



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



**ESTRATIGRAFÍA DE LOS DEPÓSITOS MARINOS  
PROFUNDOS DE EDAD CRETÁCICA DEL SECTOR OESTE DE  
SIERRA CONTRERAS, PROVINCIA DE ÚLTIMA ESPERANZA,  
REGIÓN DE MAGALLANES Y DE LA ANTÁRTICA CHILENA,  
CHILE**

**Memoria para optar al título de Geólogo**

**Felipe Andrés Isaías Henríquez Morales**

**Profesor Patrocinante:** Dra. María Verónica Pineda Mascayano  
**Profesional Guía:** Dr. Marcelo Adrián Leppe Cartes  
**Profesores Comisión:** Msc. Abraham Elías González Martínez  
Dr. Alfonso Encinas Martín

**Concepción, 2022**



*A mi familia.*

# INDICE

	Página
<b>RESUMEN</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Objetivos</b> .....	1
1.1.1. Objetivo General .....	1
1.1.2. Objetivos Específicos .....	2
<b>1.2. Ubicación y Accesos</b> .....	2
<b>1.3. Metodología de trabajo</b> .....	2
1.3.1. Etapa Gabinete 1 .....	2
1.3.2. Etapa Terreno .....	4
1.3.3. Etapa Gabinete 2 .....	4
<b>1.4. Fisiografía</b> .....	5
1.4.1. Geomorfología .....	5
1.4.2. Clima .....	6
1.4.3. Flora y Fauna .....	7
<b>1.5. Trabajos anteriores</b> .....	10
<b>1.6. Patrimonio</b> .....	11
<b>1.7. Agradecimientos</b> .....	12
<b>2. MARCO GEOLÓGICO</b> .....	14
<b>2.1. Generalidades</b> .....	14
<b>2.2. Rocas Estratificadas</b> .....	14
2.2.1. Formación Tobífera .....	14
2.2.2. Formación Zapata .....	15
2.2.3. Formación Punta Barrosa .....	16
2.2.4. Formación Cerro Toro .....	16
2.2.5. Formación Tres Pasos .....	17
2.2.6. Formación Dorotea .....	18
2.2.7. Formación Man Aike .....	19
2.2.8. Depósitos semiconsolidados y no consolidados .....	20
<b>2.3. Evolución tectónica</b> .....	20
<b>3. ESTRATIGRAFÍA</b> .....	23
<b>3.1. Generalidades</b> .....	23
<b>3.2. Descripción de Columnas Estratigráficas</b> .....	23
3.2.1. Columna estratigráfica SC5 .....	23
3.2.2. Columna estratigráfica SC6 .....	27
3.2.3. Columna estratigráfica SC7 .....	30
3.2.4. Columna estratigráfica SC8 .....	34
3.2.5. Columna estratigráfica SC9 .....	38
3.2.6. Columna estratigráfica SC10 .....	46
<b>3.3. Columna General</b> .....	54
<b>4. PALINOLOGÍA</b> .....	56

<b>4.1. Esporas de Pteridófitas</b> .....	57
<b>4.2. Gimnospermas</b> .....	59
<b>4.3. Angiospermas</b> .....	60
<b>4.4. Palinomorfos: esporas de algas, hongos y Dinoflagelados</b> ....	61
<b>4.5. Resultados</b> .....	61
<b>4.5.1. Muestra SC7P1</b> .....	61
<b>4.5.2. Muestra SC8P3</b> .....	63
<b>4.5.3. Muestra SC8P2</b> .....	63
<b>4.5.4. Muestra SC8P1</b> .....	63
<b>4.5.5. Muestra SC9P2</b> .....	65
<b>4.5.6. Muestra SC9P1</b> .....	65
<b>4.6. Análisis</b> .....	66
<b>5. FACIES</b> .....	73
<b>5.1. Facies</b> .....	73
<b>5.1.1. Facies de arenisca masiva (mS)</b> .....	73
<b>5.1.2. Facies de Arenisca con Estratificación Paralela (sS)</b> .....	75
<b>5.1.3. Facies de Arenisca con Estratificación Cruzada Hummocky (xS)</b> .....	76
<b>5.1.4. Facies de Arenisca Intercalada con Fangolita Arenosa, con Laminación Paralela (lSyMS)</b> .....	77
<b>5.2.5. Facies de Fangolita con Laminación Paralela (IM)</b> .....	78
<b>5.2.6. Facies de Areniscas Fangosas Masivas (mMyS)</b> .....	78
<b>5.2.7. Facies de Areniscas Fangosas con Laminación Paralela (IMyS)</b> .....	79
<b>5.2.8. Facies de Areniscas Intercaladas con Fangolitas, con Estratificación y Laminación Paralela (slSM)</b> .....	79
<b>5.2. Asociación de Facies</b> .....	81
<b>5.2.1. Asociación de Areniscas y Fangolitas</b> .....	81
<b>5.2.2. Asociación de Areniscas y Areniscas Fangosas</b> .....	83
<b>5.3. Ambiente de Depositación</b> .....	85
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	89
<b>6.1. Correlación Estratigráfica</b> .....	89
<b>6.2. Ambiente de Depositación</b> .....	91
<b>6.3. Clima</b> .....	94
<b>6.4. Edad</b> .....	95
<b>7. CONCLUSIONES</b> .....	97
<b>8. REFERENCIAS</b> .....	100
<b>ANEXOS</b> .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. 1	Mapa de ubicación del área de estudio ..... 3
1. 2	Mapa del área de estudio, en el que se muestra la distribución de las columnas realizadas durante la jornada de terreno ..... 4
1. 3	Mapa Geomorfológico de la Región de Magallanes ..... 6
1. 4	Flora de la región ..... 8
1. 5	Fauna austral ..... 9
2. 1	Mapa geológico de la Provincia de Última Esperanza ..... 15
3. 1	Columna estratigráfica SC5 ..... 24
3. 2	Arenisca fangosa ..... 25
3. 3	Concreción calcárea hallada en arenisca ..... 26
3. 4	Fangolitas grises oscuras altamente fracturadas ..... 26
3. 5	Areniscas medias ..... 27
3. 6	Columna estratigráfica SC6 ..... 28
3. 7	Relación espacial entre columnas SC5 y SC6, intercalación de areniscas y fangolitas laminadas ..... 29
3. 8	Fangolita con laminación paralela y restos vegetales carbonizados ..... 30
3. 9	Columna estratigráfica SC7 ..... 31
3.10	Intercalación de areniscas medias con areniscas fangosas de grano fino y traza fósil de <i>Palaeophycus</i> isp. .... 32
3.11	Traza fósil de <i>Palaeophycus</i> isp. e intercalación de areniscas estratificadas y fangolitas laminadas ..... 33
3.12	Columna estratigráfica SC8 ..... 34
3.13	Traza fósil de <i>Rhizocorallium</i> isp. y rodado de Turritélido ..... 35
3.14	Restos de hojas fosilizadas de la familia Araucariaceae y bloque de arenisca con materia orgánica ..... 37
3.15	Excavación en la cual se pueden apreciar las areniscas fangosas parcialmente cubiertas ..... 37
3.16	Fragmentos de restos vegetales carbonizados en arenisca y traza fósil de <i>Palaeophycus</i> isp. en arenisca ..... 38
3.17	Columna estratigráfica SC9 ..... 39
3.18	Trazas de <i>Skolithos</i> isp. y de <i>Paleophycus</i> isp. en arenisca media ..... 41
3.19	Secuencia de arenisca fangosa muy fina registrada principalmente a través de excavaciones ..... 42
3.20	Fragmento de tronco fósil en arenisca media a gruesa ..... 43
3.21	Clastos de fangolita, niveles carbonosos y nivel de concreciones en arenisca ..... 44
3.22	Afloramiento de arenisca media a gruesa con restos vegetales ..... 45
3.23	Contacto entre arenisca media a gruesa y arenisca fina a muy fina, sección de arenisca con estratificación paralela e impronta mal conservada de fragmento fósil de hoja en arenisca ..... 46
3.24	Columna estratigráfica SC10 ..... 47
3.25	Intercalación de arenisca fangosa, con laminación paralela, con arenisca estratificación cruzada hummocky y con escasos restos vegetales ..... 49

3.26	Niveles con clastos de fangolita en arenisca .....	50
3.27	Lente de fangolita en arenisca y trazas de <i>Skolithos</i> isp. dentro del lente de fangolita .....	51
3.28	Areniscas con estratificación cruzada hummocky e intercalación de areniscas de grano medio, areniscas con lentes de fangolita y areniscas con restos vegetales .....	52
3.29	Contacto entre arenisca y fangolita y traza fósil de <i>Skolithos</i> isp. ....	54
3.30	Cálculo de distancia vertical entre columnas .....	55
4. 1	Esporas de Pteridófitas .....	58
4. 2	Polen de Gimnospermas .....	59
4. 3	Polen de Angiospermas .....	60
4. 4	Palinomorfos varios .....	61
4. 5	Gráfica circular de la abundancia general de palinomorfos de Pteridófitas, Gimnospermas, Angiospermas y otros a lo largo de la secuencia .....	67
4. 6	Gráfica de barras representando la abundancia de cada familia con afinidad botánica con las especies identificadas, además de las esporas (de algas y hongos) y Dinoflagelados ( <i>Palaeocystodinium</i> sp.) presentes .....	70
5. 1	Estructuras presentes en las facies de areniscas masivas .....	75
5. 2	Restos de vegetales carbonizados dispuestos de manera aleatoria en arenisca media de la facies sS y traza fósil de <i>Thalassinoides</i> isp. mal conservada .....	76
5. 3	Areniscas medias a gruesas con estratificación cruzada hummocky de la facies xS en sección SC10 – 2 .....	77
5. 4	Clastos de fangolita de espesores milimétricos en arenisca laminada .....	78
5. 5	Resto vegetal carbonizado en arenisca fangosa masiva (mMyS) .....	79
5. 6	Cavidades resultantes de la erosión de los clastos de fangolita contenidos en arenisca de grano medio de la facies sISM .....	80
5. 7	Block diagrama conceptual mostrando el desarrollo de turbiditas intracuencales y extracuencales .....	88
6. 1	Columnas realizadas en el sector oeste: SC8, SC9 y SC10 .....	89
6. 2	Columnas realizadas en el sector este: SC5, SC6 y SC7 .....	90

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>		<b>Página</b>
4. 1	Lista de palinomorfos identificados en cada muestra, junto a su afinidad botánica correspondiente .....	57
4. 2	Lista de palinomorfos y sus frecuencias absolutas, relativas y porcentuales en la muestra SC7P1 .....	62
4. 3	Lista de palinomorfos, sus frecuencias absolutas y porcentuales, en las muestras SC8P1, SC8P2 y SC8P3 .....	64
4. 4	Lista de palinomorfos, sus frecuencias absolutas y porcentuales, en las muestras SC9P1 y SC9P2 .....	66
4. 5	Resumen de la abundancia porcentual de los grupos de palinomorfos .....	67

	identificados .....	
4. 6	Abundancia absoluta y porcentual de cada especie identificada en el total de las muestras analizadas, con su respectiva afinidad botánica .....	68
4. 7	Resumen de las afinidades botánicas presentes con su respectiva frecuencia y porcentaje, además de las esporas de algas, hongos y Dinoflagelados .....	69
4. 8	Resumen de las afinidades botánicas y climas en que estos habitan .....	72
5. 1	Facies sedimentarias con sus respectivos códigos, estructuras y procesos involucrados en su formación .....	74
6. 1	Resumen del ambiente de depositación planteado por diversos autores para la Formación Tres Pasos y sus respectivas localidades de estudio .....	93
6. 2	Resumen de lo concluido sobre el clima en trabajos en Sierra Contreras y Cerro Guido para la Formación Tres Pasos .....	95



## RESUMEN

Se realiza un análisis estratigráfico y palinológico de la sección media de la Formación Tres Pasos, que forma parte del relleno de la cuenca de Magallanes, con la finalidad de reconstruir el ambiente e historia depositacional de estas secuencias, en el área comprendida entre los 50° 53' 10'' a 50° 54' 00'' latitud S y los 72° 35' 20'' a 72° 33' 40'' longitud W, en las quebradas del sector occidental de Sierra Contreras, ubicada en la Provincia de Última Esperanza, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena.

La Formación Tres Pasos se constituyen de secuencias turbidíticas; intercalaciones rítmicas de areniscas, areniscas fangosas, fangolitas arenosas y fangolitas en distintas proporciones. Representa la transición entre un ambiente marino profundo y un ambiente marino somero, producto del relleno de la cuenca de Magallanes. Contiene diversas especies de fósiles marinos (moluscos) y continentales (restos vegetales) debido a una influencia fluvial sobre sedimentos marinos.

Se presenta el estudio mineralógico, tanto macroscópico como microscópico (en lámina delgada), descripción e identificación de fósiles, palinomorfos y trazas fósiles, además del análisis de las columnas estratigráficas levantadas en terreno.

A través del análisis de litologías, fósiles y estructuras, se reconoce una serie de facies en función de identificar el ambiente de depositación de estas secuencias, en adición al estudio de palinomorfos con el fin de determinar el clima dominante en que se desarrollan dichas facies.

Se concluye que el ambiente de depositación es marino, de borde de plataforma continental (profundidad moderada), donde flujos canalizados de origen fluvial transportan material, tanto marino como continental, generando depósitos turbidíticos extracuencales, en condiciones predominantemente húmedas en un clima templado a subtropical.

La edad de estas secuencias se acota entre el Campaniano Tardío y el Maastrichtiano, sobre la base de los fósiles de moluscos y Dinoflagelados encontrados, además de las correlaciones estratigráficas propuestas.



## 1. INTRODUCCIÓN

La Región de Magallanes destaca por la calidad del registro de la evolución geológica de las diversas cuencas del extremo sur del continente. Entre estas se encuentra la cuenca de Magallanes compuesta por una secuencia volcanosedimentaria que abarca desde el Jurásico Superior hasta el Paleógeno.

La Formación Tres Pasos documenta secuencias rítmicas, del tipo turbiditas, producto de una transición de un ambiente marítimo profundo a uno más somero en la cuenca de Magallanes. Dicho proceso que se encuentra representado en las distintas rocas a lo largo de la Sierra, será estudiado a través de análisis estratigráfico que, junto al estudio del contenido fosilífero de las mismas, permitirán reconstruir los ambientes en que se depositan las distintas secuencias presentes en el área de estudio y su evolución en el tiempo.

Esta memoria de Título fue financiada por el proyecto Fondecyt N° 1151389 "*Paleogeographic patterns v/s climate change in South America and the Antarctic Peninsula during the latest Cretaceous: a possible explanation for the origin of the Austral biota?*", a cargo del Dr. Marcelo Lepe, en colaboración con el Instituto Antártico Chileno (INACH), Laboratorio de Biorrecursos Antártico, Estancia Cerro Guido, al Departamento de Botánica de la Facultad de ciencias Naturales y Oceanográficas y Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Concepción.

### 1.1. Objetivos

#### 1.1.1. Objetivo General

El objetivo principal de este estudio es reconstruir el ambiente y evolución de la cuenca en la que se deposita la sección media de la Formación Tres Pasos, específicamente en el área comprendida entre las coordenadas 50° 53' 10'' a 50° 54' 00'' latitud S y 72° 35' 20'' a 72° 33' 40'' longitud W.

### 1.1.2. Objetivos Específicos

1. Caracterizar las diferentes secuencias que componen la Formación Tres Pasos sobre la base de criterios litológicos, morfológicos y estructurales a partir de la información estudiada y analizada.
2. Reconocer e interpretar facies y asociaciones de facies.
3. Reconstruir el ambiente de sedimentación de las secuencias estratigráficas.
4. Correlacionar las unidades estudiadas con las unidades circundantes definidas en trabajos anteriores.

### 1.2. Ubicación y Accesos

El área de estudio corresponde al sector occidental de Sierra Contreras, ubicada en la Provincia de Última Esperanza, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, entre los 50° 53' 10'' a 50° 54' 00'' latitud S y los 72° 35' 20'' a 72° 33' 40'' longitud W, aproximadamente a 285 km al norte de Punta Arenas y 95 km al norte de Puerto Natales (Figura 1.1).

Se accede desde la ciudad de Punta Arenas, la capital regional, a través de la Ruta 9, una carretera asfaltada, hasta la ciudad de Puerto Natales, ubicada a aproximadamente 247 km al norte de Punta Arenas. Se sigue hacia el norte por la misma ruta, esta vez ripiada, hasta llegar a la estancia Cerro Guido, desde ahí se deriva a caminos de tierra en mal estado por aproximadamente 8 km en dirección NW, hasta llegar al puesto ovejero conocido como la Segunda Barranca.

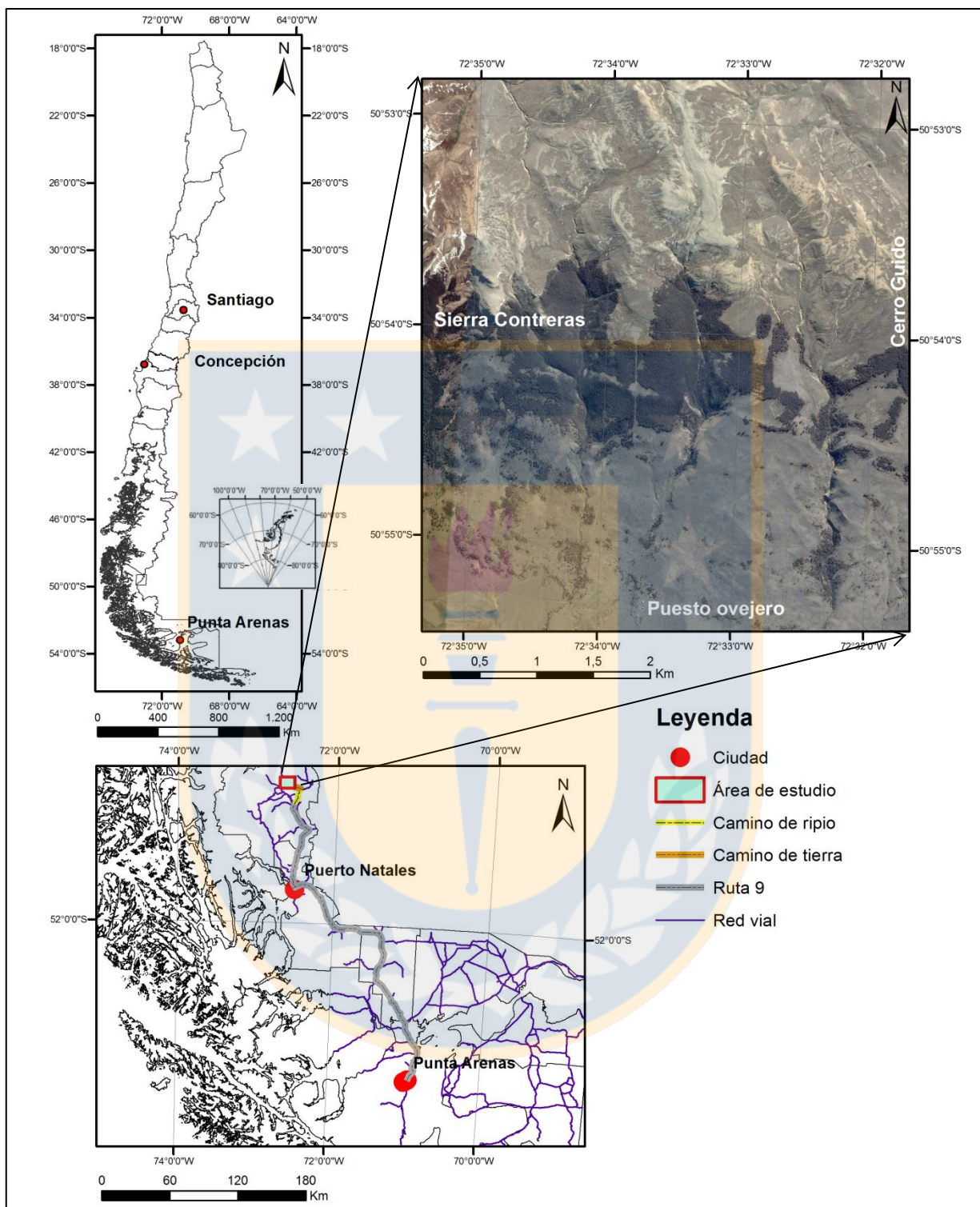
### 1.3. Metodología de trabajo

Las actividades realizadas se agrupan en 3 etapas: Gabinete 1, Terreno y Gabinete 2.

#### 1.3.1. Etapa Gabinete 1

Desarrollado durante los meses de diciembre de 2017 y febrero de 2018, consta de:

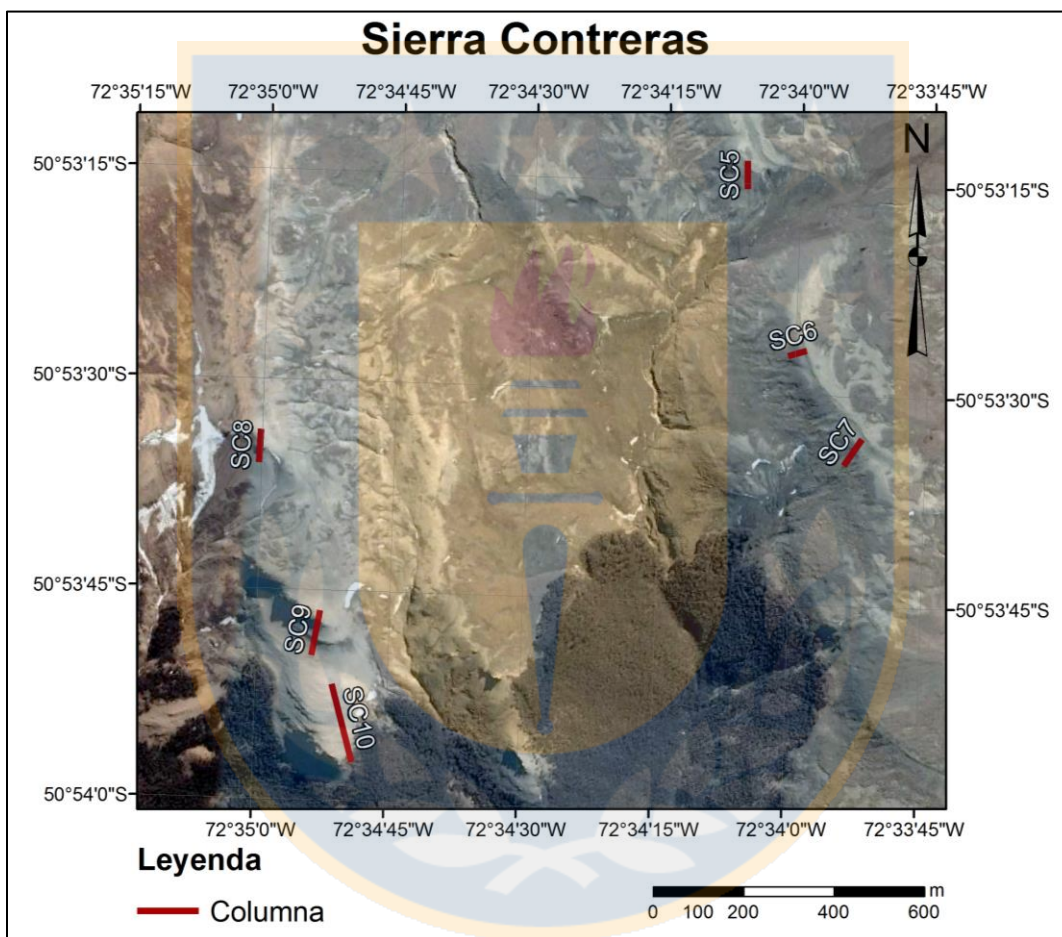
- Revisión de antecedentes bibliográficos sobre la estratigrafía, sedimentología y paleontología de la zona, entre otros.
- Estudio de mapas e imágenes satelitales, obtenidas de Google Earth Pro, SASPlanet, y archivos raster del USGS.
- Elaboración de mapas con posibles puntos de interés y rutas de accesos a estos.



