertilización en la Provincia de Arauco. Producción Práctica de Carne Bovina, Sistemas Vaca- Ternero y Recría-Engorda de Novillos, Provincia de Arauco, Región del Biobío. Klee, G (ed.). Boletín INIA N° 117:127 pp. Chillán.
- ROJAS, C. 2000. Edad y Paleoecología de la Secuencia Basal de la Formación Tubul: Plioceno de Arauco, Mediante el Análisis de Foraminíferos. Memoria para optar al Título de Biólogo Marino. Universidad de Concepción, Departamento de Oceanografía (Inédito): 109 pp. Concepción.
- ROSENFELD, S.; MARAMBIO, J. & ALDEA, C. 2016. Primer reporte de la colección de moluscos presentes en el Museo Maggiorino Borgatello (Punta Arenas, Chile). *Gayana*. Vol. 80 (1):75-91. Concepción.
- SABELLI, B. 1980. Guía de Moluscos. Mondadori, A. (ed.): 512 pp. Milán.
- SALAZAR, C.; STINNESBECK, W. & QUINZIO-SINN, L. 2010. Ammonites from Maastrichtian (Upper Cretaceous) Quiriquina Formation in Central Chile. *Neus Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*. Vol. 253: 181-236. Stuttgart.
- SANDERS, H. 1958. Benthic Studies in Buzzards Bay I. Animal-Sediment Relationships. *Limnology and Oceanography*. Vol. 3 (3): 245-258.
- SIEBOLD C.v. 1848. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie der Wirbellosen Thiere. Erster Theil. Lehrbuch der vergleichenden Anatomie. SIEBOLD C.v. & STANNIUS H. (eds.). Verlag von Veit & Comp.:679 pp. Berlin.
- SMITH, E. 1881. Mollusca and molluscoidea of the zoological collections made during the survey of HMS "Alert" in the Strait of Magellan and on the coast of Patagonia. *Proceedings of the Zoological Society of London*: 22- 44. Londres.
- SOOT- RYEN, T. 1959. Pelecypoda. Reports of the Lund University Chile Expedition 1948-49. Lunds Universitets Arsskrift. Vol. 55 (6): 1-85. Lund.
- SOTO, F.; BEDUSCHI, L. & FALCONI, C. 2007. Desarrollo territorial rural: análisis de experiencias en Brasil, Chile y México. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Banco Interamericano de Desarrollo: 291 pp. Santiago.
- STINNESBECK, W. 1986. Zu den faunistischen und palökologischer Verhältnissen in der Quiriquina Formation (Maastrichtium) Zentral-Chiles. *Paleontographica*. Vol. A19 (4-6): 99-237.
- STREBEL, H. 1905. Beiträge zur Kenntnis der Mollusken fauna der Magalhaen-Provinz. *Zoologische Jahrbücher*. Vol. 22 (3): 575-666. Jena.

- TAVERA, J. 1942. Contribucion al estudio de la estratigrafía y paleontología del Terciario de Arauco. Congreso Panamericano de Ingeniería en Minas y Geología N° 1. Actas **1-2**: 580-632. Santiago.
- TAVERA, J. 1990. Plioceno de la Región Arauco (Lat. 37°10' y Lon. 37°45') e Isla Mocha (Lat. 38°20'), Formaciones Tubul (= Coquimbo) y La Albarrada. Estratigrafía y Asociación Faunística. Universidad de Chile, Departamento de Geología (Inédito): 45pp. Santiago.
- THOMPSON, J.; MULLINS, H.; NEWTON, C. & VERCOURTERE, T. 1985. Alternative biofacies model for dysaerobic communities. *Lethaia*. Vol. **18**: 167-179.
- VALDOVINOS, C. & NIELSEN, S. 2006. Mollusks of the Tubul Formation (South-Central Chile): Implications for the Early Pleistocene climate of the Southeastern Pacific. Congreso Geológico Chileno N°11. Actas **1**: 135-138. Antofagasta.
- VÁSQUEZ, P. 2001. Petrología y geotermobarometría del basamento metamórfico de la Cordillera de La Costa de Chile entre los 36° 30' y 38° 00' S. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 170 pp. Concepción.
- VERRILL, A. & BUSH, K. 1897. Revision of the genera of Ledidae and Nuculidae of the Atlantic Coast of the United States. *American Journal of Science*. Vol. **3** (153): 51-63.
- VILLARROEL, M. & STUARDO, J. 1998. Protobranchia (Mollusca: Bivalvia) chilenos recientes y algunos fósiles. *Malacologia*. Vol. **40** (1-2): 113-229. Ann Arbor.
- WALKER, K. & BAMBACH, R. 1974. Feeding by benthic invertebrates: classification and terminology for paleoecological analysis. *Lethaia*. Vol. **7** (1): 67-78.
- WILLIAMS, A.; CARLSON, S.; BRUNTON, C.; HOLMER, L. & POPOV, L. 1996. A supra-ordinal classification of the Brachiopoda. *Philosophical Transactions of the Royal Society, Biological Sciences*. Vol. **351**: 1.117-1.193.
- WILLNER, A. 2005. Pressure–Temperature Evolution of a Late Palaeozoic Paired Metamorphic Belt in North–Central Chile (34°–35°30'S). *Journal of Petrology*. Vol. **46** (9): 1.805-1.833. Oxford.
- WILSON, M. 1988. Taphonomic Processes: Information Loss and Information Gain. *Geoscience Canada*. Vol. **15**: 131-148. San Juan de Terranova.
- ZAMBRANO, P.; ENCINAS, A. & NIELSEN, S. 2012. Sedimentología e icnología de eventos transgresivo durante el Paleógeno de Chile Central (Península de Arauco). Antecedentes para la aplicación de estratigrafía secuencial en parasecuencias. Congreso Geológico Chileno N°13. Actas: 640-642. Antofagasta.

ZELAYA, D. & GORDILLO, S. 2011. Gastropods raised marine deposits along the Beagle Channel, southern Argentina: The ancestors of the living fauna. *Marine Biodiversity Records*. Vol. 4: 1-20.