**Figura 1.1.** Mapa de ubicación del área de estudio.

### 1.3.2. Etapa Terreno

Se lleva a cabo entre el 15 de febrero y 1 de marzo de 2018, en esta etapa se confecciona una serie de columnas estratigráficas en diferentes puntos de la zona de interés (Figura 1.2), procurando abarcar los afloramientos más representativos de esta, considerando para su construcción litologías, fósiles y estructuras sedimentarias, además de la recolección de diversas muestras de rocas y fósiles.



**Figura 1.2.** Mapa del área de estudio, en el que se muestra la distribución de las columnas realizadas durante la jornada de terreno.

### 1.3.3. Etapa Gabinete 2

Esta etapa corresponde principalmente al trabajo de laboratorio, donde se realiza:

- Descripción y clasificación de las muestras de rocas, así como el análisis del contenido paleontológico.
- Selección de muestras para cortes transparentes y su posterior estudio en microscopio.
- Descripción y clasificación del contenido micropaleontológico.
- Elaboración de columnas estratigráficas de detalle.
- Definición e interpretación de facies, complementando con trabajos anteriores realizados en la cuenca cretácica.

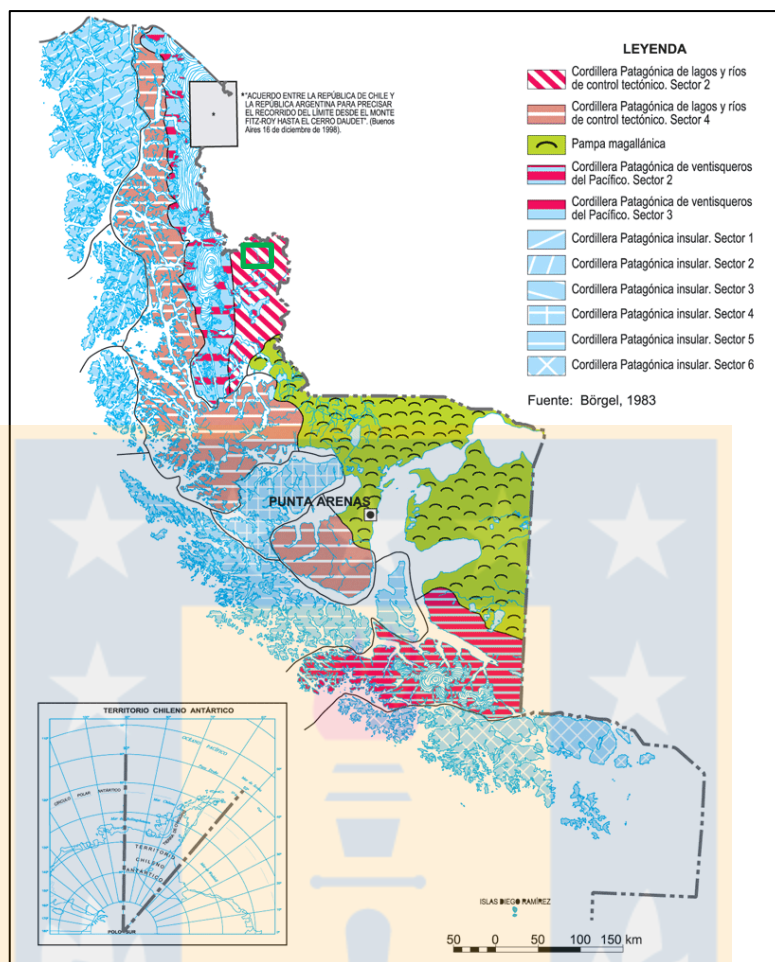
## **1.4. Fisiografía**

### **1.4.1. Geomorfología**

Según Börgel (1983) el sistema geomorfológico nacional puede dividirse en 5 grandes regiones que, desde el punto de vista físico, se identifican por poseer rasgos comunes, producto de sus características tanto zonales (clima) como azonales (litología, tectónica, entre otros). Dada esta clasificación la Región de Magallanes y Antártica Chilena se enmarca, junto a la Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo, en la quinta región geomorfológica, llamada “Región Patagónica y Polar del Islandis Antártico” (Figura 1.3). Dentro de esta división, el área de estudio se encuentra específicamente en las Cordilleras Patagónicas con ríos y lagos de control tectónico y hundimiento, estas se extienden de norte a sur en una faja de 945 km de largo y alcanzan un desarrollo, en el ancho este - oeste, de 80 km.

Las cordilleras patagónicas de ríos y lagos de control tectónico son resultado de relieves de plegamiento, que fueron erosionados por ríos y glaciares que aprovechan para su escurrimiento las líneas de fracturación tectónica, dando como resultado los sistemas ortogonales característicos de las redes de drenaje de la región, además de la disposición de los encadenamientos cordilleranos y las digitaciones lacustres (Börgel, 1983).

Las cordilleras patagónicas adquieren desarrollo en la Sierra Contreras (incluido su punto culminante, Cerro Guido), la Cordillera del Paine y Cerro Paine Medio, cuya cota máxima es de 2.360 m s.n.m., en la Sierra del Toro, con 1.390 m s.n.m., Cerro Cazador, de 1089 m s.n.m., en la Sierra Ballena, Sierra Dorotea, entre otros. Cabe destacar que las alturas se orientan en ejes este - oeste y norte - sur y van disminuyendo hacia el este, para dar paso a la estepa fría magallánica, por lo que se considera como un relieve disminuido transicional según Brögel (1983).



**Figura 1.3.** Mapa Geomorfológico de la Región de Magallanes (Instituto Geográfico Militar, 2007). En el recuadro de color verde se ubica el área de estudio, el cual se encuentra dentro del sector de “Las cordilleras patagónicas orientales con ríos y lagos de control tectónico y hundimiento. Sector 2”.

#### 1.4.2. Clima

La Provincia de Magallanes, según Di Castri y Hajek (1976), posee una tendencia climática dominante del tipo oceánica, con distribución bastante regular de las precipitaciones a lo largo de todo el año y gran constancia térmica, principalmente en el sector occidental, cercano a la costa. Sin embargo, se registra en esta provincia los mayores contrastes en cuanto a la intensidad de la lluvia, con promedios entre los 3.000 a 4.000 mm por año en la franja occidental a cifras que superan levemente los 200 mm por año en el lado oriental, hacia el Atlántico.

El clima del área de estudio corresponde a un clima de estepa fría, característico de los sectores transandinos patagónicos, el cual se extiende desde el norte de Cerro Guido hasta cubrir la mitad

norte de Tierra del Fuego (Cruz y Calderón, 2008), donde las precipitaciones van disminuyendo a medida que la zona se aleja de la Cordillera Patagónica, por encontrarse a sotavento de esta. Las variaciones van desde 500 mm anuales, en el sector norte cercano a la cordillera, a 250 mm en el extremo oriental del estrecho de Magallanes y parte norte de Tierra del Fuego, estas se distribuyen homogéneamente durante el año con máximos que ocurren en verano y otoño, mientras que en invierno son de carácter nival (Cruz y Calderón, 2008).

La temperatura media en los meses más cálidos, entre diciembre y marzo, bordea los 10°C, mientras que en los meses más fríos es del orden de los 2°C, definiendo una amplitud térmica de 8 a 9°C (Cruz y Calderón, 2008).

Por otro lado, en la región magallánica, el viento es un elemento que domina durante gran parte del año y representa un factor de gran importancia ecológica, agravando al mismo tiempo los efectos del frío y de la aridez.

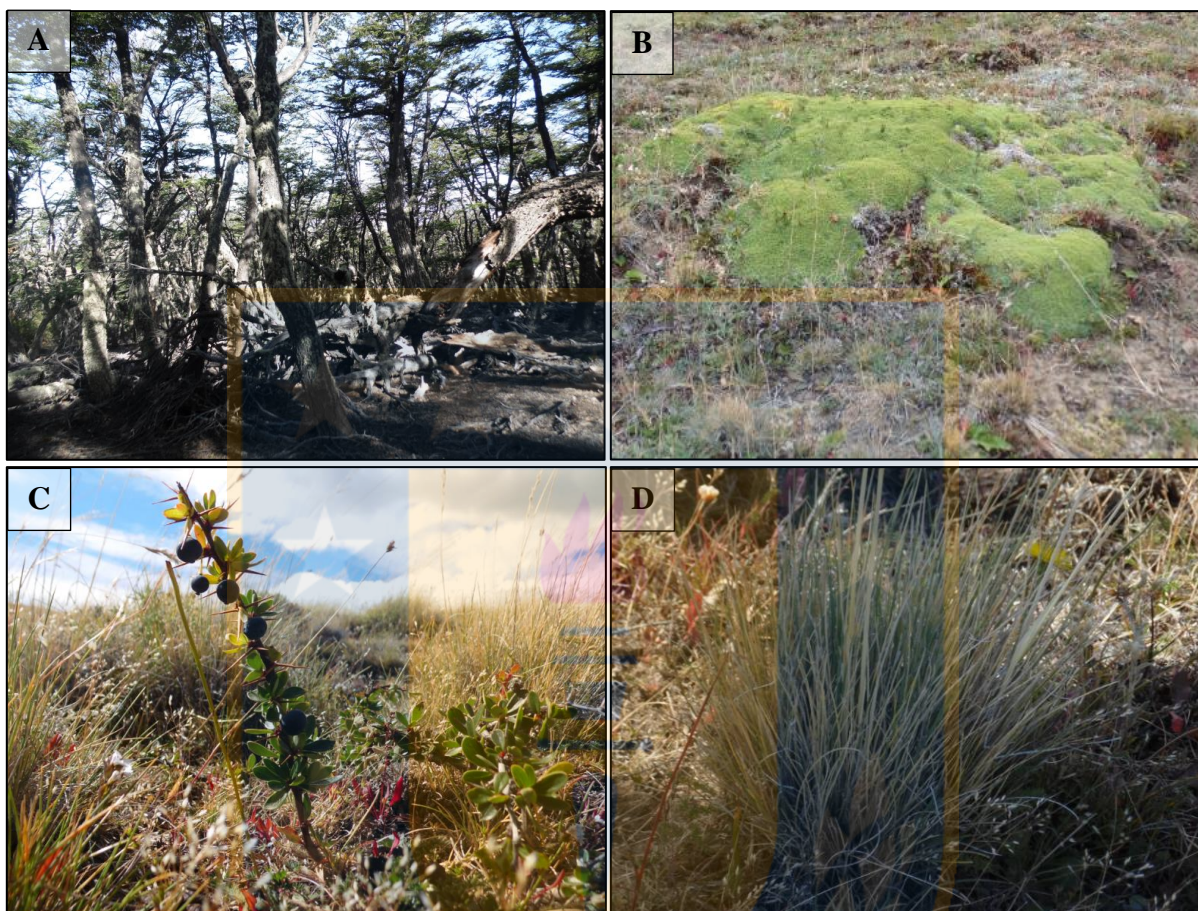
### 1.4.3. Flora y Fauna

En la zona es posible encontrar un paisaje vegetacional de estepa patagónica de hierbas y pastos duros debido principalmente a las condiciones de sequedad, bajas precipitaciones y temperaturas promedio de 6°C durante todo el año, lo que permite el desarrollo de plantas xeromórficas, especialmente hierbas y gramíneas, además de bosques de lenga (*Nothofagus pumilo*) de escasa extensión (Figura 1.4 - A), y otras especies con forma de matorrales achaparrados adaptados a dichas condiciones, muchos con forma de cojín como la llareta (*Azorella compacta*) (Figura 1.4 - B), otros espinosos con hojas diminutas, como el calafate (*Berberis heterophylla*) (Figura 1.4 - C), o sin hojas.

Entre las gramíneas dominan las especies tipo coirón (*Festuca gracillina* y *F. Pallezensis*) (Figura 1.4 - D), en adición a arbustos xerófilos como la paramela (*Adesmia boronioides*) y la mata negra (*Verbena tridens*). Por otro lado, existen hierbas llamativas tales como los capachitos (*Calceolaria* sp.), zapatito de la reina (*Calceolaria biflora*), flor de la estrella (*Perezia recurvata*), orquídeas porcelana (*Chloraea magellanica*), Senecio (*Senecio chilensis*), entre otros.

En áreas con acumulación de humedad, como fondos de valles y cursos de agua y vertientes, existen praderas cenagosas o los mallines, donde la vegetación típica incluye *Festuca*

*scabriuscula*, espiguillas (*Poa pratensis*), dientes de león (*Taraxacum officinale*), *Trifolium repens*, *Juncus balticus* y *Carex gayana*.



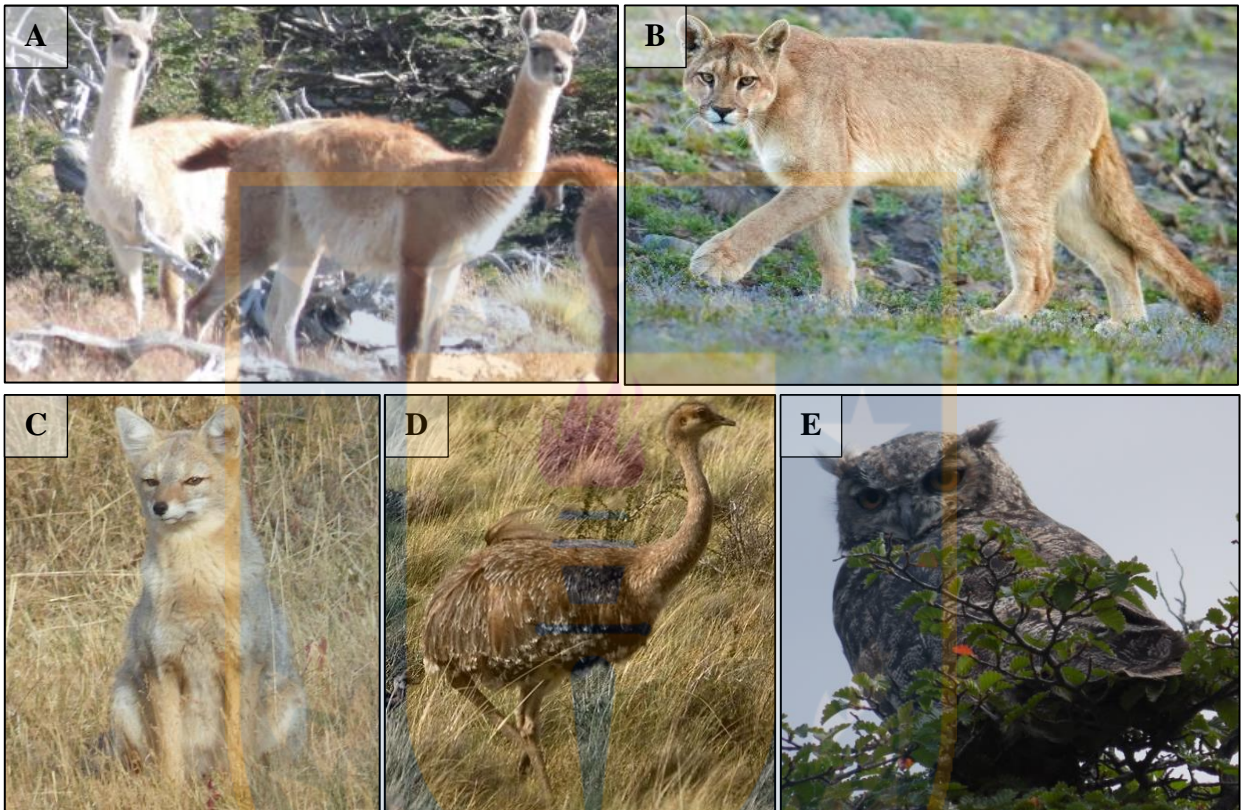
**Figura 1.4.** Flora de la región; A) Bosque de Lengua (*Nothofagus pumilo*); B) Llaleta (*Azorella compacta*); C) Calafate (*Berberis heterophylla*); D) Coirón (*Festuca gracillina*).

Entre las especies que habitan la región existe una gran cantidad de mamíferos, son comunes el guanaco (*Lama guanicoe*), puma (*Felis concolor*) (Figura 1.5 - A y B respectivamente), zorro colorado o culpeo (*Lycalopex culpaeus*) y el zorro gris (*Lycalopex gymnocercus*) (Figura 1.5 - C), vizcacha de la sierra (*Lagidium viscacia*), liebre patagónica (*Dolichotis patagonum*), chingue (*Conepatus humboldty*), quique o hurón patagónico (*Galictis cuja*), tucu tucu de Magallanes (*Ctenomys magellanicus*), entre otros.

Son numerosas las especies endémicas de aves y reptiles. De las aves la más representativa es el choique o ñandú (*Rhea pennata*) (Figura 1.5 - D), la marineta o perdiz copetona (*Eudromia elegans*), quiula patagónica (*Tinamotis engoufi*), agachona chica (*Thinocorus rumicivorus*), el



loro barranquero (*Cyanoliseus patagonus*). Algunas aves rapaces como el águila mora (*Geranoaetus melanoleucus*), aguilucho común (*Buteo polyosoma*), gavián ceniciento (*Circus cinereous*), halcón peregrino (*Falco peregrinus*), halconcito colorado (*Falco sparverius*) y lechucita vizcachera (*Athene cunicularia*) (Figura 1.5 - E).



**Figura 1.5.** Fauna austral; A) Guanaco (*Lama guanicoe*); B) Puma (*Feliz conconor*); C) Zorro gris (*Lycalopex gymnocercus*); D) Ñandú (*Rhea pennata*); E) Lechucita vizcachera (*Athene cunicularia*).

Debido a su adaptabilidad a ambientes áridos, la región consta de una gran cantidad de especies de reptiles endémicas, entre ellos varias lagartijas del género *Liolaemus* como el *Liolaemus magellanicus*, también habitan los matuastos (*Diplolaemus sp.*), geckos (*Hormonata darwini*), la yarará ñata (*Bothrops ammodytoides*), mientras que de los anfibios destacan la ranita patagónica (*Atelognathus patagonicus*) y la ranita de los basaltos (*Atelognathus praebasalticus*).

## 1.5. Trabajos anteriores

Los primeros trabajos realizados en la Provincia de Última Esperanza se remontan a finales del siglo XIX con Hauthal quien, en 1898, publica las primeras informaciones generales sobre los sedimentos cretácicos y terciarios de la región, para luego dar a conocer, en Kurtz 1902, un cuadro con la sucesión estratigráfica regional (Hünicken, 1971).

Hauthal en 1907 y Quensel en 1911 (según Katz, 1962) hacen referencia a la geología del sector, mencionando la influencia glacial y del fallamiento en el modelamiento de la topografía.

En 1957, Cecioni examina la estratigrafía de la Patagonia septentrional chilena y establece en ella la edad de algunas zonas faunísticas del Cretácico, detalla la estratigrafía de Cerro Guido y la compara con la estratigrafía general definida en el Departamento Ultima Esperanza.

Katz, en 1962, estudia la historia deformacional de la Cordillera Patagónica de Ultima Esperanza, más tarde, en 1963, realiza un estudio de la estratigrafía cretácica de la cordillera y presenta una nueva clasificación para dichas secuencias, definiendo 5 formaciones: Formación Zapata, Punta Barrosa, Cerro Toro, Tres Pasos y Dorotea. Posteriormente, Cortés en 1964 hace reconocimientos geológicos en la parte norte de Ultima Esperanza con el objetivo de estudiar la sucesión estratigráfica del Cretácico Superior, el contacto cretáceo terciario y los ejes de plegamiento que daría lugar a estructuras cerradas, complementando los antecedentes obtenidos anteriormente por Cecioni y Gallo (1955).

En 1971 Hünicken complementa los estudios de Kurtz (1902) sobre la flora fósil de Cerro Guido, además de agregar referencias estratigráficas a las colecciones de plantas fósiles descritas por Hauthal entre 1897 y 1902. Más tarde, Macellari (1988) describe ammonoideos de la familia Kossmaticeratidae, del Cretácico Tardío de la cuenca de Magallanes, posteriormente Macellari y otros (1989) describen las secuencias depositacionales de edad cretácica superior a paleocena expuestas a lo largo del margen andino de la Patagonia.

Cañón (2000) presenta un nuevo cuadro de correlación estratigráfica integrado para el Jurásico Superior - Cretácico de la cuenca de Magallanes, incorporando la nueva información compilada por distintos autores, además de proporcionar nuevos antecedentes de la estratigrafía del sector.

Marensi y otros (2002) estudian la Formación Main Aike en el sector de El Calafate, Provincia de Santa Cruz, y sus relaciones estratigráficas con el Eoceno Medio de la Cuenca Austral, mientras que Del Río (2002) estudia los moluscos del Terciario marino de dicha provincia.

Más tarde, Fildani y Hessler (2005) describen el registro estratigráfico de la cuenca de Rocas Verdes en Magallanes, seguido a esto, Yabe y otros (2006) describen la estratigrafía de la localidad de Cerro Guido, mientras que Fildani y otros (2008), Hubbard y otros (2008) y Romans (2010) detallan la evolución de la cuenca de Magallanes en función de la estratigrafía de sus depósitos. A su vez, Otero y otros (2009) reportan el primer registro de un Plesiosaurio de la familia Elasmosauridae en los niveles superiores de la Formación Dorotea.

Entre los trabajos más recientes se encuentran el de Bostelmann y otros (2012), en el cual se hace una revisión litoestratigráfica de la Sierra Baguales, y Schwartz y Graham (2015), donde estudian la arquitectura estratigráfica de la paleogeografía cretácica y la evolución de la cuenca de Magallanes, posteriormente Schwartz y otros (2017) usan circones detríticos para calcular la tasa de sedimentación en la cuenca de Magallanes.

## 1.6. Patrimonio

El contenido fosilífero la región se encuentra protegido por la *Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales y normas relacionadas*, que se encarga de velar por la conservación del patrimonio nacional a través de los siguientes artículos:

**Artículo 1°** (Título I, Ley 17.288).

*“Son monumentos nacionales y quedan bajo la tuición y protección del Estado, los lugares, ruinas, construcciones u objetos de carácter histórico o artístico; los enterratorios o cementerios u otros restos de los aborígenes, las piezas u objetos antropo-arqueológicos, paleontológicos o de formación natural, que existan bajo o sobre la superficie del territorio nacional o en la plataforma submarina de sus aguas jurisdiccionales y cuya conservación interesa a la historia, al arte o a la ciencia; los santuarios de la naturaleza; los monumentos, estatuas, columnas, pirámides, fuentes, placas, coronas, inscripciones y, en general, los objetos que estén destinados a permanecer en un sitio público, con carácter conmemorativo. Su tuición y protección se*

*ejercerá por medio del Consejo de Monumentos Nacionales, en la forma que determina la presente ley.”*

**Artículo 21°** (Título 5, Ley 17.288).

*“Por el solo ministerio de la ley, son Monumentos Arqueológicos de propiedad del Estado los lugares, ruinas, y yacimientos y piezas antropo-arqueológicas que existan sobre o bajo la superficie del territorio nacional. Para los efectos de la presente ley quedan comprendidas también las piezas paleontológicas y los lugares donde se hallaren.”*

**Artículo 22°** (Título 5, Ley 17.288).

*“Ninguna persona natural o jurídica chilena podrá hacer en el territorio nacional excavaciones de carácter arqueológico, antropológico o paleontológico, sin haber obtenido previamente autorización del Consejo de Monumentos Nacionales, en la forma establecida por el reglamento. La infracción a lo dispuesto en este artículo será sancionada con una multa diez a quinientas unidades tributarias mensuales, sin perjuicio del decomiso de los objetos que se hubieren obtenido de dichas excavaciones.”*

**Artículo 26°** (Título 5, Ley 17.288).

*“Toda persona natural o jurídica que al hacer excavaciones en cualquier punto del territorio nacional y con cualquier finalidad, encontrare ruinas, yacimientos, piezas u objetos de carácter histórico, antropológico, arqueológico o paleontológico, está obligada a denunciar inmediatamente el descubrimiento al Gobernador Provincial, quien ordenará a Carabineros que se haga responsable de su vigilancia.”*

## **1.7. Agradecimientos**

En primer lugar, agradecimientos al Proyecto Fondecyt N° 1151389 *“Paleogeographic patterns v/s climate change in South America and the Antarctic Peninsula during the latest Cretaceous: a possible explanation for the origin of the Austral biota?”*, responsable del financiamiento de este trabajo.

Al Dr. Marcelo Leppe por hacerme parte de este proyecto, a su buena disposición en todo momento, ya sea poniéndome al corriente, resolviendo dudas, guiando y sobre todo por la confianza y buena acogida al integrarme al equipo de trabajo.

Agradecimientos a la Dra. María Verónica Pineda, profesora del Departamento de Ciencias de la Tierra y principal guía y apoyo dentro del mismo, sus consejos y paciencia conmigo y mis dudas. Además de a Gerardo Flores, Don Iván y Don Carlos, quienes fueron parte importante de este proceso, tanto desde el punto de vista logístico como anímico.

Quiero agradecer también a todos mis amigos y compañeros de terreno: Melanie Masquiarán, Catalina Ferrada, Bárbara Aravena, Pedro Vargas, Verónica Oliveros, Roy Fernández, Cristine Trevisan, Viviana Lobos, María Jesús Ortuya, Thiers Wilberger, Juan Pablo Pino, Jonathan Alarcón, Héctor Ortiz, Felipe Suazo, Dr. Harufumi Nishida y a cada persona que ha participado de una u otra forma en este proyecto, por todos los buenos momentos que vivimos y el grato ambiente de trabajo que se generó y derivó en amistad. Mención especial a Leslie Manríquez, Héctor Mansilla y Juanita Levihuan por su apoyo, guía y compañía durante mi estadía en Punta Arenas.

Finalmente agradezco enormemente a mi familia, mi principal pilar y motivación durante todos mis años de carrera, a Sara Morales y Eduardo Henríquez, mis padres; Camila Henríquez, mi hermana; y Emilia Benavides, mi sobrina y principal luz y fuente de alegría en mi hogar. Particularmente agradezco por su paciencia, comprensión, apoyo durante todo este proceso y principalmente por la confianza que han puesto en mí, quienes de alguna u otra manera siempre dieron todo por mí. A mis amigos Alfredo Rivas, Diego Hermosilla, Catalina Escare, Juan Tralcal y Camilo Gormaz, por todas las risas y anécdotas vividas que hicieron más amenas las horas de estudio.

## **2. MARCO GEOLÓGICO**

### **2.1. Generalidades**

La historia geológica de la cuenca de Magallanes se caracteriza por eventos tectónicos complejos, específicamente la inversión de la cuenca desde una fase de extensión temprana en el Jurásico Tardío, a una fase contráctil posterior a partir del Cretácico Temprano, asociada a la orogénesis andina (Fildani y Hessler, 2005; Fildani y otros, 2008). Las secuencias estratigráficas abarcan desde depósitos marinos profundos con facies turbidíticas hasta depósitos marinos someros con desarrollo deltaico (Wilson, 1991; Romans y otros, 2010), permitiendo la depositación de las unidades que se detallan a continuación (Figura 2.1).

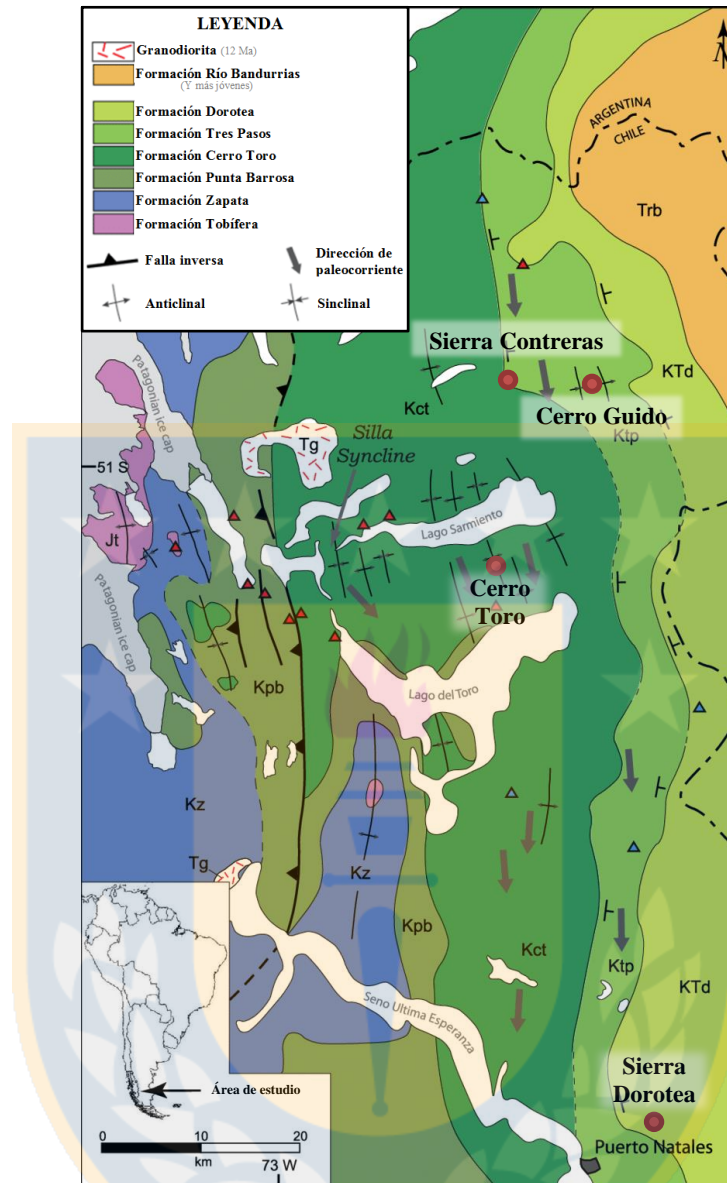
### **2.2. Rocas Estratificadas**

#### **2.2.1. Formación Tobífera**

Corresponden a las rocas más antiguas del sector precordillerano de la provincia de Última Esperanza y son parte de una unidad silicio volcánica del Jurásico, presente en todo el sur de Sudamérica (Wilson, 1991). Se compone de rocas volcánicas y sedimentarias como riolitas, tobas, brechas, ignimbritas, intercalaciones de fangolitas silíceas y carbonáticas, e intrusiones hipoabisales penecontemporáneas (Wilson, 1991). La abundancia de fangolitas negras, bien laminadas, con pirita y fósiles marinos establecen un entorno marino y, junto con la buena preservación de las turbiditas, indican la depositación en un ambiente de aguas moderadamente profundas (Wilson, 1991).

Sobreyace en discordancia a rocas del basamento cristalino y subyace en conformidad a la Formación Zapata (Wilson, 1991; Fosdick y otros, 2011; Fildani y Hessler, 2005).

El espesor exacto de esta formación en el sector de Última Esperanza es desconocido, pero se estima en un mínimo de 1 km según Katz (1963). Por su contenido fosilífero y antecedentes de correlación con otras unidades se le asigna una edad Oxfordiano a Kimmeridgiano Superior (Cañón, 2000), lo que es consecuente con las dataciones U/Pb realizadas por Hervé (2004), donde le asigna una edad de 150 Ma.



**Figura 2.1.** Mapa geológico de la Provincia de Última Esperanza. Modificado de Fildani y otros (2008).

### 2.2.2. Formación Zapata

Descrita originalmente por Cecioni en 1951 como “Formación Erezcano” y renombrada como “Formación Zapata” por Katz en 1963. Su localidad tipo se encuentra en las cercanías del Cerro Zapata, donde tiene un espesor máximo de 630 m (Wilson, 1991). Se compone de lutitas oscuras, grauvacas y sedimentos rítmicos que indican facies de flysch orogénico (Cecioni, 1957). El contacto inferior sobryace a la parte superior de la Formación Tobífera, subyace a las areniscas

de la Formación Punta Barrosa. Sobre la base de la presencia de ammonites, belemnites e *Inoceramus*, se le asigna una edad comprendida entre el Titoniano y Albiano - Aptiano (Katz, 1963).

La Formación Zapata representa una secuencia de sedimentos marinos en un talud de profundidad moderada, predominantemente de grano fino, depositados sobre e inmediatamente después del cese del volcanismo registrado en la Formación Tobífera, mientras que las estructuras sedimentarias registradas en esta formación indican la depositación por debajo del nivel de las olas de tormenta (Wilson, 1991).

### **2.2.3. Formación Punta Barrosa**

Su localidad tipo es Punta Barrosa, una península rocosa en Seno Última Esperanza (Katz, 1963), donde su espesor es aproximadamente 1.000 m según Cañón (2000), mientras que Cecioni (en Katz, 1963) estima un máximo de 600 m. Está constituida de intercalaciones de lutitas y grauvacas (Cecioni, 1957). El contenido fosilífero es escaso, sin embargo, el hallazgo de los cefalópodos *Turrilites gresslyi* y *Puzosia*, permite acotar la edad al Cenomaniano.

La Formación Punta Barrosa se derivó de fuentes mixtas, incluyendo el arco volcánico juvenil y los complejos metamórficos del basamento expuestos durante el levantamiento temprano en el cinturón andino (Fildani y Hessler, 2005). Esta formación marca el inicio de la sedimentación de grano grueso, relacionada con la actividad de la faja corrida y plegada de Magallanes, hace 92 Ma (Fildani y otros, 2008).

Se dispone en conformidad sobre la Formación Zapata y subyace, en conformidad, a los sedimentos de la Formación Cerro Toro con contactos transicionales (Cecioni, 1957).

### **2.2.4. Formación Cerro Toro**

La Formación Cerro Toro, de edad Cenomaniano - Campaniano, sobreyace, con un contacto gradacional, a la Formación Punta Barrosa (Cecioni, 1957) e infrayace concordante a la Formación Tres Pasos, desde bahía Coruña, isla Focus y faldeos del Cerro Rotundo (Katz, 1963; Cecioni, 1957).



La secuencia, según Katz (1963), es muy monótona y tiene más de 2.000 m de espesor. Su litología consiste en alternancias rítmicas de pelitas grises oscuras y psamitas generalmente de grano fino y laminadas. Es posible encontrar niveles con concreciones calcáreas, icnofósiles de *Chondrites*, *Helmitoidea* y *Zoophycos*, además de laminación convoluta y estructuras de carga, por lo que se considera un depósito tipo flysch orogénico (Cecioni, 1957; Katz, 1963) y representa el ápice de depositación de aguas profundas en la cuenca de Magallanes (Fildani y Hessler, 2005).

### 2.2.5. Formación Tres Pasos

Corresponde a secuencias turbidíticas de 2.000 a 2.500 m de espesor, definidas por Katz (1963). Su localidad tipo se encuentra en las cercanías del hotel Tres Pasos, a través de la Serranía Tres Pasos, a 40 km al norte de Puerto Natales (Katz, 1963). Aparece excelentemente representada en los afloramientos que se extienden entre el Río Zamora y la cima del Cerro Mirador (Cortés, 1963). Se constituye principalmente de areniscas arcillosas, a menudo arcosas, e intercalaciones de limolitas y lutitas de color gris verdoso claro (Cortés, 1963).

Se le asigna la edad Campaniano - Maastrichtiano sobre la base del contenido fosilífero, entre los cuales se encuentran, según Katz (1963), *Hoplitoplacenticeras* sp., *Trigonia* cf. *T. pseudocondata*, *Inoceramus* sp. y *Ostraea* sp., mientras que en una localidad ubicada en el sector norte, *Baculites* cf. *B. inortatus*, *Xylophagella* sp., *Pecten* cf. *P. bagualensis* Wilckens, *P.* cf. *hauthalli* Wilckens, *Pecten (Camptonectes) malignus* Wilckens, *Lima (Limatula)* cf. *L. huttoni* Woods, *Pinna (Atrina)* sp., *Phacoides scotti* Wilckens y *Panopea* cf. *P. hauthalli* Wilckens, sumado a esto Cecioni menciona *Pseudokossmaticeras paulckeii* Coll., *Neograhamites taylori* Spath., *Hoplitoplacenticeras* form. mult. e *Inoceramus australis*.

Se deposita en un ambiente transicional entre marino profundo y marino somero, producto del relleno de la cuenca de Magallanes (Macellari, 1988), cuyas estructuras rítmicas representarían depósitos de abanicos de turbidita, que posiblemente se formaron durante una bajada del nivel del mar (Macellari, 1989.)

Sobreyace a la Formación Cerro Toro a través de un contacto concordante gradacional (Cortés, 1963) e infrayace, en concordancia, a la Formación Dorotea, aunque su límite con esta es

arbitrario, mientras que, hacia el sur de la Provincia de Última Esperanza, engrana lateralmente con las Formaciones Rosa y Fuentes (Katz, 1963).

### 2.2.6. Formación Dorotea

Esta formación debe su nombre a la Sierra Dorotea, lugar en que se define su localidad tipo (Katz, 1963). Aflora desde la sierra Dorotea hasta el Cerro Pelario y al este del Lago Aníbal Pinto, donde engrana con la Formación Rocallosa (Cortés, 1957 en Cañón, 2000) y, en general, se extiende de forma paralela a la Formación Tres Pasos, formando una franja norte - sur, debido a que ambas formaciones son parte de una secuencia continua de estratos de inmersión al este, a lo largo de un cinturón monoclinial (Katz 1963).

La Formación Dorotea se caracteriza por areniscas de color gris a verde, también de color amarillento y marrón rojizo, comúnmente con conglomerados lenticulares y algunas intercalaciones de arcilla, además de varias capas calcáreas con abundantes fósiles de invertebrados marinos y fragmentos de vertebrados (Katz, 1963; Otero, 2009). El espesor de la sección típica es de 900 m, con un notable aumento en la zona fronteriza, llegando a los 1.256 m de potencia (Cortés 1964).

Según Katz (1963) el contenido fosilífero en esta formación es abundante, y menciona para el sector basal *Lahilila luisa*, *Hoplitoplacenticeras plasticum*, *Holcodiscus* (*Pseudo-kossmaticeras*) *hauthali*, *Maorites seymourianus*, y *M. densicostatus*, mientras que para el sector superior menciona *Ostrea rionegrensis* Ih. y *Lahillia gigantea*, además de diversos bivalvos y gastrópodos. Cecioni (1955) encuentra *Gunnarites flexuosus* Spath y *Pachydiscus* aff. *gollevillensis* D'Orb en una posición correlativa con el estrato de *O. rionegrensis*, lo que le permite asignarle una edad maastrichtiana a esta formación, conclusión similar a la obtenida por Hervé (2004) al datar las areniscas de la base de Sierra Dorotea mediante U-PB, obteniendo una edad de  $67,4 \pm 1,5$  Ma. Por otro lado, Otero (2009) reporta la presencia de un plesiosaurio de la familia Elasmosauridae.

La sección inferior de la Formación Dorotea se depositó en un ambiente de plataforma exterior, debajo del nivel de las olas, mientras que las secciones superiores se depositan en condiciones progresivamente menos profundas, con facies de mayor energía e intervalos de menor energía

(Maceralli, 1989), lo que junto a la abundante fauna y flora fósil evidencian un ambiente costanero con periodos de regresión.

Sobreyace en conformidad a los estratos de la Formación Tres Pasos, con un contacto transicional y no bien definido (Maceralli, 1989), e infrayace en discordancia de erosión a los depósitos terciarios de la Formación Bandurrias (Man Aike) (Cortés, 1964).

### **2.2.7. Formación Man Aike**

La Formación Man Aike, cuya localidad tipo se encuentra en el Cerro Fortaleza, fue definida por Furque (1973) y ha sido reconocida tanto en superficie como en el subsuelo de la Cuenca Austral en el suroeste de la provincia de Santa Cruz, con estratos orientados norte - sur y una inclinación de 5° hacia el este. Según Bostelmann y otros (2012), es correlacionable con las formaciones Río Baguales y Loreto.

Esta formación está compuesta de conglomerados y areniscas de color verde que hacia el techo intercalan delgados niveles carbonáticos blanquecinos a rosados fuertemente bioturbados (*Thalassinoides* isp. principalmente). Estas rocas contienen fragmentos de invertebrados marinos tales como ostreidos, *Lopha herminii* (Feruglio), *Ostrea groeberi* Feruglio, *Venericardia* sp., *Bouchardia conspicua* Feruglio, *Atrina* sp., dientes de tiburón y ocasionalmente fragmentos de troncos, aunque solo en la base (Marenssi y otros, 2002).

Marenssi y otros (2002) proponen que la Formación Man Aike representa la sedimentación de un valle inciso, en ambientes de canales y barras arenosas submareales.

Sobreyace en discordancia erosiva a la Formación Dorotea y subyace en discordancia erosiva a la Formación Río Leona y a la Formación Calafate (Camacho y otros, 2000).

La discordancia de la base de la Formación Man Aike con los estratos cretácicos correspondería a la fase eocena media del levantamiento de la cordillera Patagónica (Ramos, 2002), mientras que la sedimentación en ambientes submareales se habría iniciado durante un periodo transgresivo en el “Eoceno medio alto” según Malumián (2002), mientras que Concheyro (1991) restringe la edad al Eoceno Medio.

### **2.2.8. Depósitos semiconsolidados y no consolidados**

Corresponden, en su mayoría, a depósitos fluviales y glaciales. Los primeros son los más actuales y están asociados a los cursos de agua, principalmente el Río Las Chinas, Río Baguales y sus tributarios. Los sedimentos varían en composición y granulometría, desde arenas finas a gravas, con predominancia de estas últimas, son de selección pobre a moderada con clastos redondeados y esféricos. Su composición está directamente relacionada con las rocas que erosionan los distintos cursos de agua, donde destaca la presencia de cuarzo, feldespatos, micas y líticos de origen ígneo y sedimentario.

Los sedimentos glaciares se generan por medio de la acción erosiva del hielo en las rocas de la alta cordillera. Estos son más angulosos, tienen mala selección y una composición variable ya que, de manera similar a las anteriores, está condicionada a la roca que erosionan. Los tamaños de los clastos son muy variables, abarcando el espectro completo entre sedimentos finos hasta bloques de gran tamaño.

Ambos depósitos se disponen de forma horizontal sobre las unidades mencionadas anteriormente.

### **2.3. Evolución tectónica**

Durante el Jurásico Superior ocurre un importante evento extensivo en la región, la fragmentación inicial del sur del supercontinente Gondwana, que permite la apertura de una cuenca marginal de tras - arco en el sector oriental, conocido como “Cuenca Marginal De Rocas Verdes” (Bruhn y otros, 1979; Katz, 1972; Dalziel, 1981). Como resultado de la fusión cortical de una corteza sobrecalentada durante los estadios iniciales de la ruptura de Gondwana, se genera volcanismo (Mpodozis y Ramos, 2008) que daría origen a los depósitos volcanoclásticos de la Formación Tobífera (Dalziel, 1981; Calderón y otros, 2007), que constituye parte de la gran provincia magmática Chon Aike que caracteriza la extensión jurásica en la Patagonia (González-Gillt y otros, 2010), donde se depositan intercalaciones de tobas, lutitas, ignimbritas y rocas calcáreas.

La fase de rifting y ruptura que dio origen a la cuenca de Rocas Verdes culminó en una etapa de subsidencia tectónica y una transgresión marina en el Jurásico Tardío - Cretácico Temprano, esta dio origen a la acumulación del cortejo sedimentario constituido por las areniscas transgresivas

de la Formación Springhill y las lutitas negras ricas en materia orgánica de Formación Zapata (Mpodozis y Ramos 2008), definiendo así, junto a la Formación Tobífera, el relleno de la cuenca de Rocas Verdes.

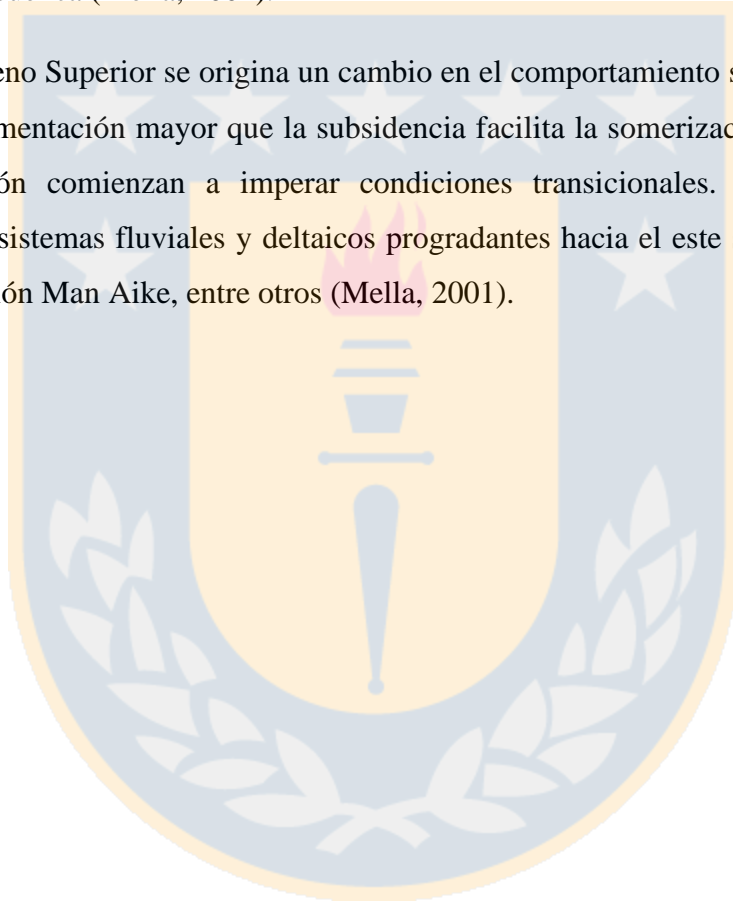
A inicios del Cretácico Superior la cuenca de tras - arco de rocas verdes sufre un cambio de régimen tectónico, pasando de extensivo a compresivo, en consecuencia del aumento en las tasas de propagación del océano Atlántico y el aumento de la subducción a lo largo del margen del Pacífico (Dalziel, 1986; Ramos, 1988). Con el tiempo, la compresión produjo deformación que avanzaría hacia el antepaís, acortamiento cortical y el cierre de la cuenca de Rocas Verdes, además de fallamiento inverso de la cobertura sedimentaria, migración del arco volcánico hacia el este y el desarrollo de la faja corrida y plegada de Magallanes (Fildani y otros, 2008). Producto de la deformación se desarrolla una extensa cuenca de antepaís, definida como la cuenca de Magallanes, en la cual se depositan los sedimentos de la Formación Punta Barrosa, considerada la primera secuencia de aguas profundas de la cuenca de Magallanes (Wilson, 1991), que representa la profundización de la misma y es depositada por múltiples corrientes de turbidez con sedimentos derivados de fuentes mixtas: el arco volcánico juvenil y los complejos metamórficos expuestos durante la orogénesis entre el Albiano Superior y Cenomaniano (Katz, 1963; Fildani y Hessler, 2005). En el Cenomaniano - Campaniano se depositan las areniscas y lutitas de la Formación Cerro Toro que representan el ápice de depositación de aguas profundas en la cuenca de Magallanes (Cecioni, 1965; Fildani y Hessler, 2005).