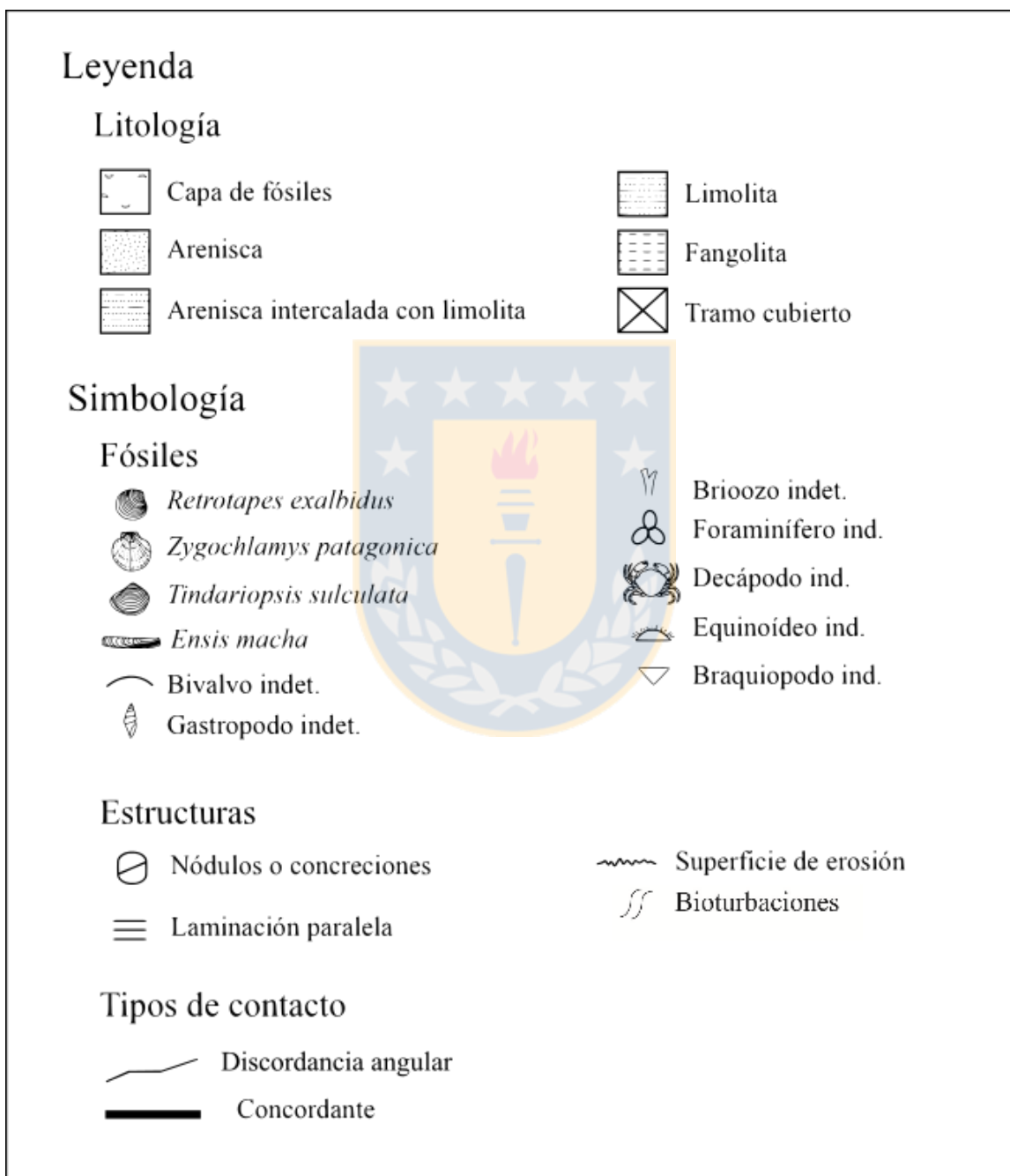


Anexos		Página
1	COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	136
2	ROCAS SEDIMENTARIAS	149
3	CORTES TRANSPARENTES	156
4	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	161

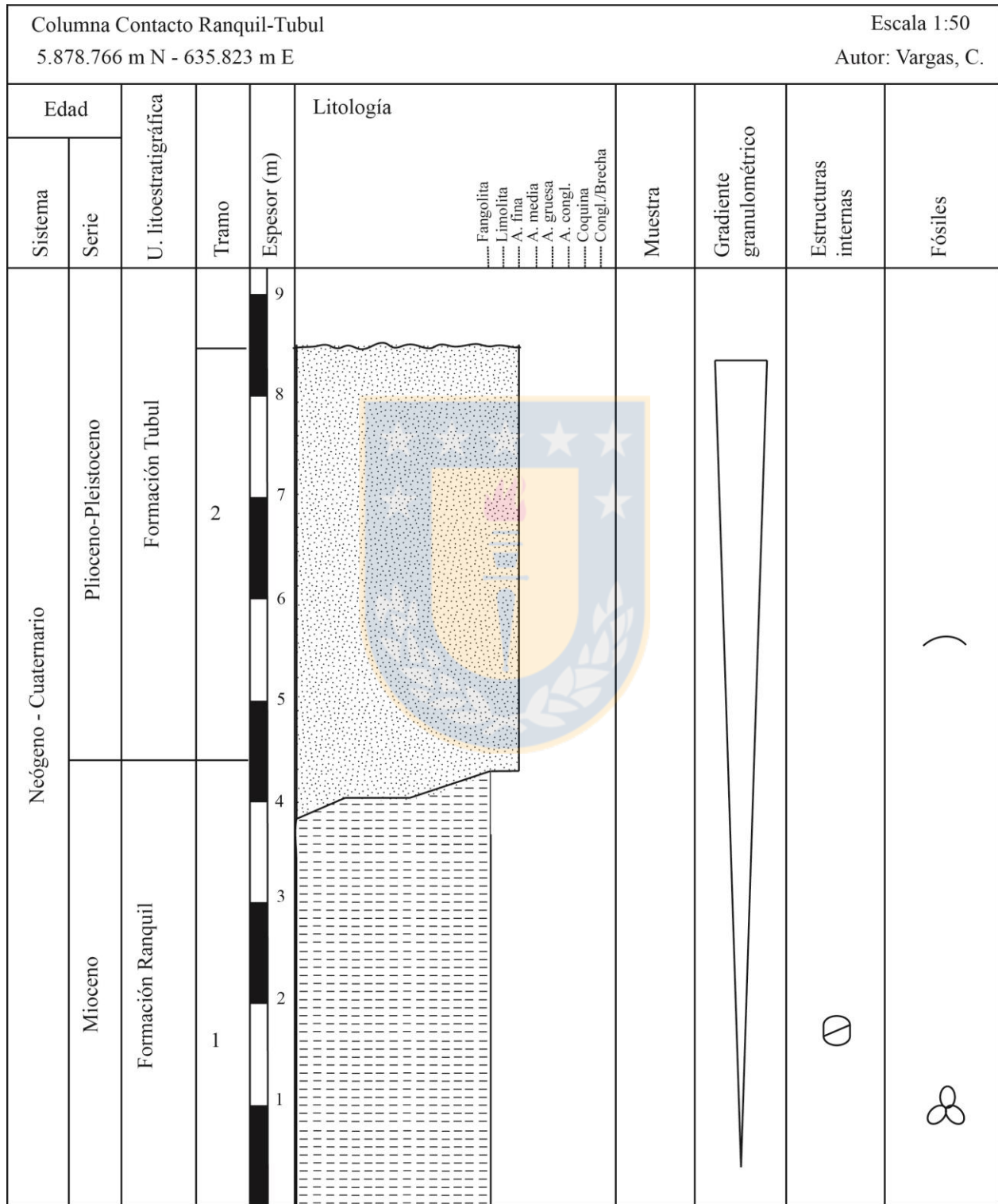


ANEXOS 1: COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

Leyenda de las columnas estratigráficas:



Columna Contacto Formación Ranquil-Formación Tubul



Se ubica al oeste de la caleta Tubul, al costado de la carretera P-22, en las coordenadas UTM 18H 5.878.766 N/ 635.823 E. En esta columna se puede apreciar el contacto entre la Formación Ranquil del Mioceno con la Formación Tubul del Plio-Pleistoceno, la primera entidad rocosa está compuesta por fangolitas grises mientras que la segunda corresponde a areniscas de tamaño fino.