Durante el Cretácico Tardío (Campaniano - Maastrichtiano) comienza la acumulación de sedimentos de la Formación Tres Pasos. El sector noroeste de la cuenca antepaís es llenada por la propagación, de norte a sur, de sedimentos deltaicos, dando paso, en el sector sur, a sedimentos marinos pocos profundos y turbiditas (Macellari, 1989), marcando el inicio del cierre de la cuenca de Magallanes.

En el Maastrichtiano, pulsos de transgresión - regresión permiten la depositación de la formación Dorotea en un ambiente deltaico de plataforma exterior, en condiciones progresivamente menos profundas (Maceralli, 1989). Dichas secuencias están limitadas hacia techo por un hiatus que las separa de las secuencias eocénicas (Malumián y Caramés, 1997).

Durante el Paleoceno, la distribución de la cuenca de Magallanes sufre una importante modificación, luego que el área oriental es expuesta en superficie y se origina una importante regresión del borde oriental costero hacia el oeste, con lo cual la cuenca se transforma en una elongada y angosta depresión. El borde occidental experimenta una fuerte subsidencia que contrasta con la exposición de la plataforma oriental, fenómeno que tiene relación con un aumento en la curvatura en la flexión de la corteza, originada por un fuerte alzamiento de la Protocordillera, que producirían la elevación de la plataforma y una profundización en el margen occidental de la cuenca (Mella, 2001).

A partir del Eoceno Superior se origina un cambio en el comportamiento subsidente en la cuenca, una tasa de sedimentación mayor que la subsidencia facilita la somerización de la cuenca por lo que en la región comienzan a imperar condiciones transicionales. Al colmatarse con la depositación de sistemas fluviales y deltaicos progradantes hacia el este se da origen a unidades como la Formación Man Aike, entre otros (Mella, 2001).



### **3. ESTRATIGRAFÍA**

#### **3.1. Generalidades**

Las unidades litoestratigráficas estudiadas en esta memoria consisten en rocas siliciclásticas de granulometría variable, depositadas en ambientes marinos, por sus características litológicas y contenido paleontológico, se reconocen como de la Formación Tres Pasos, cuya distribución abarca el área de estudio en su totalidad, es decir, el sector occidental de la Sierra Contreras. Las rocas en general se encuentran basculadas hacia el este, con variaciones locales producto tanto de deslizamientos y rotaciones de los bloques del orógeno, como del ambiente en que estas se formaron: una plataforma continental con profundidad moderada. Consisten principalmente de areniscas, arcosas mayoritariamente, y fangolitas intercaladas, cuyas estructuras rítmicas evidencian el carácter transicional, entre marino profundo y somero, de la cuenca y eventos de depósitos de abanicos turbidíticos (Maceralli, 1988).

#### **3.2. Descripción de Columnas Estratigráficas**

A continuación se detalla, de base a techo, la descripción de las 6 columnas estratigráficas realizadas a lo largo de Sierra Contreras, cuya ubicación se especifica en la Figura 1.2. Dichas columnas corresponderían a la sección media de la Formación Tres Pasos.

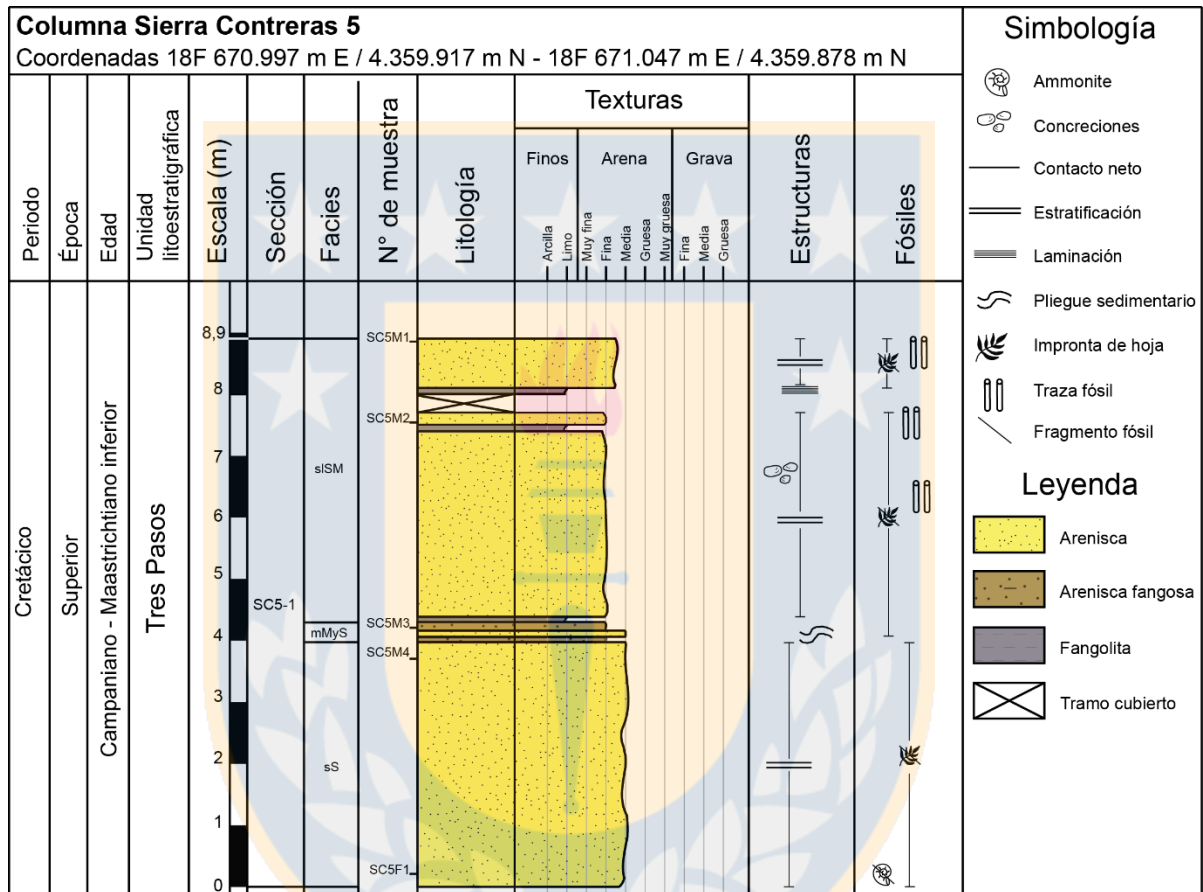
##### **3.2.1. Columna estratigráfica SC5**

Ubicada en el sector más norte del área de estudio, específicamente en las coordenadas 18F 670.997 m E / 4.359.917 m N, a 981 m de altura, esta columna consta principalmente de areniscas medias a finas, laminadas y estratificadas, con algunas intercalaciones de limo y restos vegetales carbonizados y fragmentados. Tiene un espesor total de 8,9 m con un rumbo y manto de N70°W/5°NE respectivamente (Figura 3.1).

##### **Sección SC5 - 1**

- 4 m de arenisca de grano medio con estratificación paralela, subarcosa según clasificación de Folk (1968), estas son de color pardo amarillento en superficie alterada y gris levemente verdoso en superficie fresca. La selección es buena, la fábrica clasto soportada y los granos, que corresponderían a cuarzo, plagioclasa, máficos (píroxenos y anfíboles),

micas (muscovita y biotita) y líticos volcánicos, son en general subangulares y subprismáticos. La mayoría de estos son de tamaño arena y una menor porción tamaño fango. Además, existen restos vegetales carbonizados (Anexo N  1: SC5M4. Descripción Macroscópica) y un fósil de ammonite de la familia Placenticeratidae en la base (Anexo N  3: SC5F1. Descripción de Fósiles).

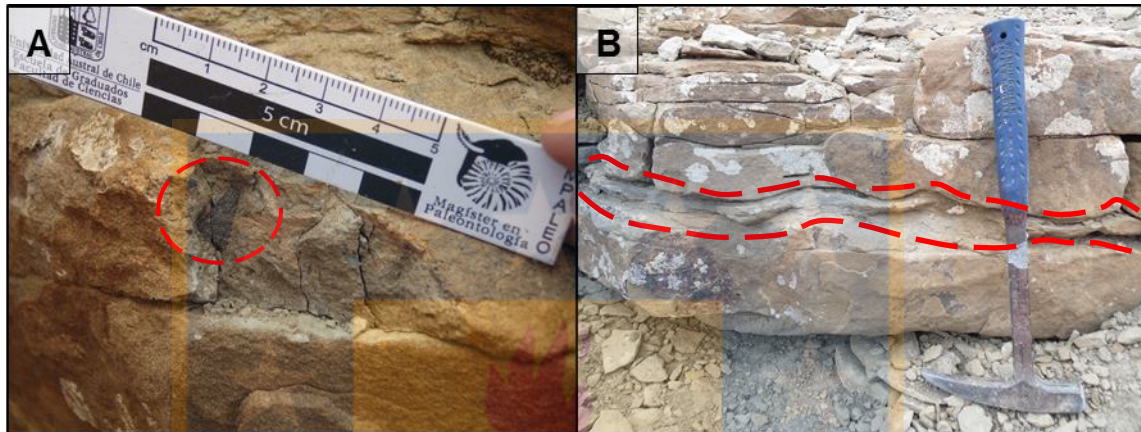


**Figura 3.1.** Columna estratigráfica SC5.

- 0,3 m de arenisca fangosa de grano fino, subarcosa según la clasificación de Folk, de color amarillento en superficie alterada y gris rosáceo en superficie fresca, selección moderada y fábrica clasto soportada. Fuerte efervescencia con HCl. Se compone de granos tamaño arena (85%) y fango (15%), los que corresponden a cuarzo, plagioclasa, máficos (piroxeno), micas (muscovita y biotita) y líticos volcánicos, subprismáticos a subdiscoidales y subredondeados. Además presenta restos vegetales carbonizados en lentes de espesores milimétricos (Figura 3.2 - A) (Anexo N  1: SC5M3. Descripción



Macroscópica y Anexo N° 2: SC5M3. Descripción Microscópica). A 20 cm del techo contiene una capa de 5 cm de espesor de arenisca media más “blanda” y ondulada de color pardo anaranjado a amarillento en superficie alterada y gris claro en superficie fresca (Figura 3.2 - B), con muy buena selección, compuesta posiblemente de cuarzo y, en menor medida, ferromagnesianos.



**Figura 3.2.** Arenisca fangosa. A) restos vegetales carbonizados. B) Arenisca blanca ondulada entre paquetes de arenisca más competente (estructura de carga).

- 3,4 m de arenisca de grano fino, subarcosa según clasificación de Folk (1968), con estratificación paralela, buena selección y fabrica clasto soportada. Las areniscas son de color pardo amarillento en superficie alterada, producto de oxidación principalmente, y gris parduzco en superficie fresca. Compuesta de granos de cuarzo, plagioclasa, máficos (píroxeno), micas (biotita) y restos vegetales carbonizados. Los granos son esféricos a subprismáticos y subangulares a subredondeados, varía en efervescencia con HCl (Anexo N° 1: SC5M2. Descripción Macroscópica). Posee también un nivel de fangolita de 2 cm de espesor, a 20 cm del techo y otro a 3,3 m, trazas tubulares a 0,5 m del techo, y concreciones calcáreas (Figura 3.3) de entre 2 a 5 cm de diámetro, a 80 cm del techo.
- 0,3 m de tramo cubierto.
- 0,1 m de fangolita de color gris claro en su superficie alterada y gris oscuro en superficie fresca, estas rocas están muy fracturadas y poseen laminación paralela (Figura 3.4).
- 0,8 m de arenisca de grano medio a fino con estratificación paralela, subarcosa según la clasificación de Folk (1968), de color gris parduzco claro en superficie alterada, mientras



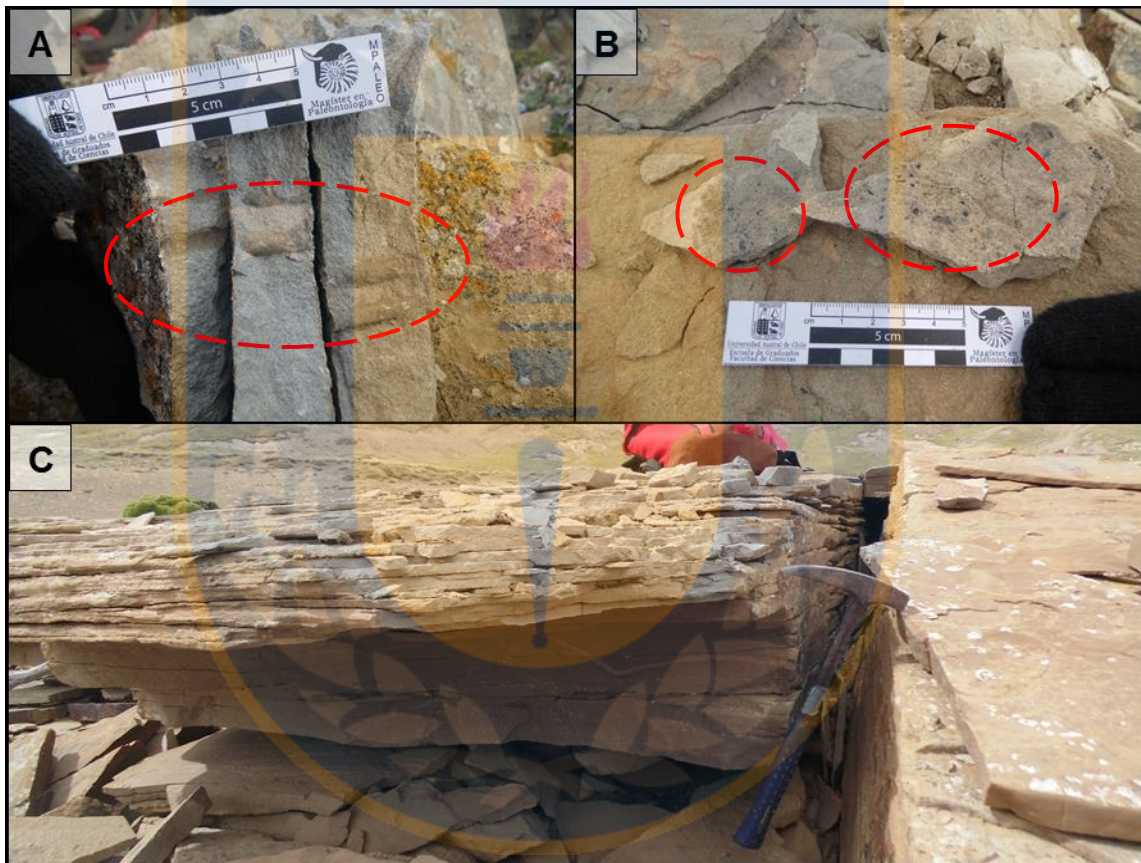
**Figura 3.3.** Concreción calcárea hallada en arenisca, a 80 cm del techo de la misma.



**Figura 3.4.** Fangolitas grises oscuras altamente fracturadas.

que en superficies más frescas son de color gris verdoso claro. Están bien seleccionadas, poseen fábrica clasto soportada y se componen de un gran porcentaje de granos tamaño arena y en menor medida limo, de los cuales la mayoría corresponde a cuarzo, seguido por plagioclasa, máficos (piroxeno) y micas (muscovita y biotita). Los granos son subsféricos a discoidales y subsféricos a esféricos, en el caso de los granos de cuarzo (Anexo N° 1: SC5M1. Descripción Macroscópica). Se pueden encontrar también abundantes trazas fósiles verticales de aspecto tubular hacia el techo del estrato (Figura

3.5 - A) y restos vegetales carbonizados (Figura 3.5 - B). La estratificación se dispone en paquetes de 2 a 4 cm de espesor (Figura 3.5 - C). Se infiere la presencia de cemento arcilloso y calcáreo, por la efervescencia de la roca en contacto con HCl. La moda del tamaño de los granos bordea los 0,3 mm (arena media). Los minerales micáceos se encuentran levemente alterados a tonos verdosos, posiblemente a clorita y epidota, y los feldspatos a arcillas, además la alteración supérgena dota a la roca de su tonalidad parduzca levemente anaranjada. La roca en general se encuentra muy fracturada por los mismos procesos supérgenos.

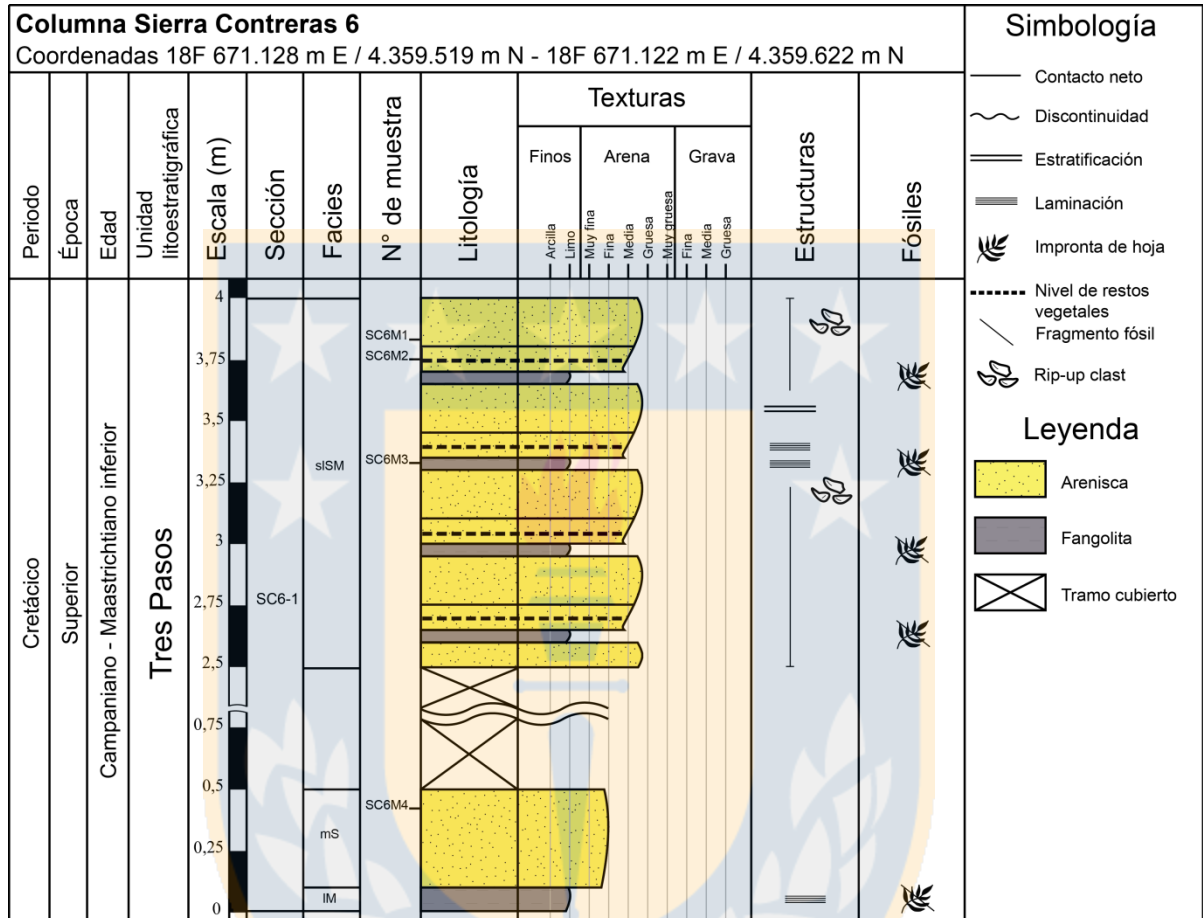


**Figura 3.5.** Areniscas medias. A) Trazas fósiles verticales sin identificar. B) Materia orgánica encontrada en niveles milimétricos. C) Estratificación dispuesta en paquetes de entre 2 a 4 cm de espesor.

### 3.2.2. Columna estratigráfica SC6

Esta columna se ubica en las coordenadas 18F 671.128 m E / 4.359.519 m N, a 974 m de altura con un rumbo y manto de N50°W/8°NE respectivamente (Figura 3.6), estratigráficamente se

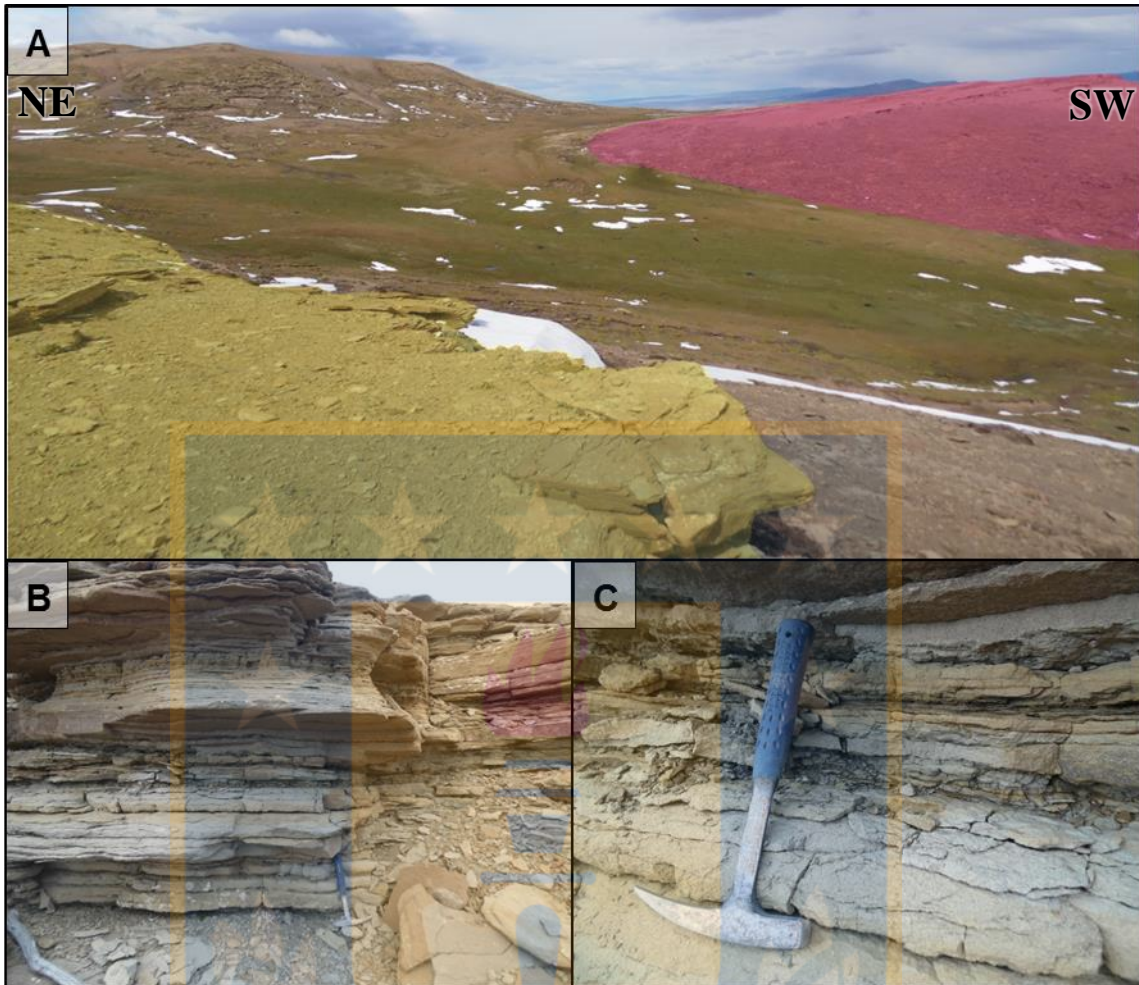
ubica bajo la secuencia anteriormente descrita (SC5) (Figura 3.7 - A). La columna tiene un espesor de 4 m y se acuña hacia el sur. Consiste en intercalaciones de fangolitas, areniscas finas a medias y medias a gruesas, con material orgánico de origen vegetal (Figura 3.7 - B y C).



**Figura 3.6.** Columna estratigráfica SC6.

### Sección SC6 - 1

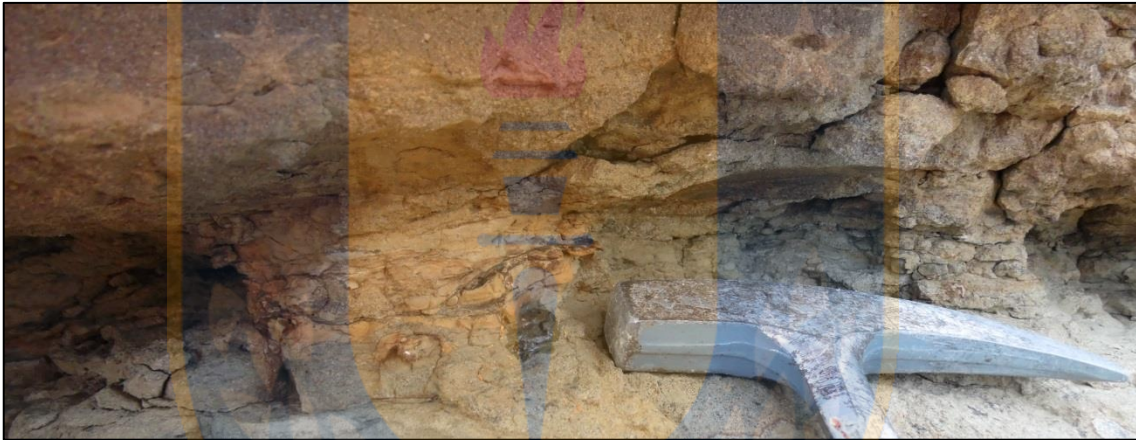
- 0,1 m de fangolita color gris oscuro, con materia orgánica y laminación paralela.
- 0,4 m de arenisca de grano fino, subarcosa según la clasificación de Folk (1968), de color gris claro en su superficie fresca y gris parduzco con tonos anaranjados en superficie alterada, producto de alteración a óxidos. La selección es, en general, buena y la fábrica clasto soportada. Se compone de granos de cuarzo, plagioclasa, ferromagnesianos (píroxeno), micas (muscovita y biotita), líticos de origen volcánico y fragmentos de vegetales carbonizados (Anexo N° 1: SC6M4. Descripción Macroscópica).



**Figura 3.7.** A) Relación espacial entre columnas SC5, lado inferior izquierda en tono amarillo, y SC6, esquina superior derecha en color morado. B y C) Intercalaciones de areniscas y fangolitas laminadas.

- 2 m de tramo cubierto.
- 1,5 m de secuencia de arenisca, arenisca con restos vegetales y fangolita con restos vegetales intercaladas entre sí. La primera corresponde a una arenisca de grano medio a grueso con estratificación paralela, subarcosa según la clasificación de Folk (1968), selección moderada, fábrica clasto soportada y de color pardo anaranjado oscuro a violáceo de alteración y gris oscuro en superficie fresca. Granos de cuarzo, plagioclasa, máficos (píroxeno), micas (muscovita y biotita) y líticos volcánicos, en general subangulosos a subredondeados y subprismáticos a esféricos, estas contienen además múltiples agujeros en los que se presume existieron clastos de fangolita. Además efervesce con HCl (Anexo N° 1: SC6M1. Descripción Macroscópica). Paquetes de 20 cm

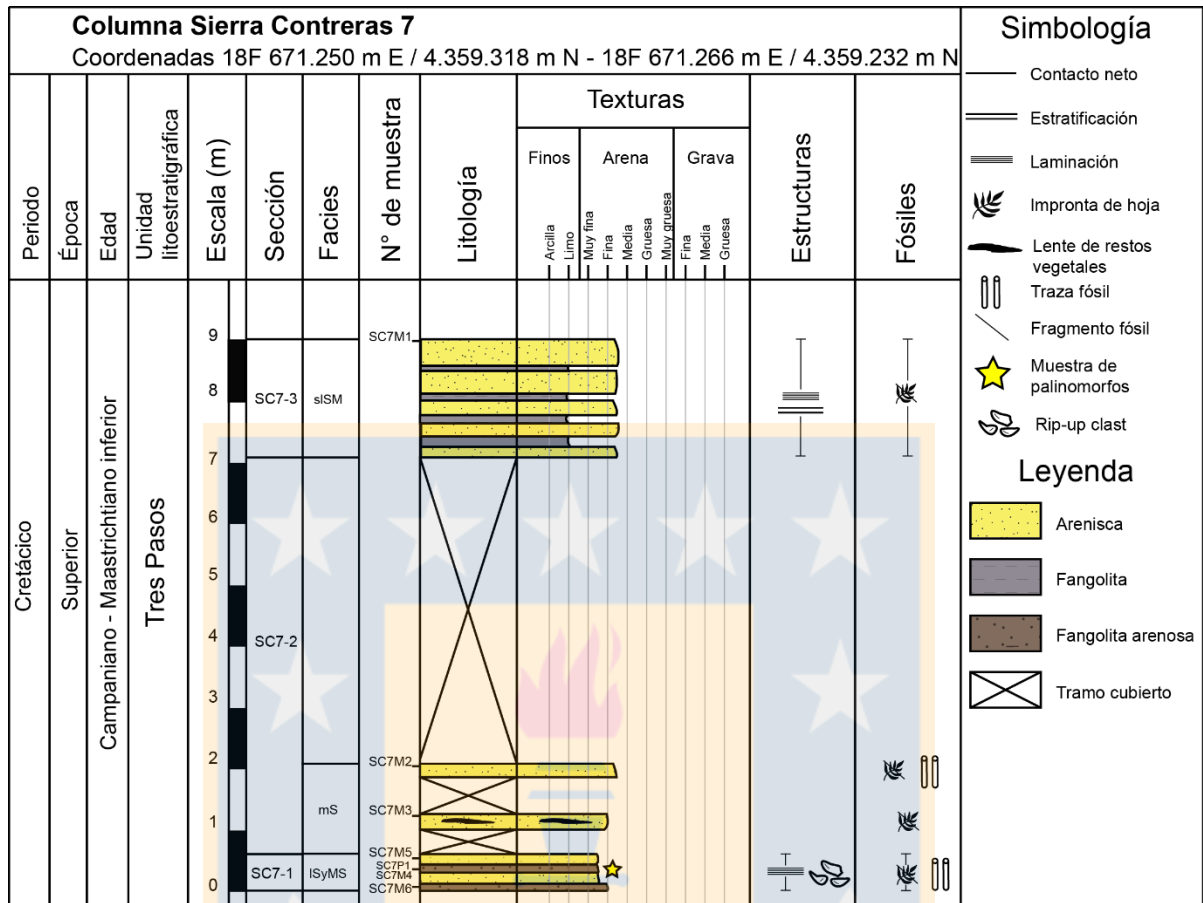
de esta arenisca, más competente, se intercalan con paquetes de 5 a 10 cm de arenisca, menos competente, de grano medio con laminación paralela y abundantes restos vegetales carbonizados en capas, los cuales también se encuentran como lentes milimétricos a centimétricos. Subarcosa según Folk (1968), color gris parduzco en superficie fresca y pardo anaranjado de alteración, selección moderada, fábrica clasto soportada, granos de cuarzo, plagioclasa, máficos (piroxeno) y micas (biotita y muscovita); granos subprismáticos y subangulosos a subredondeado, principalmente (Anexo N° 1: SC6M2. Descripción Macroscópica). La fangolita calcárea es de color pardo anaranjado (capa de óxido, no muestra superficie fresca) e incluye laminación paralela (Figura 3.8), sólo se reconocen micas (muscovita y biotita) y abundantes restos vegetales carbonizados (Anexo N° 1: SC6M3. Descripción Macroscópica).



**Figura 3.8.** Fangolita con laminación paralela y restos vegetales carbonizados.

### 3.2.3. Columna estratigráfica SC7

Esta columna inicia en las coordenadas 18F 671.250 m E / 4.359.318 m N, a la altura de 967 m, y termina en 18F 671.266 m E / 4.359.232 m N, a los 951 m de altitud, con un rumbo y manteo de N52°W/12°NE al inicio y N30°W/4°NE al final. Con 9,05 m de altitud total, la secuencia se compone de intercalaciones de fangolitas y areniscas finas, laminadas y estratificadas, con trazas y restos vegetales carbonizados (Figura 3.9).

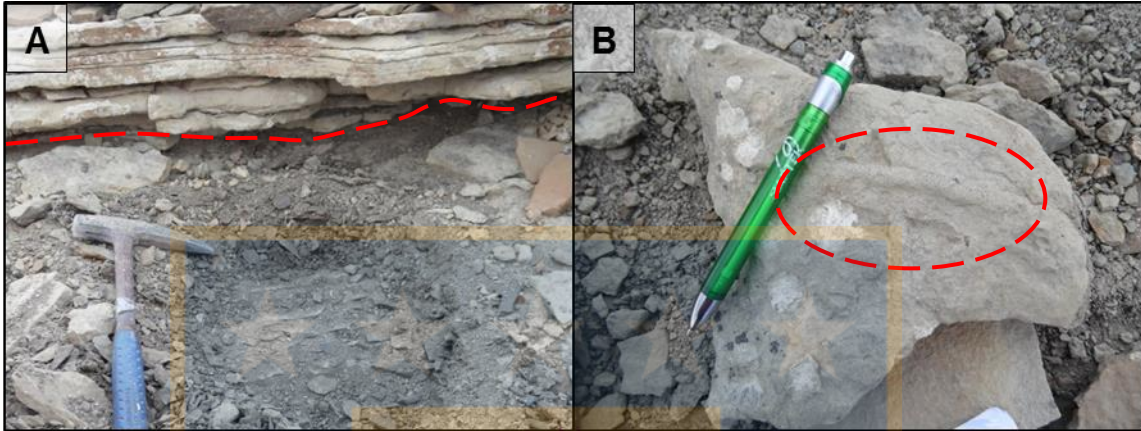


**Figura 3.9.** Columna estratigráfica SC7.

### Sección SC7 - 1

- 0,6 m de intercalación de arenisca de grano fino a muy fino, con fangolita arenosa de grano fino a muy fino, ambas con laminación paralela (Figura 3.10 - A). La arenisca de grano fino a muy fino es una subarcosa, según la clasificación de Folk (1968), de color gris amarillento en superficie alterada y gris verdoso en superficie fresca, con buena selección, fábrica clasto soportada, compuesta de cuarzo, plagioclasa, máficos (anfíbol), micas (muscovita) y líticos, con clastos de fangolita, restos vegetales y trazas fósiles de *Palaeophycus* isp. (Figura 3.10 - B). Los granos son principalmente subprismáticos y subredondeados (Anexo N° 1: SC7M5. Descripción Macroscópica). En la fangolita arenosa, la fracción de arena es de grano fino a muy fino, clasificada como subarcosa según Folk (1968), de color gris amarillento en superficie alterada y gris claro en superficie fresca, selección moderada y fábrica matriz soportada. Se compone

principalmente de cuarzo, plagioclasa, máficos (piroxeno), micas (muscovita y biotita), líticos volcánicos y restos vegetales en lentes. Los granos son de formas esféricas a subprismáticas y subangulares (Anexo N° 1: SC7M4. Descripción Macroscópica).



**Figura 3.10.** A) Intercalación de areniscas medias (arriba) con areniscas fangosas de grano fino (abajo). B) Traza fósil de *Palaeophycus* isp. en arenisca media.

En este nivel se registra la presencia de diversos palinomorfos, presentes en la muestra SC7P1 (descritos en Capítulo 4: Contenido palinológico). Las Muestras SC7M6a y SC7M6b (Anexo N° 1: SC7M6a y SC7M6b. Descripción Macroscópica), evidencian una leve disminución del tamaño de grano hacia el techo de la arenisca fangosa, pasando de fino, a fino a muy fino, además contienen lentes de fangolita de color negro parduzco, anaranjado por alteración, de cerca de 1 mm de espesor y longitud variable (centimétrica).

### Sección SC7 - 2

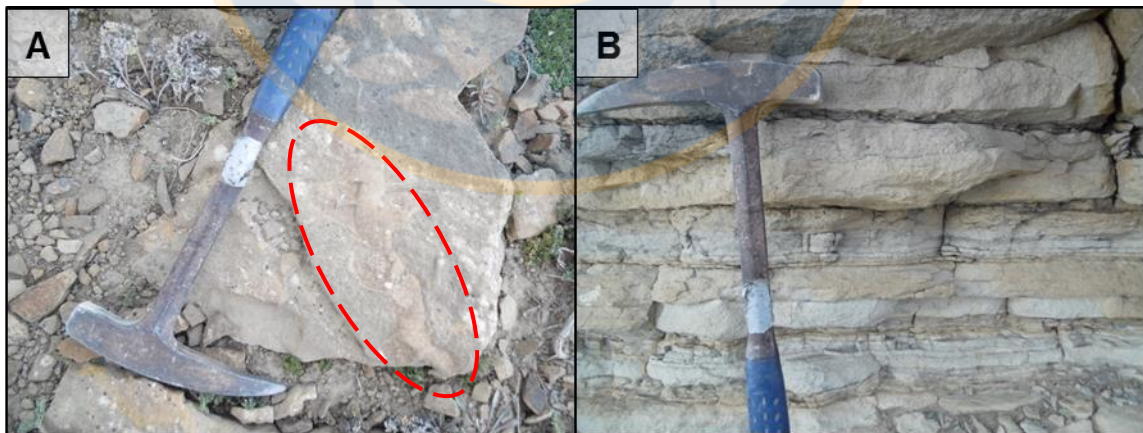
- 0,4 m de tramo cubierto.
- 0,25 m de arenisca de grano fino, subarcosa según la clasificación de Folk (1968), color pardo anaranjado claro en superficie alterada y gris verdoso en superficie fresca, selección moderada, fábrica clasto soportada, compuesta por cuarzo, plagioclasa, máficos (piroxeno), micas (muscovita y biotita), líticos volcánicos y restos vegetales carbonizados en lentes, con espesores que van de 1 a 10 mm de espesor. Los granos son subprismáticos y subredondeados a subangulares. (Anexo N° 1: SC7M3. Descripción Macroscópica).
- 0,6 m de tramo cubierto.



- 0,2 m de arenisca de grano medio a fino, subarcosa según la clasificación de Folk (1968), color pardo oscuro, anaranjado a amarillento en superficie alterada y gris verdoso en superficie fresca, con buena selección y fábrica clasto soportada. Compuesta de cuarzo, plagioclasa, máficos (píroxeno), micas (muscovita y biotita), líticos volcánicos y restos vegetales carbonizados. Los granos son subprismáticos, hasta esféricos, y subangulares en su mayoría (Anexo N° 1: SC7M2. Descripción Macroscópica). Efervesce con HCl y posee trazas fósiles alargadas clasificadas como *Palaeophycus* isp. (Figura 3.11 - A).
- 5 m de tramo cubierto.

### Sección SC7 - 3

- 2 m de intercalación de arenisca y fangolita (Figura 3.11 - B). La arenisca es de grano medio a fino, subarcosa según clasificación de Folk (1968), color pardo grisáceo oscuro en superficie alterada y gris parduzco oscuro en superficie fresca, con estratificación paralela, buena selección y fábrica clasto soportada. Está compuesta de granos, subprismáticos y subredondeados en su mayoría, de cuarzo, plagioclasa, máficos (píroxeno), micas (muscovita y biotita) y líticos volcánicos, además de restos vegetales carbonizados. Presenta efervescencia al HCl (Anexo N° 1: SC7M1. Descripción Macroscópica). La fangolita es de color gris claro con tonos anaranjados en superficie alterada y gris oscuro en superficie fresca, con laminación paralela y restos vegetales carbonizados.



**Figura 3.11.** A) Trazas fósiles de *Palaeophycus* isp. en arenisca media. B) Intercalación de areniscas estratificadas y fangolitas laminadas.

### 3.2.4. Columna estratigráfica SC8

Con un espesor total de 16,1 m, el inicio de esta columna se ubica en las coordenadas 18F 669.948 m E / 4.359.328 m N, a una altura de 1.049 m, y finaliza en 18F 669.989 m E / 4.359.273 m N, en la cota 1.042 m (Figura 3.12).

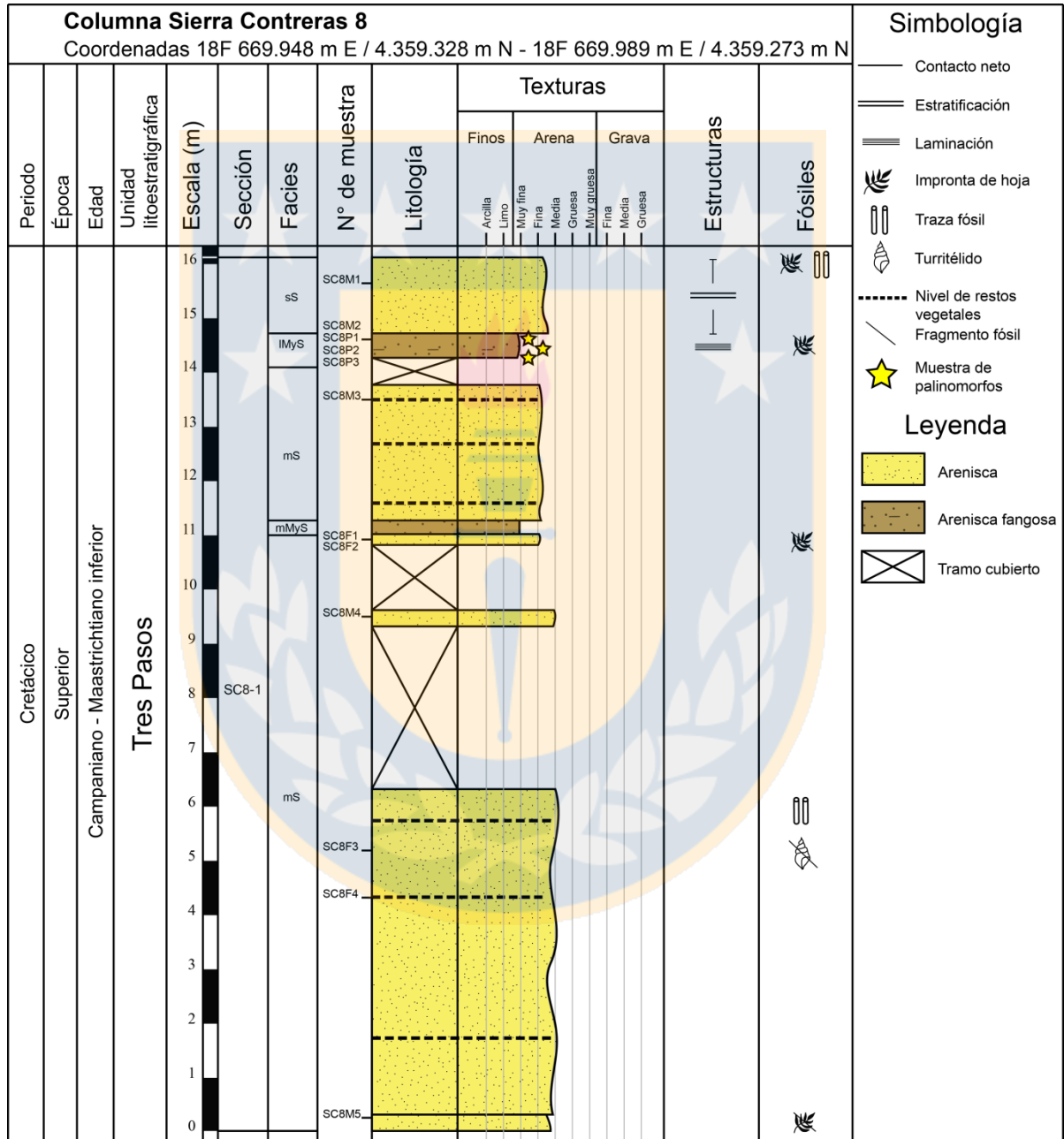
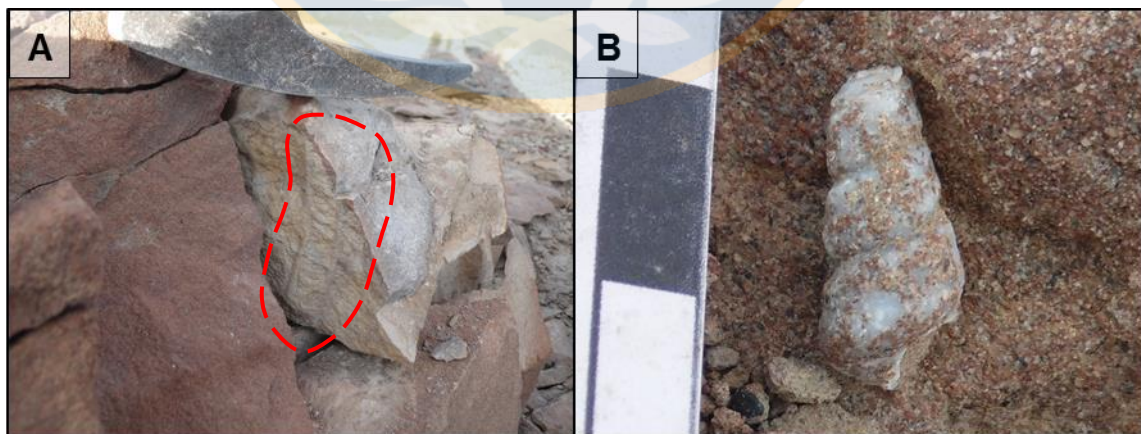


Figura 3.12. Columna estratigráfica SC8.

El rumbo y manteo varía desde N19°W/10° NE a N10°W/4°NE a medida que se baja en la cota. Se compone de areniscas, que alternan entre finas a medias en la base, gradando a finas en el techo hasta muy finas en algunos sectores, y areniscas fangosas finas, con laminación paralela y estratificación. Existen además varios niveles con materia orgánica, de origen vegetal, carbonizada, algunos otros con trazas fósiles tubulares y un nivel de turritélidos.

### Sección SC8 - 1

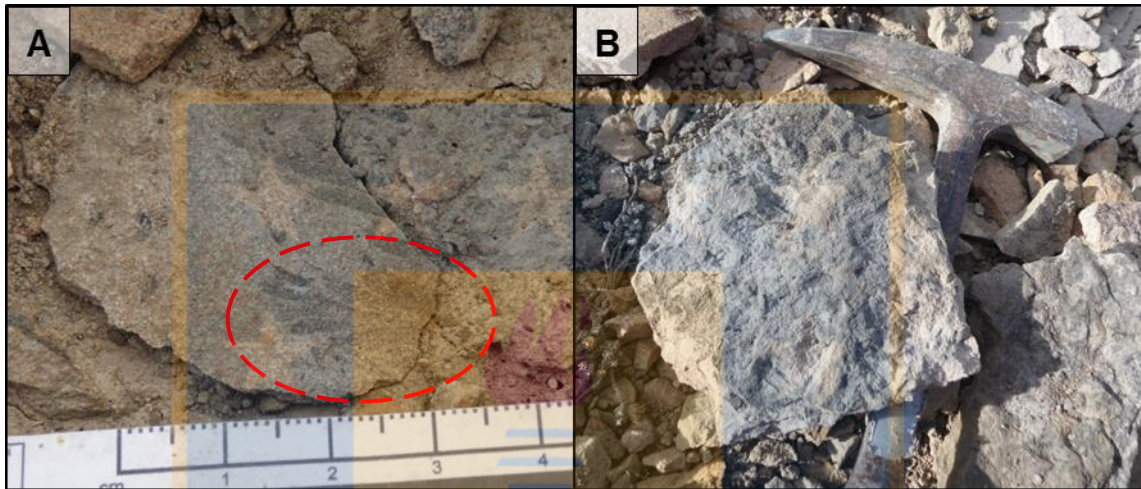
- 0,3 m de arenisca de grano medio a fino, subarcosa según Folk (1968). La fábrica es clasto soportada y su selección moderada. Con respecto al color este es pardo anaranjado, producto de la alteración por procesos supérgenos (oxidación) y no se reconoce color de superficie fresca. La composición consta de cuarzo en su mayoría, plagioclasa, máficos (piroxeno), micas (muscovita) y líticos volcánicos; en general subredondeados y esféricos a subprismáticos (Anexo N°1: SC8M5. Descripción Macroscópica). Contiene abundante materia orgánica carbonizada, en algunos casos pudiéndose inferir una nervadura central (origen vegetal).
- 6 m de arenisca de grano medio, de color gris parduzco en superficie fresca, amarillo parduzco en superficie alterada. Con trazas fósiles tubulares a techo de *Rhizocorallium* isp. (Figura 3.13 - A) y niveles de restos vegetales carbonizados. Abundan fragmentos de turritélidos rodados (Figura 3.13 - B) (Anexo N°3: SC8F3. Descripción de Fósiles) y restos de hojas carbonizadas, de la división Spermatophyta, a 2 m del techo (Anexo N°3: SC8F4. Descripción de Fósiles).