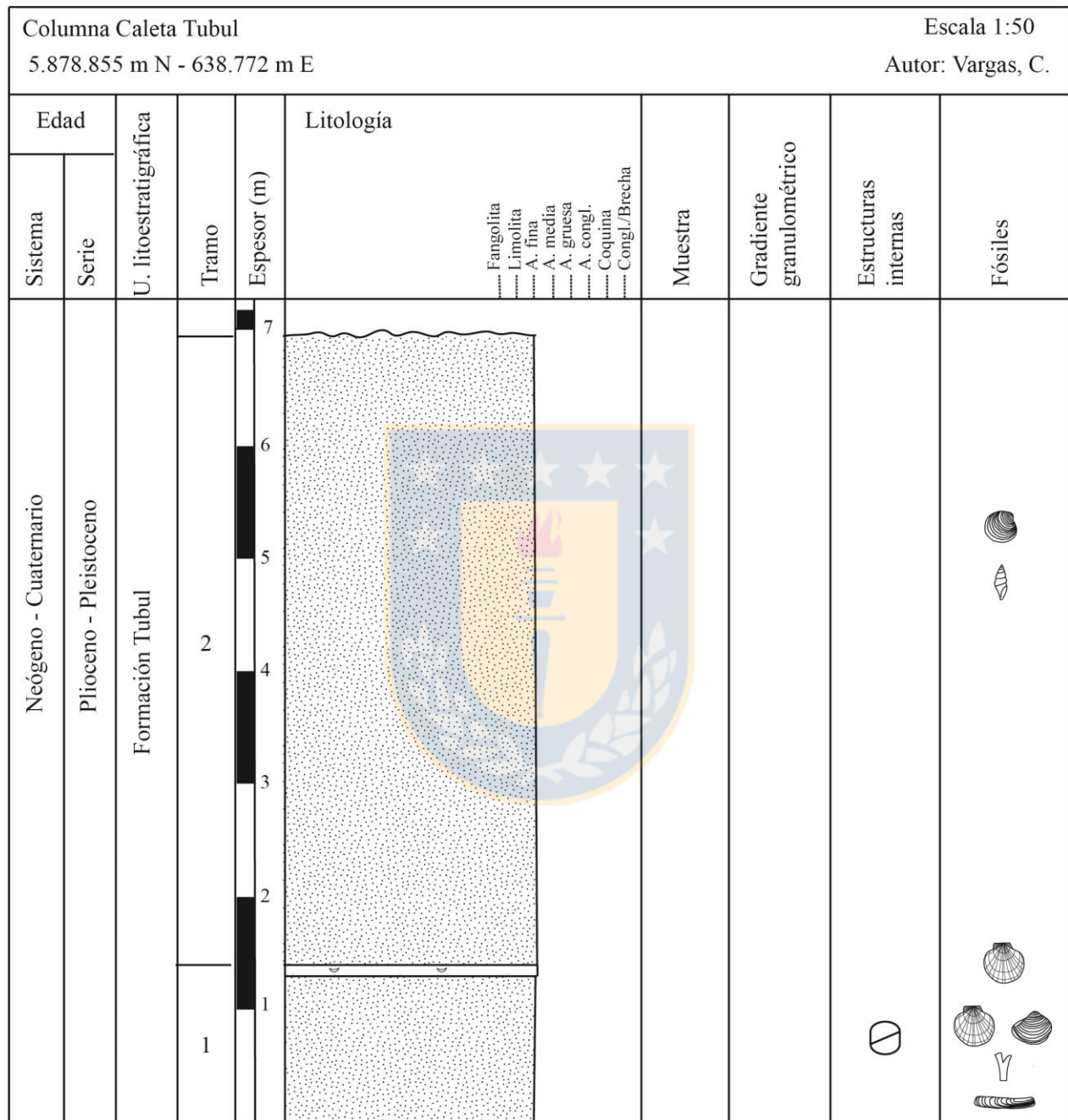
Base: Cubierta

Espesor: 8,5 m

Tramo 1: (4,4 m) Corresponde a fangolitas de color gris claro, presenta concreciones de color gris con tonos amarillos producto de la meteorización. A 1 m de altura se encontraron fósiles de foraminíferos. El techo del tramo se exhibe un contacto irregular en el cual se puede hallar arenisca con clastos de fangolita.

Tramo 2: (4,1 m) Este tramo está compuesto por areniscas de color gris pardo oscuro, de tamaño muy fino, masivas, bien seleccionadas, con una fábrica grano soportada, compuestas por minerales esféricos y subangulosos de cuarzo, feldespatos y además posee una pequeña cantidad de máficos. A los 5,5 m se encuentra un molde interno de un bivalvo indeterminado. El techo de la sección corresponde a la superficie de erosión actual.

Columna Caleta Tubul



Se ubica en el sector ubicado a un costado del muelle pesquero de la Caleta Tubul, en las coordenadas UTM 18H 5.878.855 N/ 638.772 E. Se caracteriza por presentar areniscas muy finas y un pequeño nivel de coquina, además presenta fósiles de *Retrotapes exalbidus* en abundancia.

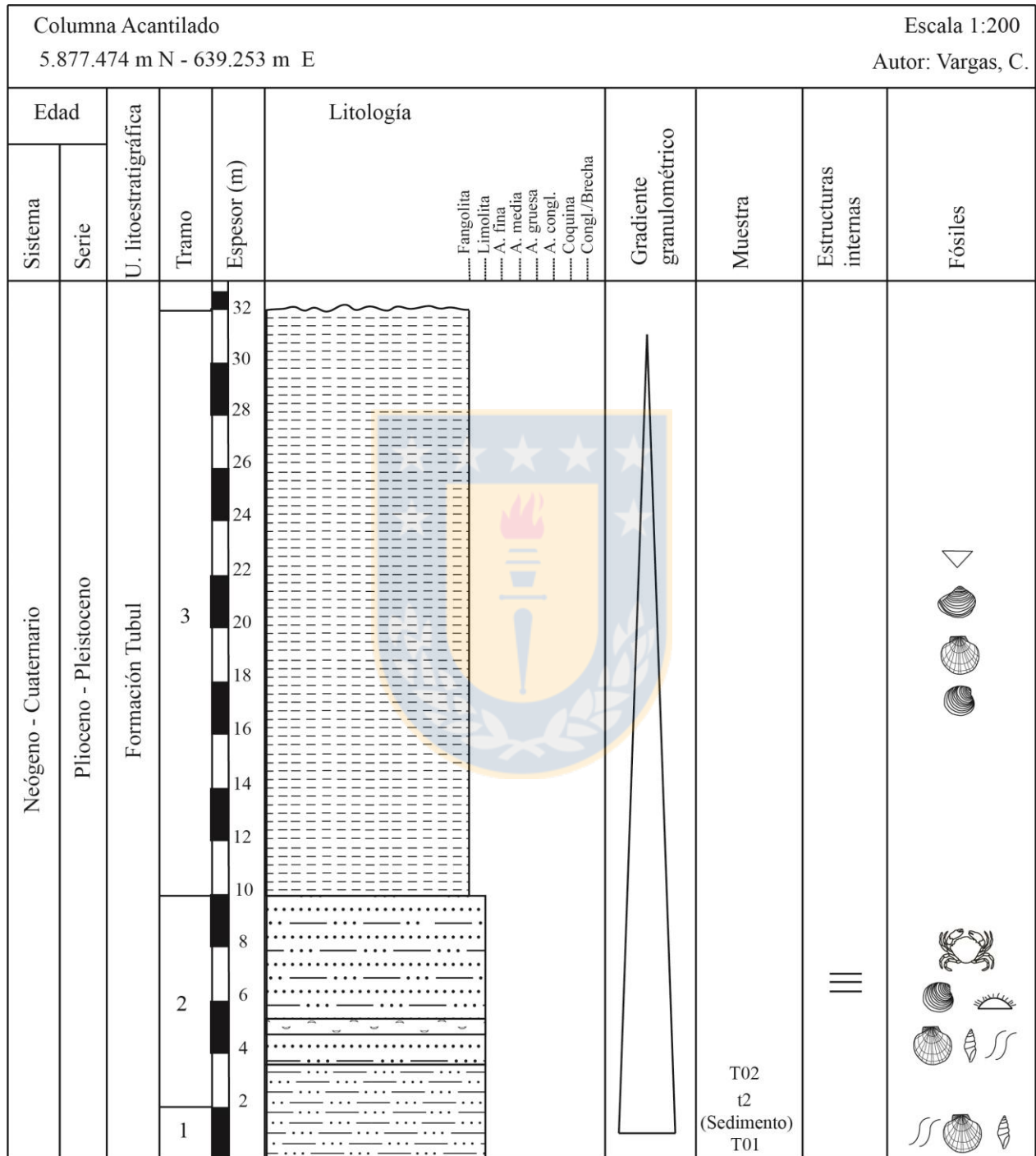
Base: Cubierta

Espesor: 7 m

Tramo 1: (1,07 m) Corresponde a un nivel compuesto por areniscas finas grises masivas, grano-soportadas, bien seleccionadas, poseen clastos subangulosos y esféricos de cuarzo, feldespatos y máficos. A los 14 cm del suelo se encuentra un fósil perteneciente a una valva completa de *Ensis macha*, a los 40 cm un briozo indeterminado y a los 78 cm existe un alto contenido de valvas enteras y desarticuladas de *Zygochlamys patagónica*, a esta misma altura se hallan fósiles de *Tindariopsis sulculata*, algunos de los ejemplares presentan marcas de bioerosión. También se puede observar que existen nódulos ferrosos a los 90 cm, a techo existe una pequeña capa centimétrica de coquina compuesta por pectinídeos orientados en distintas direcciones y con ejemplares cuyos bordes se encuentran en contacto.

Tramo 2: (5,93 m) Este tramo está conformado por areniscas grises finas de las mismas características que la sección anterior, a los 4,90 m se encontró un gastropodo indeterminado. Este nivel está caracterizado por presencia de abundante de *Retrotapes exalbidus* dispersos alrededor de la roca, en la parte superior es posible encontrar ejemplares enteros articulados formando estructuras lineales. El techo de la columna corresponde a la superficie de erosión actual.

Columna Acantilados Sector Las Peñas



Se ubica en el sector costero al norte de la localidad de Las Peñas, en las coordenadas UTM 18H 5.877.474 N/ 639.253 E. Se compone principalmente de limolitas arenosas y areniscas muy finas semiconsolidadas, estas rocas presentan una gran cantidad de moluscos fósiles marinos.

Espesor: 32 m

Base: Cubierta

Tramo 1: (3,5 m) Consiste en limolita arenosa (Muestra t2) de color gris pardo, posee una fábrica grano soportada y está bien seleccionada. Está compuesta por minerales de cuarzo, máficos levemente oxidados y feldespatos, los granos son esféricos y muestran una redondez subangulosa. El estrato es macizo, no presenta ninguna estructura sedimentaria, se encuentra intensamente bioturbado y además posee moluscos fósiles marinos dispersos pertenecientes a *Zygochlamys patagónica* y a pequeños gastrópodos, en la parte superior del tramo se encuentra un cúmulo de pectínidos. A los 1,5 m se realiza el bloque y se saca la muestra T01, mientras que a los 3,4 m se elabora el bloque y se extrae la muestra T02 en conjunto con una bolsa de sedimento t2.

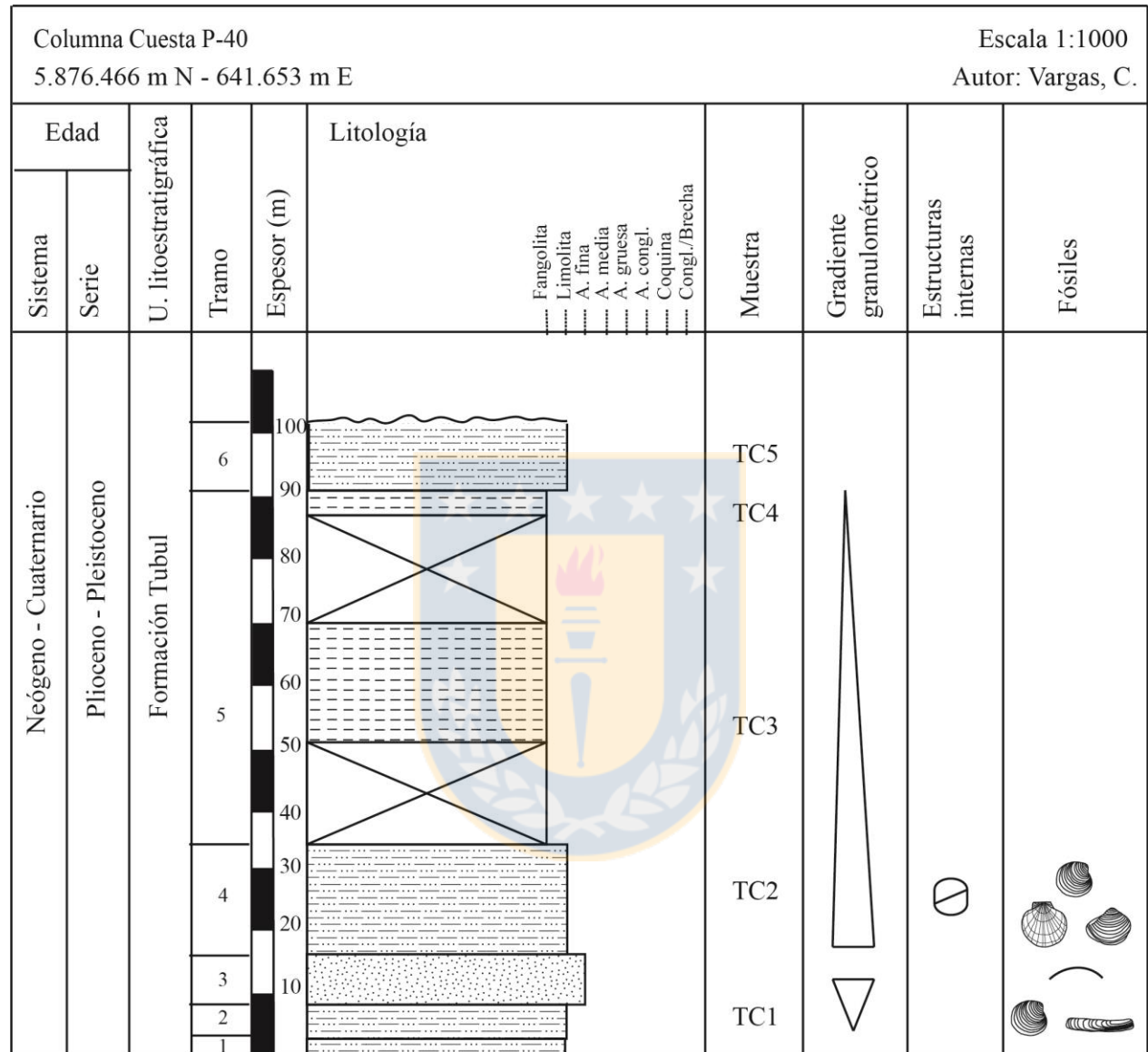
Tramo 2: (6,5 m) Corresponde a un estrato con laminación paralela entre limolita arenosa y arenisca muy fina, la primera presenta las mismas características que el tramo anterior, mientras que la arenisca fina es grano soportada, bien seleccionada y presenta granos de cuarzo, feldespatos y algunos máficos, los minerales son subredondeados y esféricos. Las rocas se encuentran, igual que en el tramo anterior, intensamente bioturbadas; en la base se pueden encontrar valvas desarticuladas y diseminadas de *Zygochlamys patagónica*, además de gastrópodos pequeños. A los 5 metros hay una capa continua de pectínidos de tamaño decimétrico, que contiene aparte de bivalvos de menor tamaño, gastrópodos, fragmentos de equinoideos y decápodos. En la parte superior de la sección existen valvas fósiles dispersas de *Zygochlamys patagónica* y también se pueden hallar valvas de *Retrotapes exalbidus*.

Tramo 3: (22 m) Este tramo de apariencia maciza consiste en fangolita arenosa de color gris oscuro, bien seleccionada, grano soportada, compuesta por cuarzos, feldespatos, máficos y una pequeña proporción de micas; los minerales son subredondeados y esféricos a subprismáticos. En esta sección hay presencia de pectínidos dispersos alrededor de la roca, *Retrotapes exalbidus* tanto diseminados como agrupados en forma lineal y en posición de vida, estos últimos fósiles se encuentran asociados a bivalvos de *Tindariopsis sulculata*. También se pueden hallar moldes

internos y valvas completas de braquiópodos pertenecientes a la especie *Magellania venosa*. El techo corresponde a la superficie de erosión actual.



Columna Cuesta P-40



Esta columna se encuentra localizada en la cuesta ubicada al comienzo de la ruta P-40, al oeste de la ciudad de Arauco, en las coordenadas UTM 18H 5.876.466 N/ 641.653 E. Se encuentra compuesta principalmente por rocas de tamaño fino como limolitas, areniscas, fangolitas y arcillolitas. Además presenta fósiles de bivalvos marinos en la base de la sección estratigráfica.

Espesor: 101,88 m

Base: Cubierta

Tramo 1: (2,5 m) Corresponde a un nivel de limolitas arenosas masivas de color gris claro, bien seleccionadas, se caracteriza por no presentar fósiles.