**Figura 3.13.** A) Traza fósil de *Rhizocorallium* isp. ubicada cerca del techo de una arenisca de grano medio. B) Rodado de Turritélido.

- 3 m de tramo cubierto. Se presume que puede corresponder en su totalidad a arenisca muy fina (excavaciones).
- 0,3 m de arenisca de grano medio, subarcosa según clasificación de Folk (1968). Tiene fábrica clasto soportada y buena selección, efervesce con HCl en fracturas. Es de color gris parduzco violáceo en superficie fresca, pardo amarillento de alteración. Se distinguen granos de cuarzo, plagioclasa, ferromagnesianos alargados (piroxeno), micas (muscovita) y líticos volcánicos. Los granos son esféricos a subprismáticos y subredondeados principalmente (Anexo N°1: SC8M4. Descripción Macroscópica).
- 1,2 m de tramo cubierto.
- 0,2 m de arenisca de grano fino de color gris rosáceo claro en superficie fresca y gris parduzco en superficie alterada. Selección moderada, fábrica clasto soportada, con granos de cuarzo, plagioclasa, máficos y micas. Contiene, a la altura del techo, restos de hojas (Figura 3.14 - A), algunas se clasifican dentro de la familia Araucariaceae mientras que a otras solo se les infiere nervadura central (Anexo N° 3: SC8F1; SC8F2. Descripción de Fósiles).
- 0,25 m de arenisca fangosa muy fina, subarcosa según la clasificación de Folk (1968), de color gris oscuro en superficie fresca y gris blanquecino en superficie alterada. Buena selección, fábrica clasto soportada, con granos de cuarzo, plagioclasa, máficos y micas.
- 2,5 m de arenisca de grano fino intercalada con restos vegetales carbonizados (Figura 3.14 - B), clasificada como subarcosa según la clasificación de Folk (1968). La fábrica es clasto soportada y la selección moderada. En la superficie fresca tiene un color gris rosáceo claro y en superficie alterada adopta tonalidades gris parduzco claro. Se compone de cuarzo, plagioclasa, máficos (piroxeno) y micas (muscovita), cuyos granos son principalmente redondeados a subredondeados y esféricos a subprismáticos (Anexo N° 1: SC8M3. Descripción Macroscópica). Esta arenisca presenta algunas variaciones laterales en su espesor, disminuyendo notablemente hacia el sur.
- 0,5 m de tramo cubierto.
- 0,45 m de arenisca fangosa muy fina con laminación paralela (Figura 3.15), subarcosa según la clasificación de Folk (1968), de color gris oscuro en superficie fresca y gris blanquecino en superficie alterada. Esta roca está bien seleccionada y su fábrica es del tipo clasto soportada. Los granos que la componen corresponden a cuarzo, plagioclasa,

máficos (píroxeno) y micas (muscovita), en general, de formas esféricas a prismáticas y subredondeadas (Anexo N° 1: SC8M2. Descripción Macroscópica). Al igual que en la sección anterior es posible hallar múltiples restos de vegetales carbonizados además de varios palinomorfos (muestras de polen SC8P1; SC8P2 y SC8P3. Capítulo 4: Contenido palinológico).

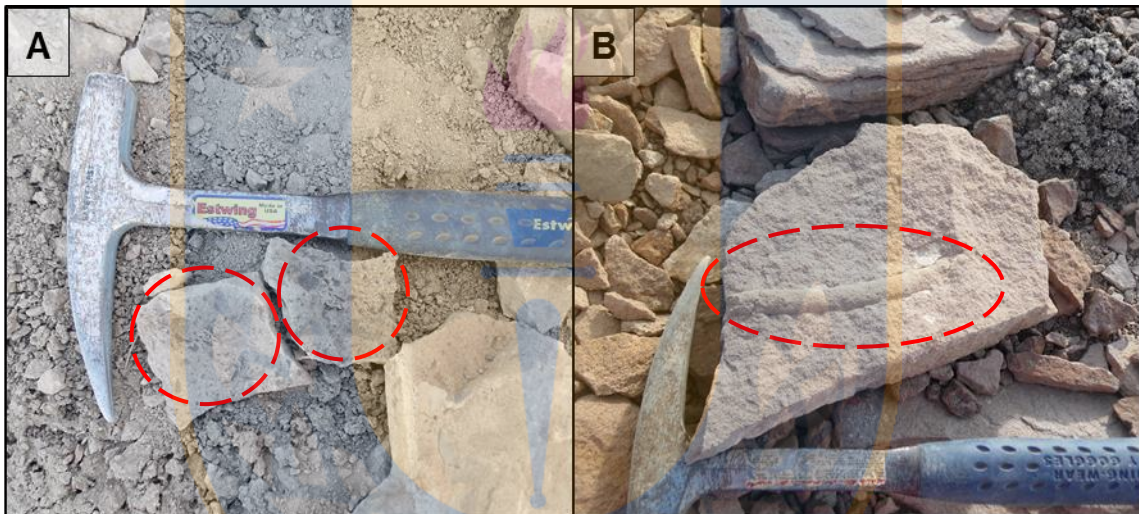


**Figura 3.14.** A) Restos de hojas fosilizadas extraídas del techo del estrato, clasificada dentro de la familia Araucariaceae. A) Bloque de arenisca con materia orgánica.



**Figura 3.15.** Excavación en la cual se pueden apreciar las areniscas fangosas parcialmente cubiertas.

- 1,4 m de arenisca de grano medio a fino con estratificación paralela, clasificada como subarcosa según Folk (1968). La roca es de color amarillo parduzco en superficie alterada mientras que la superficie fresca tiene tonalidades gris claro. La selección de esta arenisca es moderada y la fábrica clasto soportada, se distinguen granos de cuarzo, plagioclasa, minerales máficos (piroxeno), micas (muscovita) y líticos volcánicos, en general esféricos a subprismáticos y subredondeados (Anexo N° 1: SC8M1. Descripción Macroscópica). La roca efervesce con HCl sólo en superficie alterada, además hay fracturas rellenas con calcita. Hacia el techo de esta sección es posible encontrar restos vegetales fracturados y carbonizados, además de trazas fósiles de *Palaeophycus* isp. (Figura 3.16 - A y 3.16 - B respectivamente).



**Figura 3.16.** A) Fragmentos de restos vegetales carbonizados encontrados hacia el techo del estrato de arenisca. B) Trazas fósiles de *Palaeophycus* isp. en arenisca.

### 3.2.5. Columna estratigráfica SC9

La columna tiene un espesor total de 43,45 m y corresponde en su mayoría a areniscas grises de grano medio a fino hasta muy fino, intercaladas con fangolitas grises (Figura 3.17). Destaca la presencia de diversos organismos fósiles como ammonites, restos de hojas y troncos fosilizados, además de estructuras como laminación paralela, concreciones calcáreas, lentes y clastos de fangolita. Esta columna inicia en el punto 18F 670.079 m E / 4.358.929 m N, a una altura de 981 m, y finaliza en las coordenadas 18F 670.1000 m E / 4.358.823 m N, a 933 m de altura. El rumbo y manto de los estratos es variable y va desde de N18°W/7°NE a N40°W/11°NE hacia el techo.

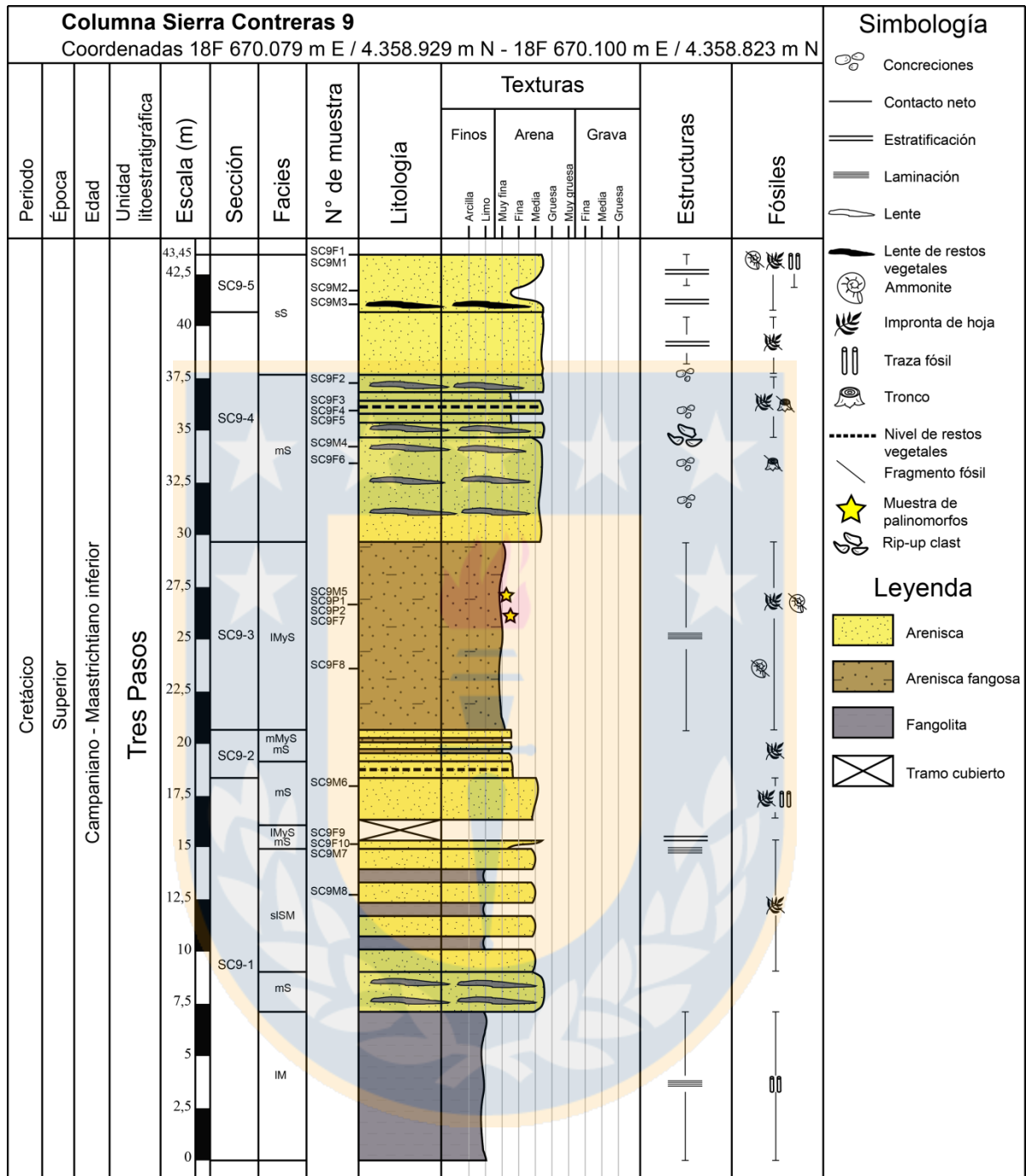


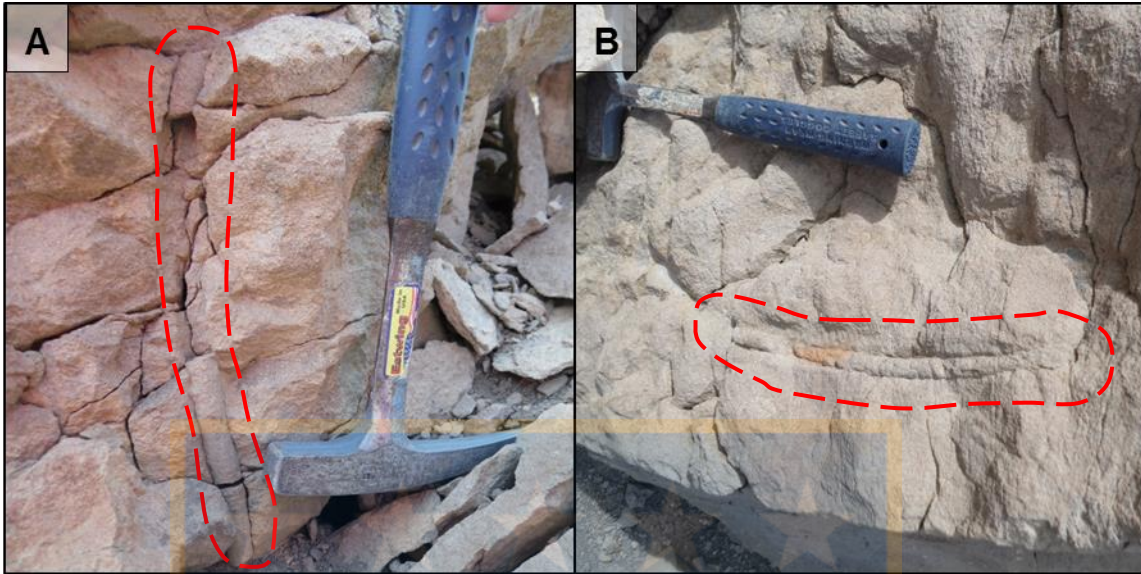
Figura 3.17. Columna estratigráfica SC9.

### Sección SC9 - 1

- 7 m de fangolita color gris oscuro con laminación paralela y trazas fósiles de *Skolithos isp.*

- 2 m de arenisca de grano medio a grueso con lentes de fangolita. La roca es color gris claro en superficie fresca y pardo amarillento a anaranjado en superficie alterada. La selección de los granos es buena y la fábrica clasto soportada, granos subprismáticos y subangulares. Efervesce con HCl.
- 6 m de intercalación de arenisca con materia orgánica, de grano medio, y fangolita. La arenisca es de color gris claro en superficie fresca y gris parduzco en superficie alterada, con leves tonalidades anaranjadas producto de oxidación. Se compone principalmente de granos de cuarzo, plagioclasa, ferromagnesianos (piroxeno) y micas (muscovita), además de líticos volcánicos, todos ellos con formas, en general, subangulares y subprismáticas (Anexo N°1: SC9M8. Descripción Macroscópica), y fragmentos de restos vegetales.
- 0,4 m de intercalación de arenisca fangosa fina a muy fina con laminación paralela y arenisca media a gruesa con estratificación paralela, esta última clasificada como subarcosa según Folk (1968), color gris parduzco anaranjado de alteración y gris claro en superficie fresca, fábrica clasto soportada y buena selección. Se compone de granos de cuarzo, plagioclasa, micas (biotita y muscovita), líticos volcánicos y ferromagnesianos (piroxeno), en general subangulosos y esféricos a subprismáticos (Anexo N°1: SC9M7. Descripción Macroscópica). Abundante materia orgánica, donde destacan fósiles de hojas fragmentadas y material leñoso (Anexo N°3: SC9F9 y SC9F10. Descripción de Fósiles). En la base de esta sección el rumbo y manteo del estrato corresponde a N18°W/7°NE respectivamente.
- 1 m de tramo cubierto.
- 2 m de arenisca media, subarcosa según Folk (1968), con restos vegetales carbonizados (algunos fragmentos de hojas en las que se infiere una nervadura central) y trazas tubulares de *Skolithos* isp. y *Palaeophycus* isp. (Figuras 3.18 - A y 3.18 - B). Son de color gris claro en las superficies frescas, mientras que en las superficies alteradas son de color pardo amarillento a anaranjado, selección buena y fábrica clasto soportada. Los granos son esféricos a subprismáticos y subangulosos a subredondeados e incluyen cuarzo, plagioclasa, máficos (anfíbol), micas (muscovita y biotita) y líticos volcánicos. Efervesce débilmente con HCl, en algunos casos en planos con materia orgánica (Anexo N°1: SC9M6. Descripción Macroscópica). Existe en este punto una variación en el rumbo y manteo de los estratos, siendo ahora N25°W/19°SW respectivamente.





**Figura 3.18.** Trazas en arenisca media. A) Trazas de *Skolithos* isp. de aproximadamente 25 cm de alto. B) Trazas de *Palaeophycus* isp.

### Sección SC9 - 2

- 0,8 m de arenisca fina a muy fina de color pardo oscuro en su superficie alterada mientras que las secciones más frescas lucen tonalidades grises claras, compuesta de granos de cuarzo, plagioclasa, ferromagnesianos, micas y líticos volcánicos, similar a la muestra SC9M2, con formas esféricas a subprismáticas y subangulares a subredondeadas. Además tiene restos vegetales en capas milimétricas.
- 1,5 m de intercalación de arenisca fangosa muy fina con mala selección, granos de cuarzo, plagioclasa, micas y líticos, como la mencionada anteriormente; con arenisca fina a muy fina color pardo oscuro de alteración, selección moderada, granos de cuarzo, plagioclasa, ferromagnesianos, micas y líticos, también mencionada anteriormente. Ambas litologías se intercalan con espesores de 1 a 2 mm, para la arenisca fangosa, y 5 mm para la arenisca fina, revelando una posible transición entre litologías.

### Sección SC9 - 3

- 9 m de arenisca fangosa muy fina (Figura 3.19), con laminación paralela, materia orgánica carbonizada y restos vegetales. Clasificada como arcosa lítica según Folk (1968), color gris oscuro en superficie fresca y gris parduzco claro en superficie alterada, tiene selección mala, fábrica clasto soportada, granos de cuarzo, plagioclasa, micas (muscovita)

y líticos volcánicos, principalmente subredondeados y subprismáticos, en menor medida esféricos (Anexo N°1: SC9M5. Descripción Macroscópica). Las muestras de polen SC9P1 y SC9P2, extraídas a 3 m del techo del estrato, evidencian la presencia de diversas especies vegetales (Capítulo 4: Contenido palinológico). Es posible reconocer también fragmentos fósiles de hojas y *Baculites* sp. (Anexo N°3: SC9F7 y SC9F8 respectivamente. Descripción de Fósiles).



**Figura 3.19.** Secuencia de arenisca fangosa muy fina registrada, principalmente, a través de excavaciones. En el lado izquierdo se brinda una visión general mientras que en el lado derecho una más detallada.

#### Sección SC9 - 4

- 5 m de arenisca media a gruesa con concreciones. Subarcosa, según la clasificación de Folk (1968), color gris claro en superficie fresca y pardo anaranjado oscuro en superficie alterada debido a oxidación. La selección es moderada a mala, fábrica clasto soportada, con granos subangulares y subprismáticos, en menor medida esféricos; de cuarzo, plagioclasa, líticos volcánicos, micas (biotita) y máficos (piroxeno) (Anexo N°1: SC9M4. Descripción Macroscópica). Hay niveles de aproximadamente 50 cm de espesor con abundantes lentes de fangolita de color negro grisáceo. Tanto la fangolita como la arenisca contienen restos vegetales. Las concreciones se ubican en dos niveles, a

aproximadamente 50 cm y 2 m del techo respectivamente, y tienen diámetros de entre 10 y 30 cm, en estos niveles es posible encontrar fragmentos de troncos fósiles (Figura 3.20) (Anexo N°3: SC9F6. Descripción de Fósiles). Por último, los lentes son de 20 cm de alto y 1 m de largo.



**Figura 3.20.** Fragmento de tronco fósil de aproximadamente 5 cm de ancho, en arenisca media a gruesa.

- 3 m de intercalación de arenisca media a gruesa, similar a la anterior, y arenisca fina a muy fina con restos vegetales, específicamente fragmentos de hojas y troncos. En la primera se distinguen lentes y clastos de fangolita (Figura 3.21 - A), niveles carbonosos (Figura 3.21 - B), dos niveles de concreciones, uno en el techo y otro a 1,8 m del mismo (Figura 3.21 - C), y fósiles de hojas (Anexo N°3: SC9F2; SC9F3; SC9F4 y SC9F5. Descripción de Fósiles). La segunda arenisca, de color gris claro en superficie fresca y pardo oscuro de alteración, es de selección moderada y fábrica clasto soportada. Se compone de granos de cuarzo, plagioclasa, ferromagnesianos, micas y líticos volcánicos.
- 3 m de arenisca de grano medio a grueso, igual a la anterior, con estratificación paralela y escasa materia orgánica o restos vegetales carbonizados. El color de la roca es gris claro en superficie fresca y pardo amarillento a anaranjado en la superficie alterada. La selección de los granos es buena y la fábrica clasto soportada, granos subprismáticos y subangulares. Efervesce con HCl en zonas alteradas.



**Figura 3.21.** A) Clastos de fangolita de hasta 2 cm de largo en arenisca. B) Niveles carbonosos en la arenisca. C) Nivel de concreciones, a 1,8 m del techo del estrato, de 30 cm diámetro aproximadamente.