Tramo 2 (5 m) Se caracteriza por la presencia de limolitas arenosas grises oscuras, bien seleccionadas, grano-soportadas, compuestas por minerales subangulosos a angulosos y subprismáticos a prismáticos de cuarzo, plagioclasa, biotita, muscovita, hematita, zircón, anfíboles y minerales opacos. La roca no posee estructuras sedimentarias. Se pueden encontrar valvas fósiles de *Ensis macha* y de *Retrotapes exalbidus*, este último ejemplar está distribuido al azar dentro del estrato, además se pueden hallar tanto moldes internos como externos de este fósil. Se extrae la muestra para corte transparente TC1 (Pág. 156, Anexos) a los 6 m de altura.

Tramo 3: (7,5 m) Corresponde a areniscas arcosas de tamaño muy fino de color gris claro, masivas, bien seleccionadas, compuesta por granos subangulosos y subprismáticos de cuarzo, feldespatos, máficos alterados y además presenta una pequeña cantidad de micas. Adicionalmente se pueden encontrar valvas desarticuladas fósiles de bivalvos indeterminados.

Tramo 4: (17,5 m) Nivel de limolitas arenosas de color gris claro, muy bien seleccionadas, compuestas por granos subangulosos a angulosos y prismáticos a subprismáticos de cuarzo, plagioclasa, biotita, anfíbol, muscovita, zircón, hematita, minerales opacos y líticos de pequeño tamaño. A los 25 m de altura se puede hallar concreciones ferrosas. En este estrato existen valvas desarticuladas de *Zygochlamys patagónica* diseminadas alrededor de la roca, además de la presencia de fósiles completos de *Retrotapes exalbidus* alineados y en posición de vida, asociados a ejemplares de *Tindariopsis sulculata*. Se extrae la muestra para lámina delgada TC2 (Pág. 157, Anexos) a los 27 m de altura.

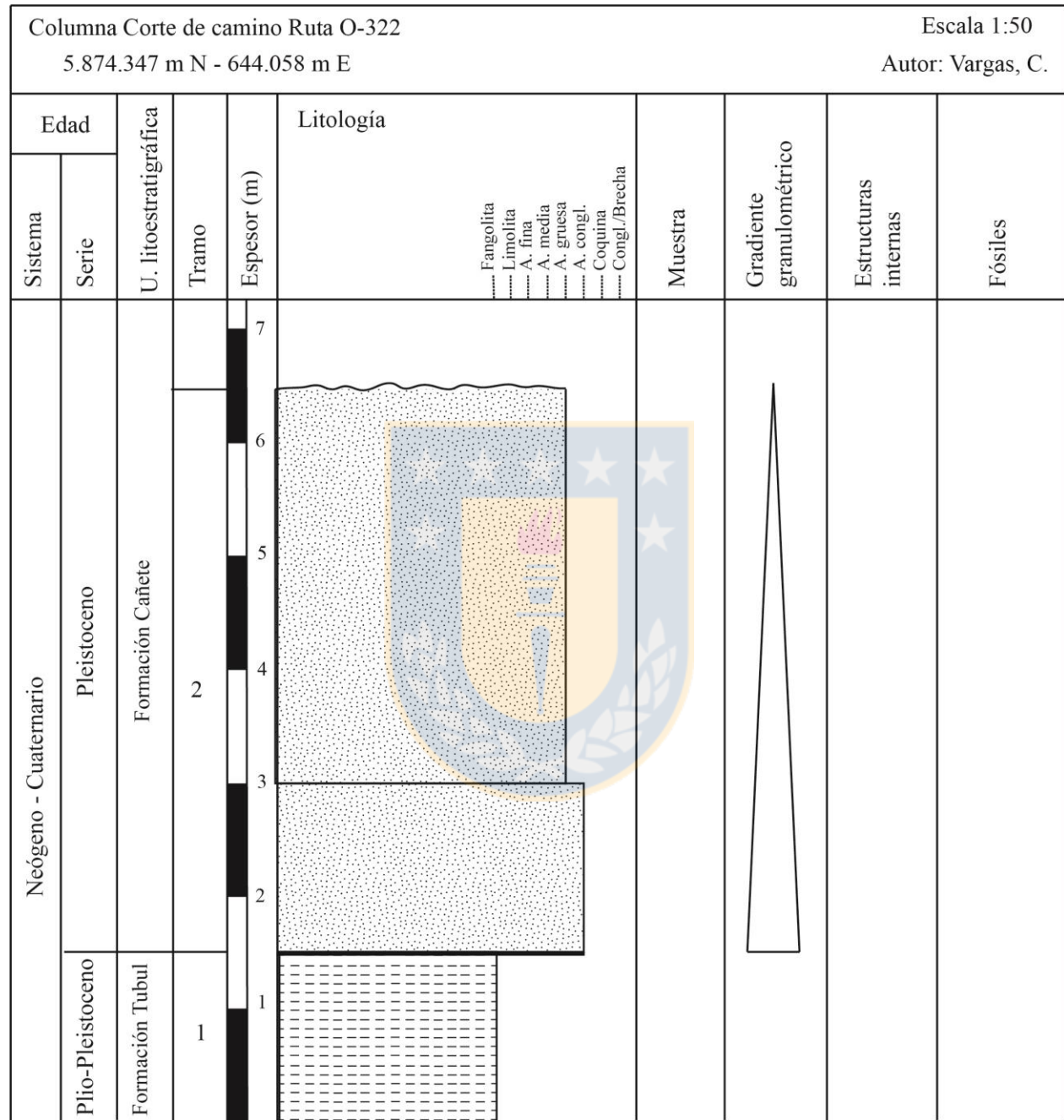
Tramo 5: (55,63 m) Los primeros 16,25 m del tramo están cubiertos, los 18,75 m siguientes corresponden a fangolitas arenosas grises, grano-soportadas, moderadamente bien seleccionadas, compuestas minerales subagulosos a angulosos y prismáticos de cuarzo, plagioclasa alterada a arcilla, biotita alterada a epidota, hematita y minerales opacos; la roca no presenta estructuras

sedimentarias y a los 54 m se extrae la muestra TC3 (Pág. 158, Anexos). Este nivel es seguido por 16,88 m de tramo cubierto. El techo de 3,75 m de espesor, corresponde a arcillolitas arenosas de color gris claro, masivas, bien seleccionadas, grano-soportadas, compuestas por granos minerales angulosos y subprismáticos de cuarzo, plagioclasa, biotita y minerales opacos; se extrae la muestra TC4 (Pág. 159, Anexos) a los 87,25 m de altura.

Tramo 6: (13,75 m) Presenta limolitas arenosas muy alteradas de color gris claro, bien seleccionadas, poseen un alto porcentaje de limo, están compuesta por granos subangulosos a angulosos y subprismáticos de cuarzo, plagioclasa, biotita, hematita y minerales opacos; no hay presencia de estructuras sedimentarias ni de fósiles, a los 97 m se extrae la muestra TC5 (Pág. 160, Anexos). El techo corresponde la superficie con el suelo.



Columna Corte de Camino Ruta O-322



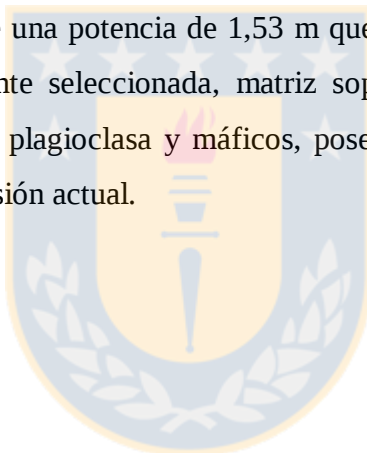
Esta columna se encuentra localizada en un corte de camino ubicado en la Ruta O-322. Muestra un contacto concordante entre la Formación Tubul y la Formación Cañete. La primera entidad rocosa está compuesta por limolitas arenosas, mientras que la segunda se compone por areniscas conglomerádicas que gradan a gruesas.