### Sección SC9 - 5

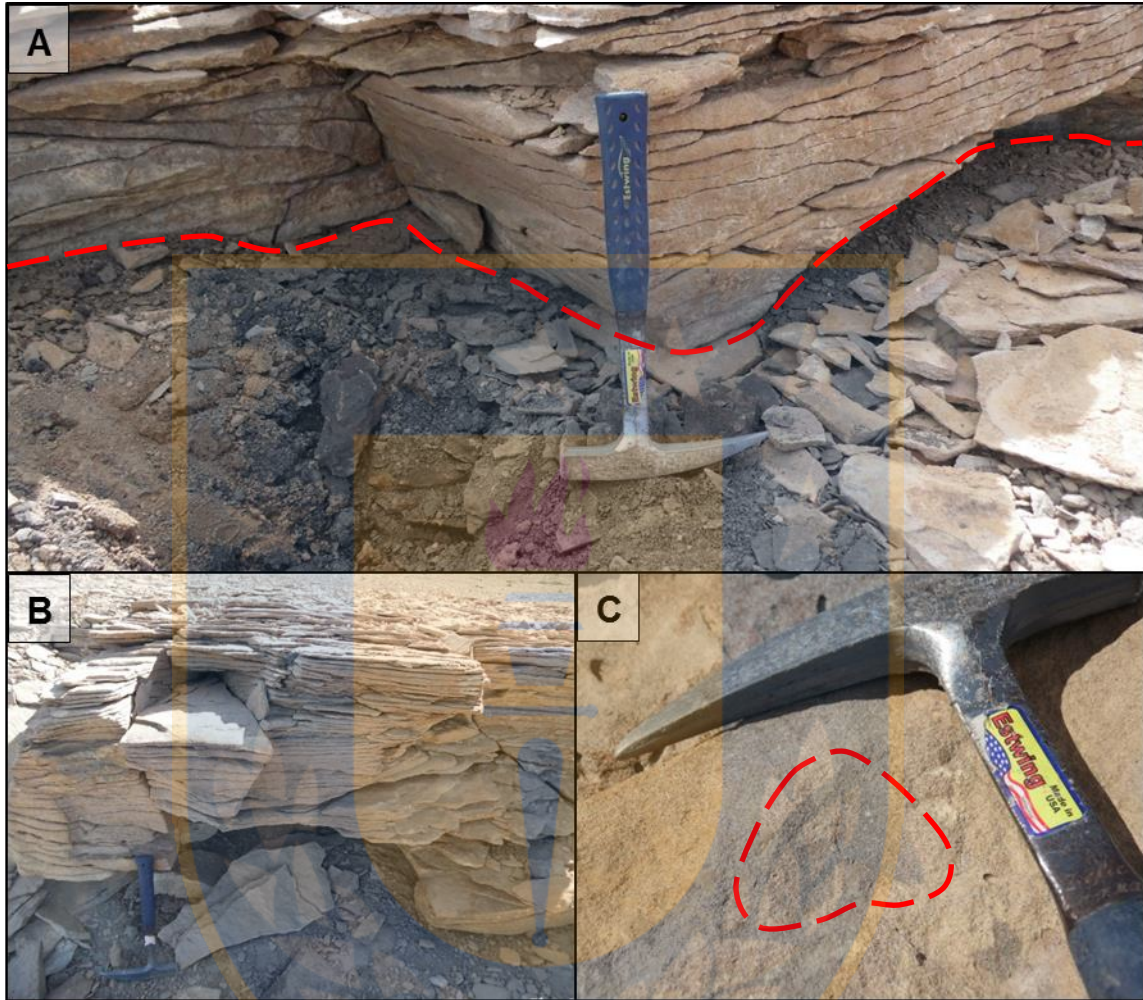
- 0,3 m de tramo cubierto.
- 0,15 m de arenisca media a gruesa (Figura 3.22) con lentes de restos vegetales y estratificación paralela, clasificada como subarcosa según Folk (1968). El color de la roca es gris claro en superficie fresca y pardo oscuro a amarillento claro en la superficie alterada debido a oxidación. La selección de los granos es moderada y la fábrica clasto soportada. Se compone de cuarzo, plagioclasa, máficos (piroxeno), micas (biotita y muscovita) y líticos volcánicos, de formas subprismáticas y subangulosas, en menor medida subredondeadas (Anexo N°1: SC9M3. Descripción Macroscópica). Hay abundantes restos vegetales carbonizados y efervescencia débil.



**Figura 3.22.** Afloramiento de arenisca media a gruesa con restos vegetales en paquete de 15 cm de espesor.

- 0,2 m de arenisca media a gruesa, buena selección, granos de cuarzo, plagioclasa, máficos, micas y líticos volcánicos, principalmente subprismáticos y subangulares, igual a la primera arenisca descrita.
- 0,2 m de tramo cubierto.
- 0,3 m de arenisca de grano fino a muy fino (Figura 3.23 - A), del tipo sublitarenita según clasificación de Folk (1968). La roca es de color gris claro en superficie fresca y pardo oscuro en la superficie alterada debido a una fuerte oxidación, posee fábrica clasto soportada y selección moderada. Se constituye de granos de cuarzo, plagioclasa, ferromagnesianos (piroxeno), micas (muscovita) y líticos volcánicos, en general con formas subangulares a subredondeados y esféricas a subprismáticas (Anexo N°1: SC9M2. Descripción Macroscópica). Restos vegetales carbonizados, en algunos casos en lentes milimétricos, los cuales aumentan ligeramente de tamaño hacia el techo.
- 1,6 m de arenisca media a gruesa con estratificación paralela (Figura 3.23 - B), subarcosa según clasificación de Folk (1968). Es de color pardo anaranjado a amarillento en las superficies alteradas (oxidación) y gris claro en superficie fresca, posee buena selección, fábrica clasto soportada y efervesce con HCl. Se compone de abundante cuarzo, plagioclasa, ferromagnesianos (piroxeno), micas (muscovita y biotita) y líticos volcánicos, estos granos son, en general, subprismáticos y subangulares (Anexo N°1: SC9M1. Descripción Macroscópica). Tiene costras calcáreas, trazas fósiles de

*Thalassinoides* isp. mal conservadas, restos de hojas carbonizadas (Figura 3.23 - C) y, en el techo del estrato, ammonites fracturados (Anexo N°3: SC9F1. Descripción de Fósiles).

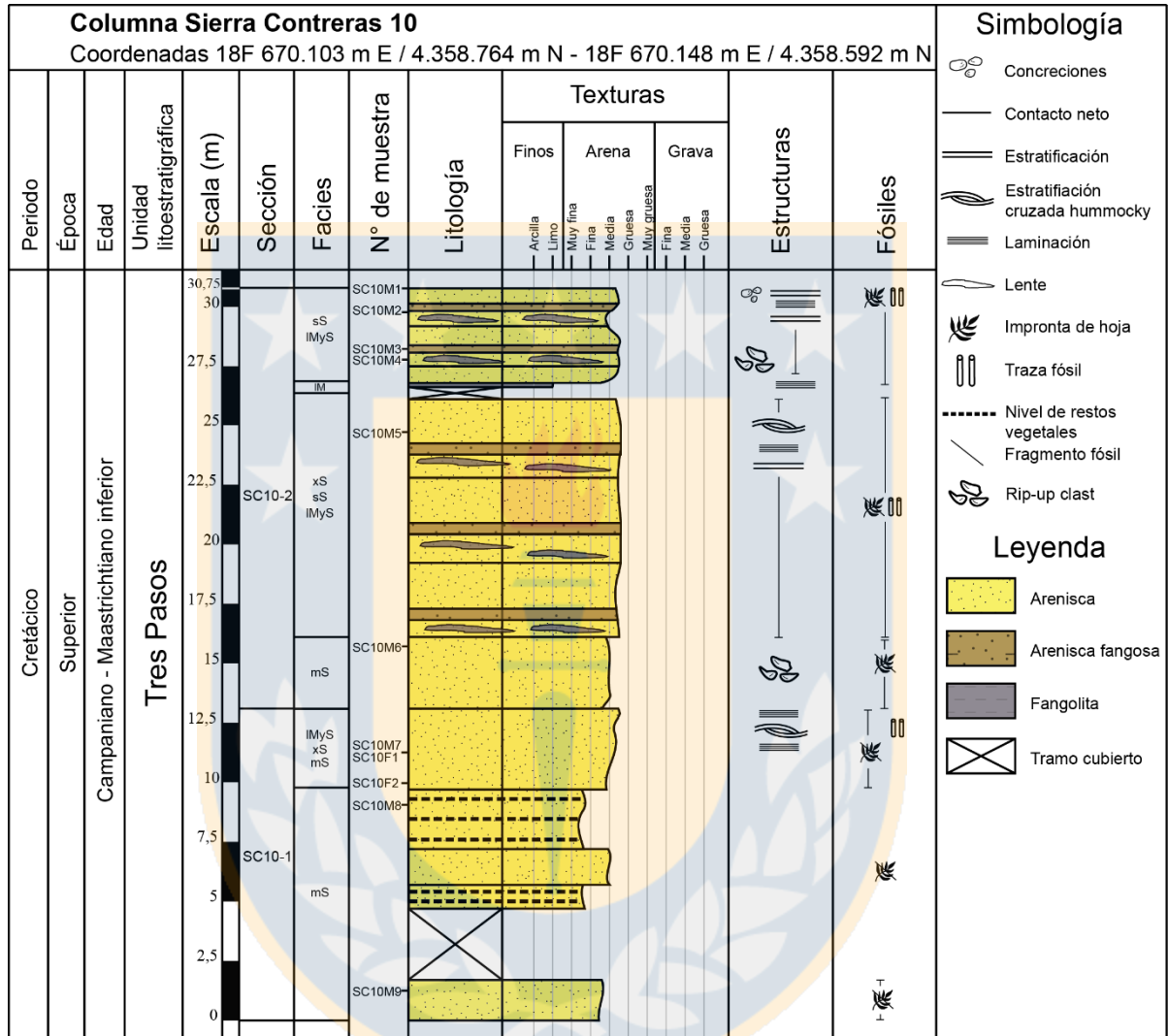


**Figura 3.23.** A) Contacto entre arenisca media a gruesa (arriba) y arenisca fina a muy fina (abajo). B) Sección de arenisca con estratificación paralela. C) Impronta mal conservada de fragmento fósil de hoja sin identificar en arenisca.

### 3.2.6. Columna estratigráfica SC10

La columna tiene un espesor total de 30,75 m y está constituida casi en su totalidad por areniscas de grano medio, intercalada en ocasiones con areniscas finas o fangosas. Abundan fragmentos de restos de vegetales carbonizados y, en menor medida, trazas fósiles tubulares, concreciones calcáreas y estructuras con estratificación y laminación paralela (Figura 3.24). Esta secuencia inicia en el punto 18F 670.103 m E / 4.358.764 m N, a 931 m de altura, aproximadamente 2,25 m

más abajo de la columna anterior y finaliza en el punto 18F 670.148 m E / 4.358.592 m N, a 891 m de altura. El rumbo y manteo varía desde N20°W/10°NE, en la base, a N15°W/4°NE, en el techo de la secuencia.



**Figura 3.24.** Columna estratigráfica SC10.

### Sección SC10 - 1

- 1,7 m de arenisca de grano medio a fino, subarcosa según Folk (1968), de color gris claro en superficie fresca y pardo anaranjado en las secciones alteradas. La selección es moderada y la fábrica clasto soportada. Los granos en general son subredondeados y subprismáticos, en menor medida esféricos, y se constituyen de cuarzo, plagioclasa, micas

(muscovita y biotita) y ferromagnesianos (piroxeno) (Anexo N°1: SC10M9. Descripción Macroscópica). Adicionalmente contiene restos vegetales escasos.

- 3 m de tramo cubierto.
- 1 m de intercalaciones de arenisca fina a muy fina y capas milimétricas de restos vegetales. La arenisca presenta una tonalidad gris clara en superficie fresca, mientras que en superficies alteradas es de color pardo grisáceo, selección buena y fábrica clasto soportada. Se compone de cuarzo, plagioclasas y, en menor medida, ferromagnesianos, micas y líticos volcánicos.
- 1,5 m de arenisca media con escasos restos vegetales, color gris claro en superficie fresca y pardo anaranjado en superficie alterada por oxidación, selección buena, con granos de cuarzo, ferromagnesianos (piroxeno y anfíbol), plagioclasa y líticos volcánicos, en general subangulares y subprismáticos, en menor medida esféricos.
- 2,5 m de arenisca de grano fino a muy fino, intercalada con niveles milimétricos de restos vegetales carbonizados. El color de la roca es gris claro en superficie fresca y pardo grisáceo amarillento en superficie alterada. La selección de las areniscas es buena y la fábrica clasto soportada, los granos son principalmente subredondeados a redondeados y subprismáticos, correspondientes a cuarzo, plagioclasas, escasos ferromagnesianos (piroxeno), micas (muscovita y biotita) y líticos volcánicos (Anexo N°1: SC10M8. Descripción Macroscópica). El espesor de las capas es de 10 cm para las areniscas y apenas un par de milímetros para los niveles de materia orgánica.
- 1,5 m de arenisca media de color pardo anaranjado en superficie alterada. Compuesta de granos de cuarzo, ferromagnesianos, plagioclasa y líticos volcánicos, en general subangulares y subprismáticos, en menor medida esféricos. Adicionalmente posee contenido fosilífero de origen vegetal (Anexo N°3: SC10F2. Descripción de Fósiles).
- 0,1 m de arenisca fangosa fina a muy fina con restos vegetales carbonizados y laminación paralela (Figura 3.25) subarcosa según clasificación de Folk (1968), de color gris claro en roca fresca y pardo oscuro a anaranjado de alteración, selección moderada y fábrica clasto soportada. Granos de cuarzo, plagioclasa, micas (muscovita y biotita) y máficos (piroxeno), principalmente subredondeados y subprismáticos (Anexo N°1: SC10M7. Descripción Macroscópica). Los restos vegetales, de los cuales se identifica uno como



miembro de la División Spermatophyta (Anexo N°3: SC10F1. Descripción de Fósiles), se concentran en lentes en algunos casos.

- 0,3 m de arenisca media con escasos restos vegetales carbonizados y estratificación cruzada hummocky (Figura 3.25), de color pardo anaranjado en superficie alterada. Se compone de granos de cuarzo, ferromagnesianos (piroxeno y anfíbol), plagioclasa y líticos volcánicos, en general subangulares y subprismáticos, llegando a esféricos en algunos casos.



**Figura 3.25.** Intercalación de, en la parte inferior, arenisca fangosa con restos vegetales carbonizados y laminación paralela, y, en la parte superior, arenisca con escasos restos vegetales y estratificación cruzada hummocky.

- 0,3 m de tramo cubierto.
- 0,1 m de arenisca fangosa de grano medio a levemente grueso, con laminación paralela, restos vegetales, color gris claro en superficie fresca, selección moderada. Compuesta de granos de cuarzo, plagioclasa, máficos y micas, principalmente subredondeados y subprismáticos.

- 0,6 m de arenisca media con trazas fósiles tubulares de *Skolithos* isp., fábrica clasto soportada, escasos restos vegetales carbonizados, buena selección, color gris claro. Se compone de cuarzo, ferromagnesianos (piroxeno y anfíbol), plagioclasa y líticos volcánicos, en general subangulares y subprismáticos.
- 0,3 m de tramo cubierto.
- 0,1 m de arenisca fangosa con restos vegetales, de grano medio a levemente grueso, color gris claro en superficie fresca y gris parduzco de alteración, selección moderada, fábrica clasto soportada y laminación paralela. Se compone de granos de cuarzo, plagioclasa, máficos (piroxeno) y micas (biotita y muscovita), principalmente subredondeados y subprismáticos.
- 0,1 m de fangolita gris oscura con laminación paralela.

### Sección SC10 - 2

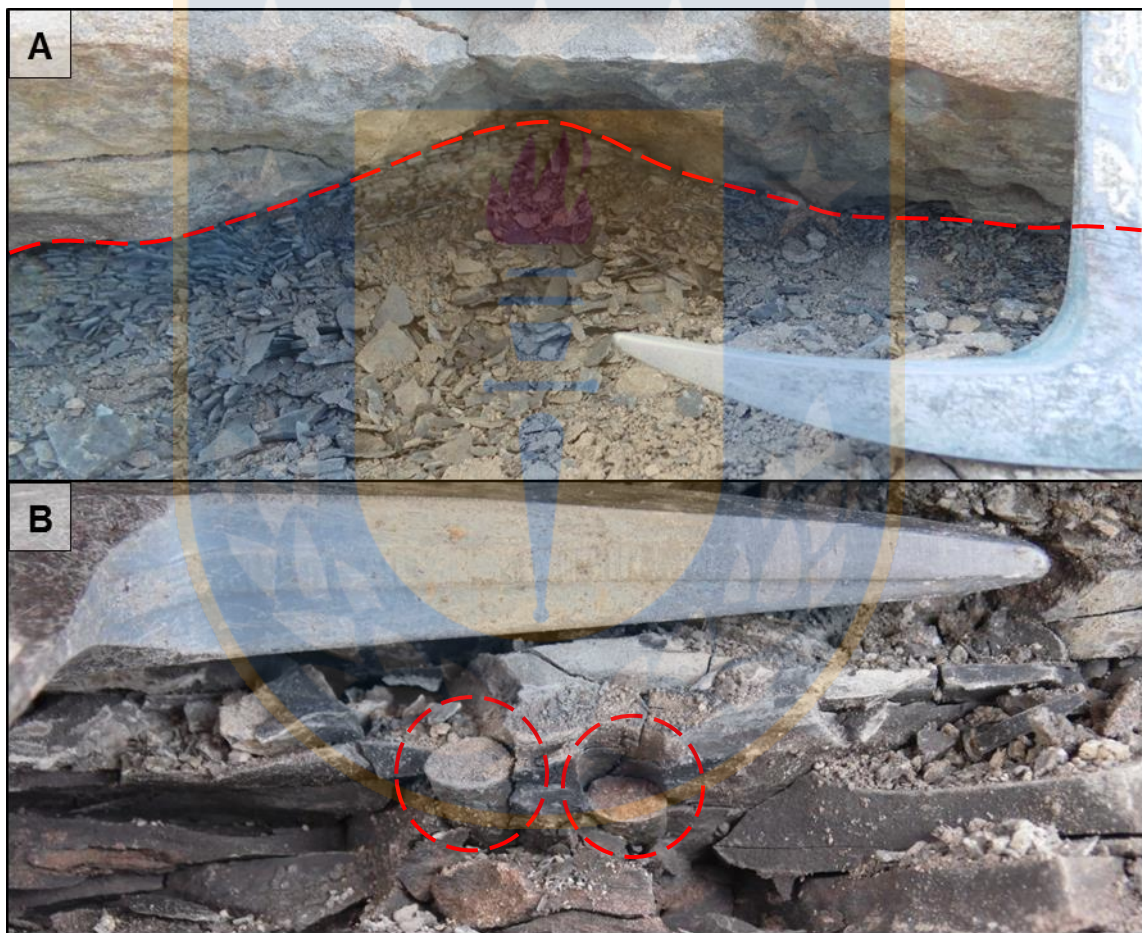
- 3 m de arenisca de grano medio, subarcosa según la clasificación de Folk (1968), selección buena, fábrica clasto soportada, color gris claro en superficie fresca y pardo anaranjado en superficie alterada por oxidación. Contiene escasos restos vegetales carbonizados y eventualmente es posible encontrar clastos de fangolita (Figura 3.26). Se



**Figura 3.26.** Niveles con clastos de fangolita en arenisca. En la imagen se distinguen dos niveles bien marcados de 10 cm de ancho, separados, aproximadamente, 20 cm el uno del otro.

distinguen granos de cuarzo, ferromagnesianos (piroxeno y anfíbol), plagioclasa y líticos volcánicos, en general subangulares y subprismáticos, en menor medida esféricos (Anexo N°1: SC10M6. Descripción Macroscópica). La roca efervesce, particularmente en las fracturas.

- 10 m de secuencia de arenisca, arenisca fangosa con restos vegetales y arenisca con lentes de fangolita, de aproximadamente 10 cm de espesor (Figura 3.27 - A), además de trazas fósiles tubulares de *Skolithos* isp. (Figura 3.27 - B). La primera es de grano medio a levemente grueso, subarcosa según Folk (1968), de un color gris claro en superficie fresca



**Figura 3.27.** A) Lente de fangolita en arenisca, con 10 cm de alto y 30 cm de ancho aproximadamente. B) Trazas de *Skolithos* isp. dispuestas en forma vertical dentro del lente de fangolita.

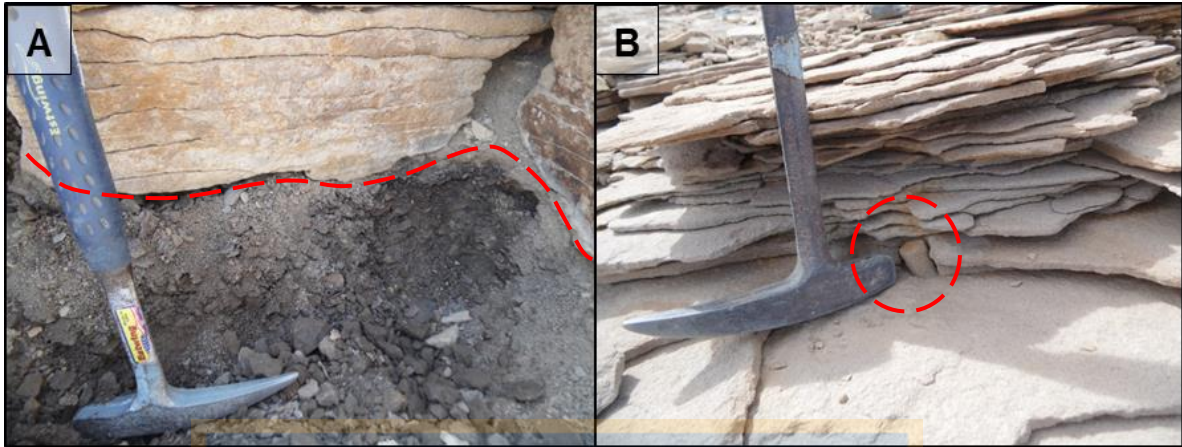
y pardo anaranjado a amarillento en superficie alterada, posee estratificación cruzada hummocky (Figura 3.28 - A) y fábrica clasto soportada, la selección es moderada a mala.

Contiene escasos restos vegetales, se distinguen además granos de cuarzo, ferromagnesianos (piroxeno) y micas (muscovita y biotita), principalmente subredondeados y esféricos (Anexo N°1: SC10M5. Descripción Macroscópica). La arenisca fangosa es de grano medio a levemente grueso, de color gris claro en superficie fresca y gris parduzco en superficie alterada, de selección moderada y fabrica clasto soportada. Se compone de cuarzo, plagioclasa, minerales máficos y micas. Las areniscas con lentes de fangolitas son de grano medio, color gris parduzco claro en superficie fresca y pardo oscuro en superficie de alteración, su composición y estructuras son similares a las de la arenisca anterior. Los espesores en la secuencia son del orden de 0,5 cm para las areniscas con restos vegetales, 20 cm para las areniscas con lentes de fangolita y 50 a 70 cm para las areniscas de grano medio a grueso (Figura 3.28 - B).



**Figura 3.28.** A) Areniscas medias a gruesas con estratificación cruzada hummocky B) Intercalación de areniscas de grano medio, areniscas con lentes de fangolita y areniscas con restos vegetales.

- 0,5 m de tramo cubierto.
- 0,15 m de fangolita gris oscura con laminación paralela (Figura 3.29 - A).
- 4 m de secuencia de arenisca, arenisca con restos vegetales y arenisca con lentes de fangolita. La primera se caracteriza por la presencia de concreciones calcáreas, las cuales efervescen localmente, grano medio a levemente grueso y estratificación paralela. Es de color pardo anaranjado a amarillento en superficie alterada, debido a la abundante oxidación, y gris claro en superficie fresca. La selección de esta es moderada y la fábrica clasto soportada. Se distinguen granos de cuarzo, plagioclasa, micas (muscovita), ferromagnesianos (piroxeno y anfíbol) y líticos volcánicos, en general subredondeados y esféricos a subprismáticos (Anexo N°1: SC10M1. Descripción Macroscópica). Contiene trazas fósiles tubulares de *Skolithos* isp. (Figura 3.29 - B) y escasos restos vegetales. Las concreciones alcanzan hasta 0,5 m de diámetro y tienen lentes de fangolita. En la parte media de la sección aparecen areniscas de grano medio con lentes centimétricos de fangolita, color gris parduzco claro en superficie fresca y pardo oscuro a anaranjado de alteración, con buena selección, fábrica clasto soportada y compuesta por granos de cuarzo, plagioclasa, máficos (piroxeno y anfíbol) y micas (biotita), principalmente subangulosos y subprismáticos a esféricos (Anexo N°1: SC10M2. Descripción Macroscópica). Por último, la arenisca con restos vegetales, es una arenisca fangosa de grano medio a levemente grueso con laminación paralela, de color gris claro en superficie fresca y gris parduzco de alteración, selección moderada, fábrica clasto soportada, granos de cuarzo, plagioclasa, máficos (piroxeno) y micas (biotita y muscovita), principalmente subredondeados y subprismáticos (Anexo N°1: SC10M3. Descripción Macroscópica). Aparece nuevamente una arenisca con lentes de fangolita, color gris parduzco oscuro y con restos vegetales. Esta es de grano medio a grueso con estratificación paralela, clasificada como arcosa lítica según Folk (1968), tiene selección moderada, fábrica clasto soportada, color gris parduzco claro en superficie fresca, pardo oscuro a anaranjado de alteración y granos de cuarzo, plagioclasa, máficos (anfíbol y piroxeno) y micas (muscovita y biotita), los cuales se caracterizan por ser subangulares a subredondeados y subprismáticos a esféricos, principalmente, además efervesce (Anexo N°1: SC10M4. Descripción Macroscópica). Las tres últimas muestras son extraídas a 1 m del techo aproximadamente.