Espesor: 6,5 m

Base: Formación Tubul

Tramo 1: (1,47 m) Corresponde a un nivel de limolitas arenosas de color gris claro, que no posee estructuras ni fósiles presentes en ellas. A techo se identifica un contacto concordante con la Formación Cañete.

Tramo 2: (5,03 m) Secuencia granodecreciente de areniscas conglomerádicas de color pardo, mal seleccionadas, matriz soportada de composición arcillosa, compuestas por minerales subangulosos y subprismáticos de cuarzo (0,2 a 5 cm de diámetro), líticos angulosos y subprismáticos de origen volcánico (0,5 a 1 cm de diámetro) y micas angulosas y prismáticas (0,1 cm de diámetro); este nivel posee una potencia de 1,53 m que luego grada a arenisca gruesa de color pardo rojizo, moderadamente seleccionada, matriz soportada de composición arcillosa, compuesta por granos de cuarzo, plagioclasa y máficos, posee un espesor de 3,5 m y el techo corresponde a la superficie de erosión actual.



ANEXOS 2: ROCAS SEDIMENTARIAS

MUESTRA: Formación Tubul T01					
COORDENADAS	18H 639.264 E / 5.877.449 N WGS 1984				
LOCALIDAD	Punta Las Peñas				
CLASIFICACIÓN	Limolita arenosa (Folk, 1968)				
COLOR	Roca fresca: gris pardo				
	Roca alterada: gris pardo oscuro				
SELECCIÓN	Buena				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 95		Matriz: 5	Cemento: -	
%	Grava: -		Arena: 50	Limo: 45	Arcilla: 5
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Terrígenos					
*Monominerales					
Cuarzo	70	-	0,125	Subangulosa	Esférico
Máficos	20	Levemente oxidados	0,05	Subangulosa	Esférico
Feldespatos	10	-	0,125	Subangulosa	Esférico
DESCRIPCIÓN DEL CEMENTO: No se observa en muestra de mano					
OBSERVACIONES:					
Semiconsolidada y muy frágil, se deshace con al tacto. Se encuentra en el límite entre arenisca limosa y limolita arenosa					

MUESTRA: Formación Tubul T02					
COORDENADAS	18H 639.264 E / 5.877.449 N WGS 1984				
LOCALIDAD	Punta Las Peñas				
CLASIFICACIÓN	Limolita arenosa (Folk, 1968)				
COLOR	Roca fresca: gris pardo				
	Roca alterada: pardo oscuro				
SELECCIÓN	Buena				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 90		Matriz: 10	Cemento: -	
%	Grava: -		Arena: 40	Limo: 50	Arcilla: 10
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Terrígenos					
*Monominerales					
Cuarzo	80	-	0,125	Subangulosa	Esférico
Máficos	10	Levemente oxidados	0,06	Subangulosa	Subprismático
Feldespatos	10	Levemente a arcilla	0,06	Subangulosa	Subprismático
DESCRIPCIÓN DEL CEMENTO: No se observa en muestra de mano					
OBSERVACIONES: Semiconsolidada.					

MUESTRA: Formación Tubul T03					
COORDENADAS	18H 639.264 E / 5.877.449 N WGS 1984				
LOCALIDAD	Punta Las Peñas				
CLASIFICACIÓN	Arcosa (Folk, 1968) Arenisca (Nichols, 1999)				
COLOR	Roca fresca: Pardo grisáceo				
	Roca alterada: pardo oscuro con tonos rojizos				
SELECCIÓN	Buena				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 90		Matriz: 10	Cemento: -	
%	Grava: -		Arena: 95	Limo: 5	Arcilla: 0
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Terrígenos					
*Monominerales	95				
Cuarzo	25	-	0,125	Subangulosa	Subprismático
Máficos	5	Oxidados	0,08	Subangulosa	Subprismático
Feldespatos	70	Levemente a arcilla	0,125	Subangulosa	Subprismático
*Restos orgánicos	5				
DESCRIPCIÓN DEL CEMENTO: No se observa en muestra de mano					
OBSERVACIONES:					
Semiconsolidada, de tamaño muy fino. Roca muy alterada que posee restos orgánicos.					

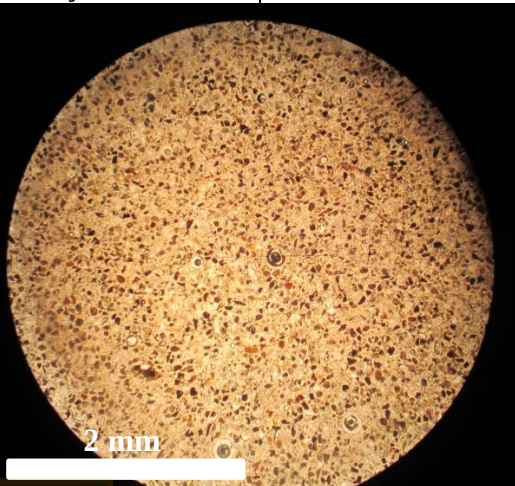
MUESTRA: Formación Tubul T04					
COORDENADAS	18H 639.264 E / 5.877.449 N WGS 1984				
LOCALIDAD	Punta Las Peñas				
CLASIFICACIÓN	Limolita arenosa (Folk, 1968)				
COLOR	Roca fresca: Gris pardo				
	Roca alterada: Pardo oscuro				
SELECCIÓN	Buena				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 95		Matriz: 5	Cemento: -	
%	Grava: -		Arena: 45	Limo: 50	Arcilla: 5
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Terrígenos					
*Monominerales					
Cuarzo	54	-	0,06	Subangulosa	Subprismático
Máficos	40	-	0,125	Subangulosa	Subprismático
Feldespatos	5	-	0,06	Subangulosa	Subprismático
Micas	1	-	0.04	Subangulosa	Subprismático
DESCRIPCIÓN DEL CEMENTO: No se observa en muestra de mano					
OBSERVACIONES: Semiconsolidada.					

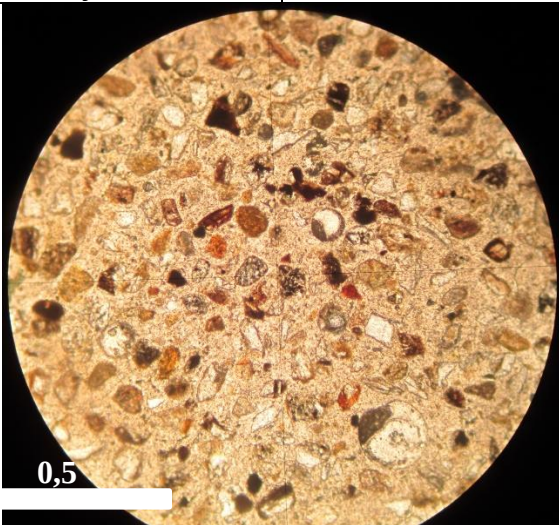
MUESTRA: Formación Tubul T05					
COORDENADAS	18H 638.990 E / 5.877.677 N WGS 1984				
LOCALIDAD	Punta Las Peñas				
CLASIFICACIÓN	Limolita arenosa (Folk, 1968)				
COLOR	Roca fresca: Gris				
	Roca alterada: Gris pardo con tonos blanquecinos				
SELECCIÓN	Buena				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 95		Matriz: 5	Cemento: -	
%	Grava: -		Arena: 40	Limo: 55	Arcilla: 5
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Terrígenos					
*Monominerales	95				
Cuarzo	84	-	0,06	Subangulosa	Subprismático
Máficos	15	-	0,08	Subangulosa	Subprismático
Micas	1	-	0,8	Subangulosa	Subprismático
*Restos orgánicos	5				
DESCRIPCIÓN DEL CEMENTO: No se observa en muestra de mano					
OBSERVACIONES:					
Semiconsolidada. Los restos orgánicos corresponden a bivalvos pequeños, la roca además posee una costra de alteración.					

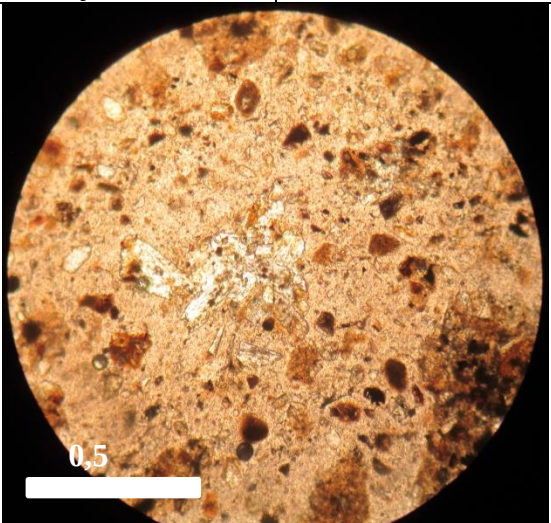
MUESTRA: Formación Tubul T06					
COORDENADAS	18H 638.938 E / 5.877.736 N WGS 1984				
LOCALIDAD	Punta Las Peñas				
CLASIFICACIÓN	Limolita arenosa (Folk, 1968)				
COLOR	Roca fresca: Gris pardo				
	Roca alterada: Pardo oscuro				
SELECCIÓN	Buena				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 95		Matriz: 5	Cemento: -	
%	Grava: -		Arena: 50	Limo: 45	Arcilla: 5
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Terrígenos					
*Monominerales					
Cuarzo	45	-	0,125	Subangulosa	Subprismático
Máficos	50	-	0,125	Subangulosa	Subprismático
Feldespatos	5	-	0,06	Subangulosa	Subprismático
DESCRIPCIÓN DEL CEMENTO: No se observa en muestra de mano					
OBSERVACIONES: Semiconsolidada.					

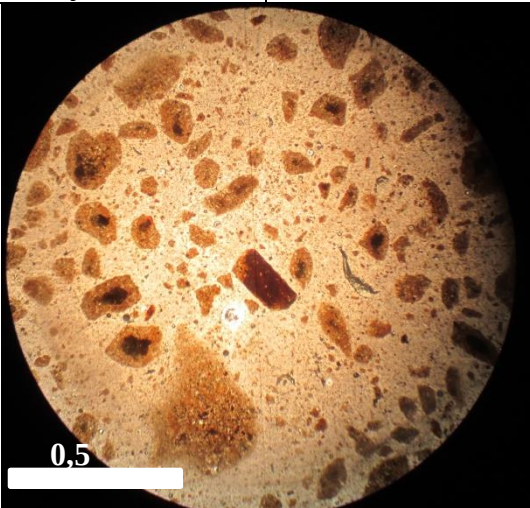
MUESTRA: Formación Tubul T07						
COORDENADAS	18H 638.791 E / 5.877.766 N WGS 1984					
	LOCALIDAD	Punta Las Peñas				
CLASIFICACIÓN	Limolita arenosa (Folk, 1968)					
COLOR	Roca fresca: Gris pardo					
	Roca alterada: Marrón					
SELECCIÓN	Buena					
FÁBRICA	Grano-soportada					
TEXTURA	Clástica					
%	Granos: 95		Matriz: 5		Cemento: -	
%	Grava: -		Arena: 40		Limo: 50	Arcilla: 10
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad	
Terrígenos						
*Monominerales						
Cuarzo	67	-	0,125	Subangulosa	Subprismático	
Máficos	30	-	0,125	Subangulosa	Subprismático	
Feldespatos	2	-	0,06	Subangulosa	Subprismático	
Micas	1		0,06	Subangulosa	Subprismático	
DESCRIPCIÓN DEL CEMENTO: No se observa en muestra de mano						
OBSERVACIONES:						
Semiconsolidada. Roca muy alterada y frágil, posee tonos rojizos debido a la oxidación. Se encuentra en el límite entre arenisca limosa y limolita arenosa.						

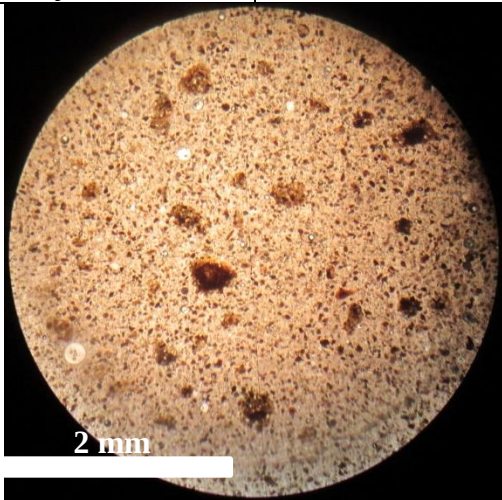
ANEXOS 3: CORTES TRANSPARENTES

FORMACIÓN TUBUL				Objetivo: 2,5x	Luz: LPP
N° DE MUESTRA	TC1				
COORDENADAS	18H 641.649 m E/ 5.876.450 m N WGS 1984				
LOCALIDAD	Inicio cuesta P-40, camino a Lebu.				
CLASIFICACIÓN	Limolita arenosa (Folk, 1968)				
SELECCIÓN	Bien seleccionado				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 100		Matriz: 0	Cemento: 0	
%	Grava: 0		Arena: 40	Limo: 45	Arcilla: 15
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Cuarzo	30	-	0,18	Subanguloso	Subprismático
Plagioclasa	48	Levemente a arcilla y muy leve a epidota	0,13	Muy angulosas	Prismático
Biotita	10	Levemente a epidota	0,125	Angulosa	Subprismático
Muscovita	1	-	0,1	Angulosa	Prismático
Hematita	2	-	0,125	Angulosa	Subprismático
Zircón	1	-	0,05	Angulosa	Subprismático
Anfíbol	1	Alterado a epidota	0,1	Anguloso	Prismático
Líticos	1	-	0,25	Subangulosa	Subprismático
Minerales opacos	6	-	0,1	Subangulosa	Subprismático
OBSERVACIONES:					

FORMACIÓN TUBUL				Objetivo: 10x	Luz: LPP
Nº DE MUESTRA	TC2				
COORDENADAS	18H 641.528 m E / 5.876.323 m N WGS 1984				
LOCALIDAD	Cuesta P-40, camino a Lebu.				
CLASIFICACIÓN	Limolita arenosa (Folk, 1968)				
SELECCIÓN	Muy bien seleccionado				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 100		Matriz: 0	Cemento: 0	
%	Grava: 0		Arena: 40	Limo: 45	Arcilla: 15
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Cuarzo	38	-	0,15	Subanguloso	Subprismático
Plagioclasa	44	Levemente a arcilla	0,125	Anguloso	Subprismático
Biotita	5	Levemente a epidota	0,125	Anguloso	Subprismático
Anfíbol	1	-	0,1	Anguloso	Subprismático
Zircón	1	-	0,06	Anguloso	Prismático
Hematita	1	-	0,125	Subanguloso	Subprismático
Minerales opacos	8	-	0,125	Subanguloso	Subprismático
Líticos	2	-	0,25	Subanguloso	Subprismático
OBSERVACIONES:					
Las plagioclasas presentan maclas					

FORMACIÓN TUBUL				Objetivo: 10x	Luz: LPP
Nº DE MUESTRA	TC3				
COORDENADAS	18H 641.472 m E/ 5.876.155 m N WGS 1984				
LOCALIDAD	Cuesta P-40, camino a Lebu.				
CLASIFICACIÓN	Fangolita arenosa (Folk, 1968)				
SELECCIÓN	Moderadamente seleccionado				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 100		Matriz: 0	Cemento: 0	
%	Grava: 0		Arena: 30	Limo: 45	Arcilla: 25
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Cuarzo	24	-	0,125	Subanguloso	Subprismático
Plagioclasa	32	Levemente a arcilla	0,125	Angulosas	Subprismático
Biotita	40	Levemente a epidota	0,0875	Angulosa	Subprismático
Hematita	1	-	0,06	Angulosa	Subprismático
Minerales ópacos	3	-	0,06	Angulosa	Subprismático
OBSERVACIONES:					
Esta lámina delgada se encuentra alterada en su totalidad. Las plagioclasas se pueden encontrar en cúmulos, también hay biotitas primarias y secundarias, las primeras tienen un tamaño promedio de 0, 05 mm, mientras que las segundas son de 0, 125 mm.					

FORMACIÓN TUBUL				Objetivo: 10x	Luz: LPP
N° DE MUESTRA	TC4				
COORDENADAS	18H 641.312 m E/ 5.875.862 m N WGS 1984				
LOCALIDAD	Cuesta P-40, camino a Lebu.				
CLASIFICACIÓN	Arcillolita arenosa (Folk, 1968)				
SELECCIÓN	Bien seleccionado				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 100		Matriz: 0	Cemento: 0	
%	Grava: 0		Arena: 40	Limo: 5	Arcilla: 55
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Cuarzo	10	-	0,002	Anguloso	Subprismático
Plagioclasa	15	Levemente a arcilla	0,002	Angulosas	Subprismático
Biotita	74	-	0,1	Angulosa	Subprismático
Minerales ópacos	1	-	0,0125	Angulosa	Subprismático
OBSERVACIONES: Las biotitas son secundarias.					

FORMACIÓN TUBUL				Objetivo: 2,5x	Luz: LPP
N° DE MUESTRA	TC5				
COORDENADAS	18H 641.159 m E/ 5.875.841 m N WGS 1984				
	Cuesta P-40, camino a Lebu.				
CLASIFICACIÓN	Limolita arenosa (Folk, 1968)				
SELECCIÓN	Bien seleccionado				
FÁBRICA	Grano-soportada				
TEXTURA	Clástica				
%	Granos: 100		Matriz: 0	Cemento: 0	
%	Grava: 0		Arena: 10	Limo: 65	Arcilla: 25
COMPOSICIÓN	%	Alteración	Moda (mm)	Redondez	Esfericidad
Cuarzo	35	-	0,002	Anguloso	Subprismático
Plagioclasa	38	Levemente a arcilla	0,002	Angulosas	Subprismático
Biotita	15	-	0,1	Angulosa	Subprismático
Hematita	2	-	-	Subangulosa	Subprismático
Minerales ópacos	10	-	0,0125	Subangulosa	Subprismático
OBSERVACIONES:					
Esta lámina delgada tiene mucho contenido de fango.					

ANEXOS 4: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



	LABORATORIO DE ENSAYOS EULA-CHILE Laboratorio Acreditado NCh-ISO 17025:Of. 2005		
	LEE-FOR-510-01		
	INFORME DE RESULTADOS	Versión 4.0	Sección 5.10

Página 1 de 5

LABORATORIO DE SEDIMENTOLOGIA INFORME N°1046 /2016

PROCEDENCIA	: Universidad de Concepción
DIRECCIÓN	: Barrio Universitario s/n, Concepción
SOLICITADO POR	: Camila Vargas Barria
TIPO DE MUESTRA	: Limo - arcilla
IDENTIFICACIÓN PROGRAMA	: No aplica
MUESTREO	: No aplica
PROCEDIMIENTOS DE MUESTREO	: No aplica
MUESTREADO POR	: Cliente
FECHA DE MUESTREO	: 06/05/2016
LUGAR DE MUESTREO	: No aplica
FECHA DE RECEPCIÓN	: 22/11/2016
FECHA EMISIÓN DE INFORME	: 01/12/2016

Metodología:

Granulometría:

Para estimar la distribución del tamaño de partículas de la muestra, se colectó una submuestra de sedimento desde la muestra original, la cual fue introducida en un analizador Mastersizer 3000, a través de la unidad de dispersión HydroEV, utilizando agua como líquido dispersante. La distribución del tamaño de partículas fue estimada mediante difracción laser, lo cual permite detectar partículas dentro de un rango de tamaño de 0.01 a 3000 μm . Todas las mediciones fueron realizadas en triplicado.

El instrumento entrega en porcentajes los tamaños de las partículas, los cuales son determinados por el ángulo de difracción de las partículas, a través de funciones matemáticas y geométricas basadas en la teoría del diámetro de la esfera equivalente y la aproximación de Mie (Labplus International, 2000). Posteriormente, estos resultados fueron introducidos en la planilla Gradistat v8.0 (Blott 2010) para obtener los parámetros granulométricos según el método de momento.

LABORATORIO DE SEDIMENTOLOGIA
INFORME N°1046 /2016

Resultados:

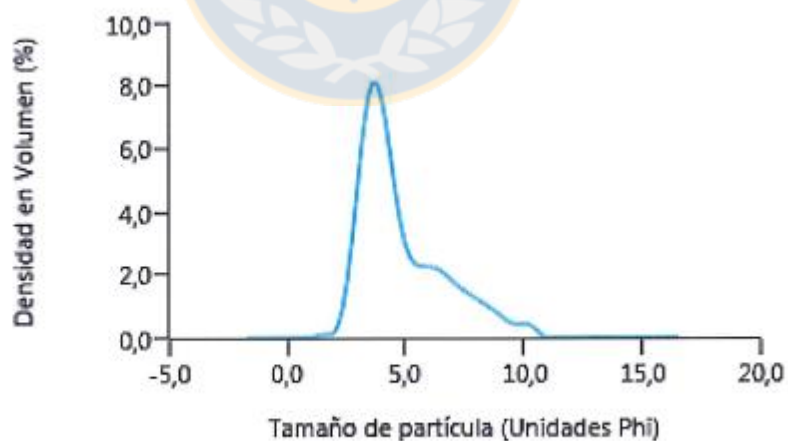
Tabla 1. Parámetros granulométricos de las muestras analizadas (ϕ).

N° Estación	Media (ϕ)	Selección (ϕ)	Asimetría	Curtosis	Clasificación textural (Wentworth, 1922)
T2	4,82	1,80	1,03	3,39	Limo muy grueso

Tabla 2. Facies texturales de las muestras analizadas.

N° Estación	% Fango	% Arenas	% Grava
T2	57	43	0

Figura 1. Curvas de frecuencia de tamaños de partículas en las muestras analizadas.



LABORATORIO DE SEDIMENTOLOGIA
INFORME N° 1046/2016

Bibliografía

Blott, J. 2010. Gradistat version 8.0: A Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediments by Sieving or Laser Granulometer. Kenneth Pye Associates Ltd. Berkshire, UK.

Labplus international. 2000. Diffraction for particle size analysis - why use Mie theory? Malvern Instruments Ltd. England.

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



DAS/AEAC

LABORATORIO DE SEDIMENTOLOGIA
INFORME N° 1046/2016

ANEXO

Tabla 1. Distribución porcentual de partículas de la muestra T2.

Tamaño (μm)	Volumen (%)	Tamaño (μm)	Volumen (%)
453,96	0,00	14,46	1,88
399,55	0,05	12,73	1,85
351,67	0,08	11,20	1,80
309,52	0,08	9,86	1,71
272,43	0,08	8,68	1,62
239,78	0,10	7,64	1,51
211,04	0,33	6,72	1,41
185,75	0,75	5,92	1,31
163,49	1,45	5,21	1,22
143,90	2,40	4,58	1,14
126,65	3,52	4,03	1,07
111,47	4,67	3,55	1,00
98,11	5,70	3,12	0,93
86,36	6,44	2,75	0,86
76,01	6,80	2,42	0,78
66,90	6,74	2,13	0,69
58,88	6,30	1,88	0,59
51,82	5,60	1,65	0,50
45,61	4,76	1,45	0,42
40,15	3,93	1,28	0,37
35,33	3,19	1,13	0,35
31,10	2,62	0,99	0,37
27,37	2,24	0,87	0,37
24,09	2,01	0,77	0,33
21,21	1,91	0,68	0,25
18,66	1,89	0,59	0,13
16,43	1,89	0,52	0,00