**Figura 3.29.** A) Contacto entre arenisca, en la parte superior, y fangolita, parte inferior B) Traza fósil de *Skolithos* isp. dispuesta en forma vertical dentro de una arenisca media.

### 3.3. Columna Estratigráfica General

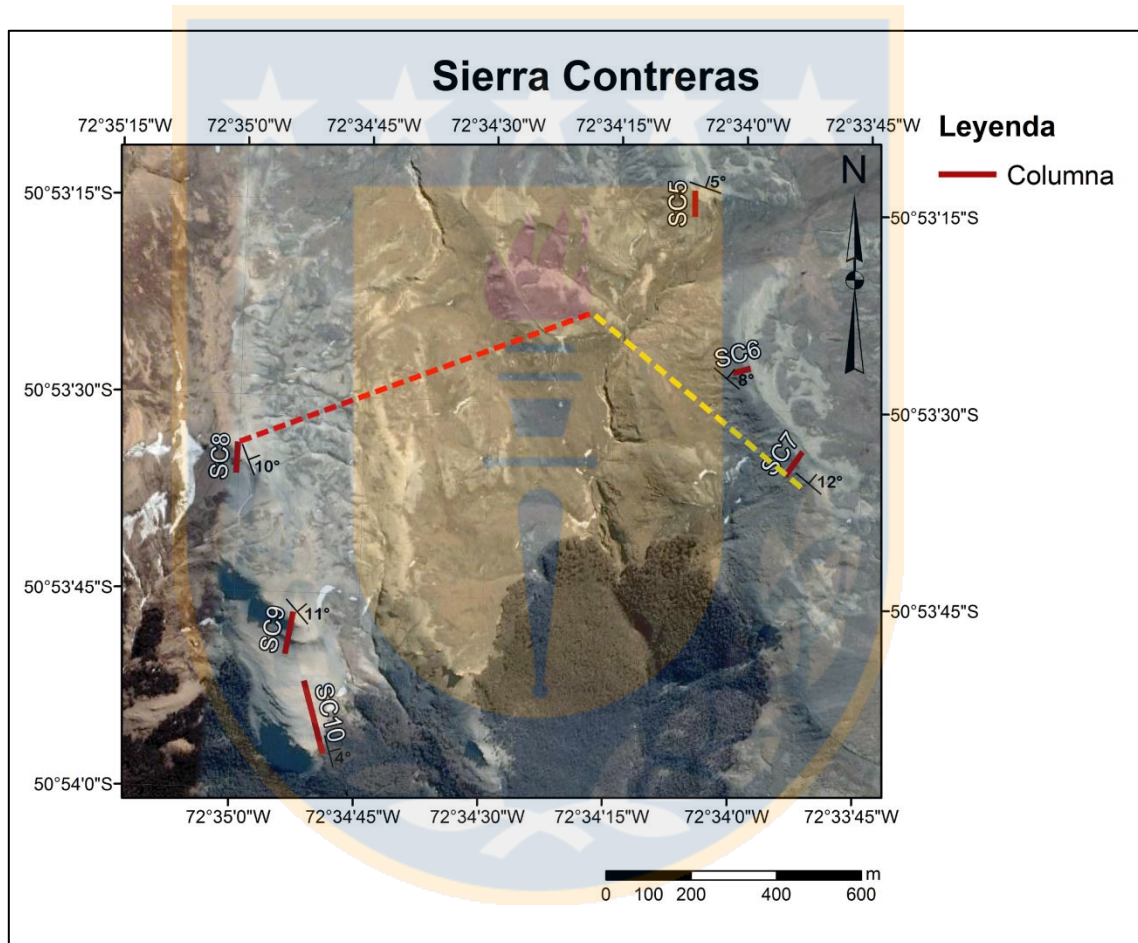
Debido a la disposición de los estratos y afloramientos de estos a lo largo de la sierra, la correlación entre las distintas columnas confeccionadas es sencilla, requiriendo una combinación de observación directa y de imágenes satelitales, además de trigonometría básica para calcular de manera más precisa los espacios entre ellas, usando para ello la proyección teórica de los estratos en el plano. No obstante, pese a que no se han reconocido fallas o indicios de ellas entre los estratos de las columnas, este cálculo es netamente especulativo ya que la inclinación de los estratos (manteo) varía a lo largo de la secuencia por lo que no es posible calcular el valor exacto entre las columnas más distantes entre sí, como es el caso entre la columna SC7 y SC8 (Figura 3.30).

La columna abarca un total de 234,9 m de intercalaciones rítmicas de areniscas, areniscas fangosas, fangolitas arenosas y fangolitas en distintas proporciones, estas contienen diversas especies fósiles y estructuras tales como laminación y estratificación, trazas fósiles (*Skolithos* isp., *Thalassinoides* isp., *Palaeophycus* isp. y *Rhizocorallium* isp.) y variaciones laterales en el espesor de los estratos, areniscas principalmente, formando cuñas en algunos casos.

En términos generales, la secuencia estratigráfica es muy rica en cuanto a su contenido de material orgánico, siendo de origen vegetal en la mayoría de los casos, aunque estos en muchas ocasiones se encuentra pobremente conservado de modo que su identificación y clasificación no

es posible, salvo contadas excepciones como en el caso de fragmentos leñosos y restos de hojas en los que se puede identificar estructuras foliares tales como nervadura central, secundaria y forma, entre otras características, además de palinomorfos de diversas clases con grados de conservación variable.

Por otro lado, existe escaso registro de invertebrados de poca diversidad, siendo representados por tres géneros de moluscos marinos (*Turritella* sp., *Baculites* sp. y *Hoplitoplacenticeras* conf.) mientras que no fue posible constatar la presencia de vertebrados de ningún tipo.



**Figura 3.30.** Cálculo de distancia (en la vertical) entre columnas. La línea segmentada roja muestra la proyección del estrato del techo de la columna SC8 (manteo), bajando en la cota. La línea segmentada amarilla representa la proyección del plano horizontal del estrato de la base de la columna SC7, usando como base el rumbo del estrato. La intersección entre ambas marca el punto en donde se hace el cálculo.

## 4. PALINOLOGÍA

La palinología es una disciplina de la botánica dedicada al estudio del polen y las esporas. Desde sus inicios ha demostrado ser muy útil para determinar la posición estratigráfica de las rocas sedimentarias pre - cuaternarias, especialmente aquellas depositadas en ambiente continental (Ybert y otros, 2012). Sin embargo, desde la década de 1940 se ha establecido como la principal técnica de reconstrucción paleoambiental primaria tanto del Cuaternario como del pre - Cuaternario. Los análisis palinológicos también son importantes para la bioestratigrafía y la reconstitución paleogeográfica de las cuencas sedimentarias (Ybert y otros, 2012), debido a su gran resistencia a la putrefacción y su alta capacidad de fosilización, además de su amplia distribución geográfica y temporal (Saenz De Rivas, 1976).

La determinación taxonómica de los granos de polen de Gimnospermas y Angiospermas, así como las esporas de Pteridofitas contenidas en sedimentos o muestras misceláneas, se basa en la comparación de elementos desconocidos con una colección de referencia o datos de literatura. (Ybert y otros, 2012), centrándose en el análisis de la morfología externa, que presenta patrones estructurales propios para cada grupo (Saéñz Laín, 2004).

Para este trabajo se analizarán 6 muestras, extraídas de sedimentos finos de las distintas columnas estratigráficas realizadas, y preparadas en el Laboratorio de Biorecursos Antárticos mediante descomposición con HCl y, posteriormente, HF. Dichas muestras se rotulan como SC7P1, SC8P1, SC8P2, SC8P3, SC9P1 y SC9P2. La descripción y la clasificación de los ejemplares se basan principalmente en el trabajo de Pavilauskas (2010), siendo complementado con trabajos varios, tales como Lyck y Stemmerik (2000) y Peyrot y otros (2019). Cabe destacar, que el objetivo de este análisis estadístico es netamente complementario al estudio geológico, aportando información a la interpretación paleoclimática.

Los especímenes estudiados se agrupan en esporas de Pteridófitas, polen de Gimnospermas, polen de Angiospermas y un último grupo que incluye las esporas de algas, esporas de hongos y al género *Palaeocystodinium* sp. (Dinoflagelado) (Tabla 4.1).



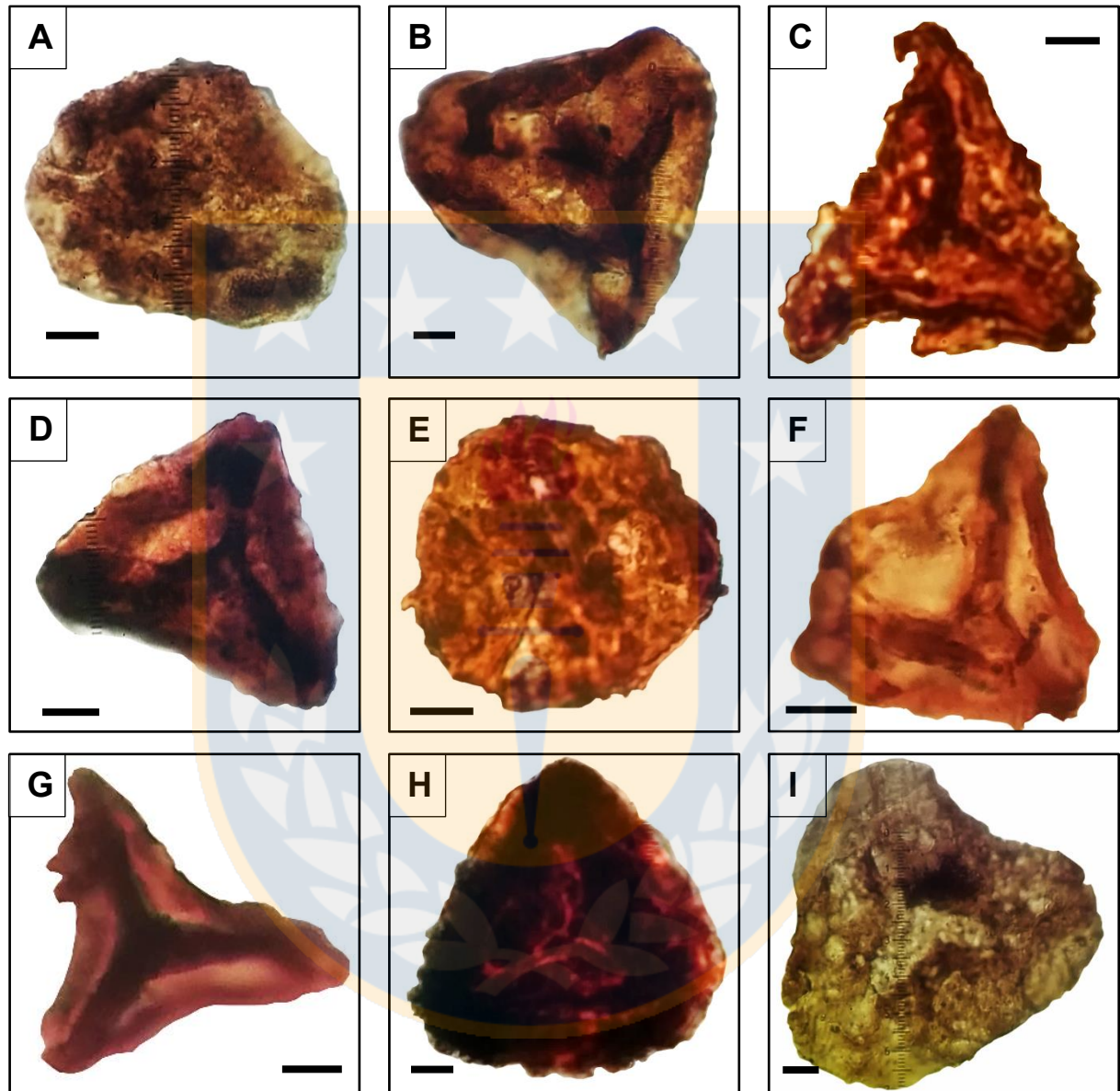
## 4.1. Esporas de Pteridófitas

Las Pteridófitas, generalmente conocidas como helechos y afines, son plantas vasculares (Tracheofitas) que no generan semillas, sino que se reproducen a través de esporas (al igual que las Briófitas), tienen estructuras primitivas y suelen hallarse en climas húmedos, aunque existen especies que habitan zonas áridas, en climas templados o tropicales.

**Tabla 4.1.** Lista de palinomorfos identificados en cada muestra, junto a su afinidad botánica correspondiente.

Especie	Muestra						Afinidad botánica
	SC7P1	SC8P1	SC8P2	SC8P3	SC9P1	SC9P2	
<b>Pteridófitas</b>							
<i>Baculatisporites</i> sp.	X	X	X	X	X	X	Familia Osmundaceae
<i>Biretisporites</i> sp.	X	X	X	X	X	X	Familia Schizaeaceae
<i>Clavifera</i> sp.	X	X			X	X	Familia Gleicheniaceae
<i>Cyathidites</i> sp.	X	X	X	X	X	X	Familia Cyatheaceae
<i>Deltoidospora</i> sp.		X	X	X		X	Familias Gleicheniaceae y Cyatheaceae
<i>Gleicheniidites</i> sp.	X	X	X	X	X	X	Familia Gleicheniaceae
<i>Ischyosporites</i> sp.	X	X	X	X	X	X	Familia Gleicheniaceae
<b>Gimnospermas</b>							
<i>Araucariacites</i> sp.	X	X	X	X	X	X	Familia Araucariaceae
<i>Classopollis</i> sp.	X	X	X	X	X	X	Familia Cheirolepidiaceae
<i>Podocarpidites</i> sp.		X	X		X	X	Familia Podocarpaceae
<i>Taxodiaceapollenites</i> sp.				X	X		Familias Cupressaceae y Taxodiaceae
<i>Trichotomosulcites</i> sp.	X	X	X	X		X	Familia Podocarpaceae
<b>Angiospermas</b>							
<i>Arecipites</i> sp.	X	X	X	X	X	X	Familia Arecaceae
<i>Ericipites</i> sp.	X	X	X	X	X		Familia Epacridaceae o Ericaceae
<i>Forcipites</i> sp.	X	X	X		X	X	Angiosperma incertae sedis
<i>Peninsulapollis</i> sp.	X	X	X		X	X	Familia Proteaceae
<i>Proteacidites</i> sp.					X	X	Familia Proteaceae
<i>Quadrplanus</i> sp.	X	X			X		Dicotyledonae
<i>Rhoipites</i> sp.	X	X	X	X	X		Dicotyledonae
<b>Otros</b>							
Espora de alga	X	X	X	X	X	X	-
Espora de hongo	X	X	X	X	X	X	-
<i>Palaeocystodinium</i> sp.					X	X	-

Los géneros de esporas reconocidos dentro de la división Pteridófitas son *Baculatisporites* sp., *Biretisporites* sp., *Clavifera* sp., *Cyathidites* sp., *Deltoidospora* sp., *Gleicheniidites* sp. e *Ischyosporites* sp. (Figura 4.1).

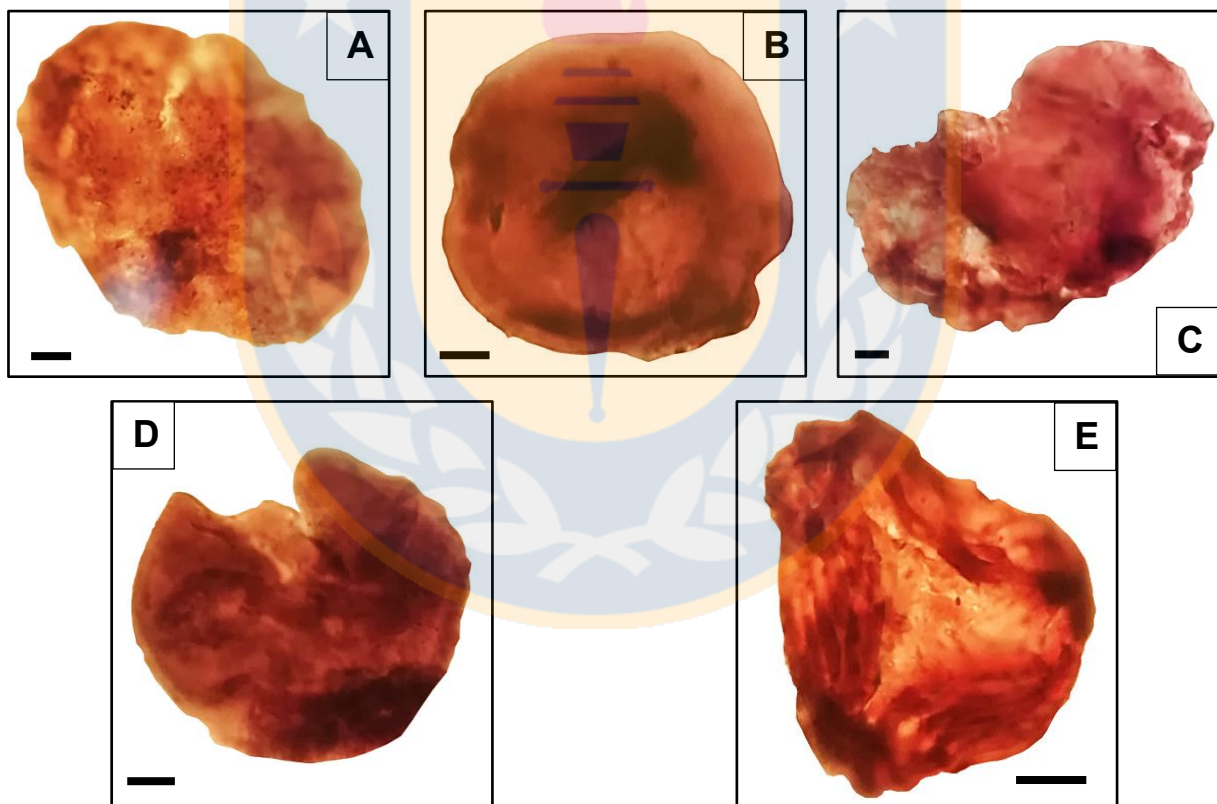


**Figura 4.1.** Esporas de Pteridófitas. A) *Baculatisporites* sp. B) *Biretisporites* sp. C) *Clavifera* sp. D) *Cyathidites* sp. E) *Deltoidospora* sp. F y G) *Gleicheniidites* sp. H) e I) *Ischyosporites* sp. Barra de escala equivale a 10  $\mu\text{m}$ .

## 4.2. Gimnospermas

Las gimnospermas son plantas vasculares espermatofitas, es decir, productoras de semillas, con troncos leñosos de porte variado. Desde el punto de vista de la palinología, los granos de polen de las gimnospermas pueden dividirse en dos grandes grupos: no sacados y sacados. Los primeros tienen formas esféricas, discoidales, ovaladas, cilíndricas o fusiformes. Mientras que los segundos constan de un cuerpo central y varios sacos aeríferos los que les permiten una amplia dispersión con el viento. Aparecieron hace unos 350 millones de años y fueron la vegetación dominante durante el final del Paleozoico y comienzos del Mesozoico. A pesar de encontrarse actualmente en todo el mundo, suelen ser la vegetación dominante en regiones frías y árticas.

Las especies reconocidas en este grupo corresponden a *Araucariacites* sp., *Classopollis* sp., *Podocarpidites* sp., *Taxodiaceapollenites* sp. y *Trichotomosulcites* sp. (Figura 4.2).

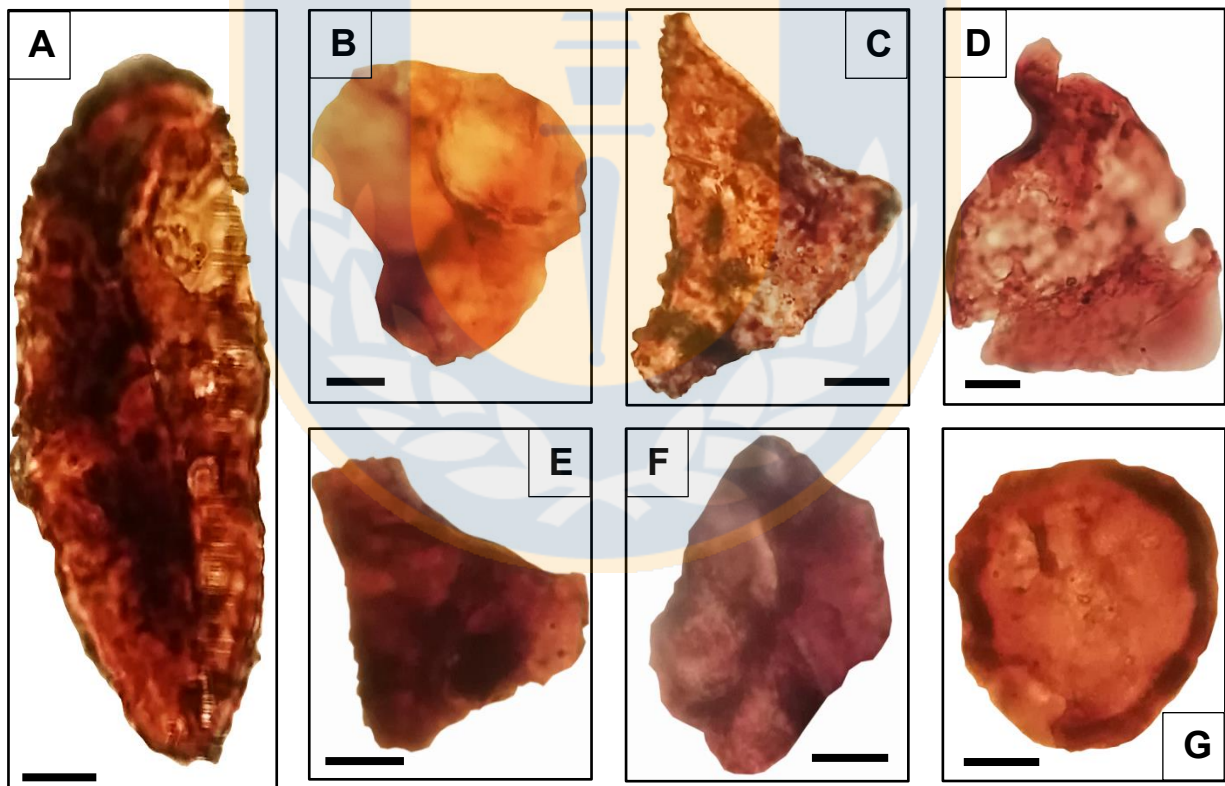


**Figura 4.2.** Polen de Gimnospermas. A) *Araucariacites* sp. B) *Classopollis* sp. C) *Podocarpidites* sp. D) *Taxodiaceapollenites* sp. E) *Trichotomosulcites* sp. Barra de escala equivale a 10  $\mu\text{m}$ .

### 4.3. Angiospermas

Las plantas angiospermas, conocidas comúnmente como plantas con flores, son plantas vasculares con semillas encerradas o vestidas (en alusión a los frutos). Se denominan como tal a la última línea de plantas que se diversificó y que actualmente es la más diversa en cuanto a número de especies y abundancia, siendo climas tropicales y húmedos donde su diversidad de especies es mucho más alta, dominando el paisaje. Tal diversidad se ve reducida y empobrecida hacia latitudes más altas y climas más fríos, donde actualmente dominan las gimnospermas. Las angiospermas pueden dividirse en dos clases: monocotiledóneas y dicotiledóneas, donde los granos de las primeras suelen ser monoaperturados o no aperturados, mientras que las otras pueden ser no aperturados, monoaperturados a pluriaperturados.

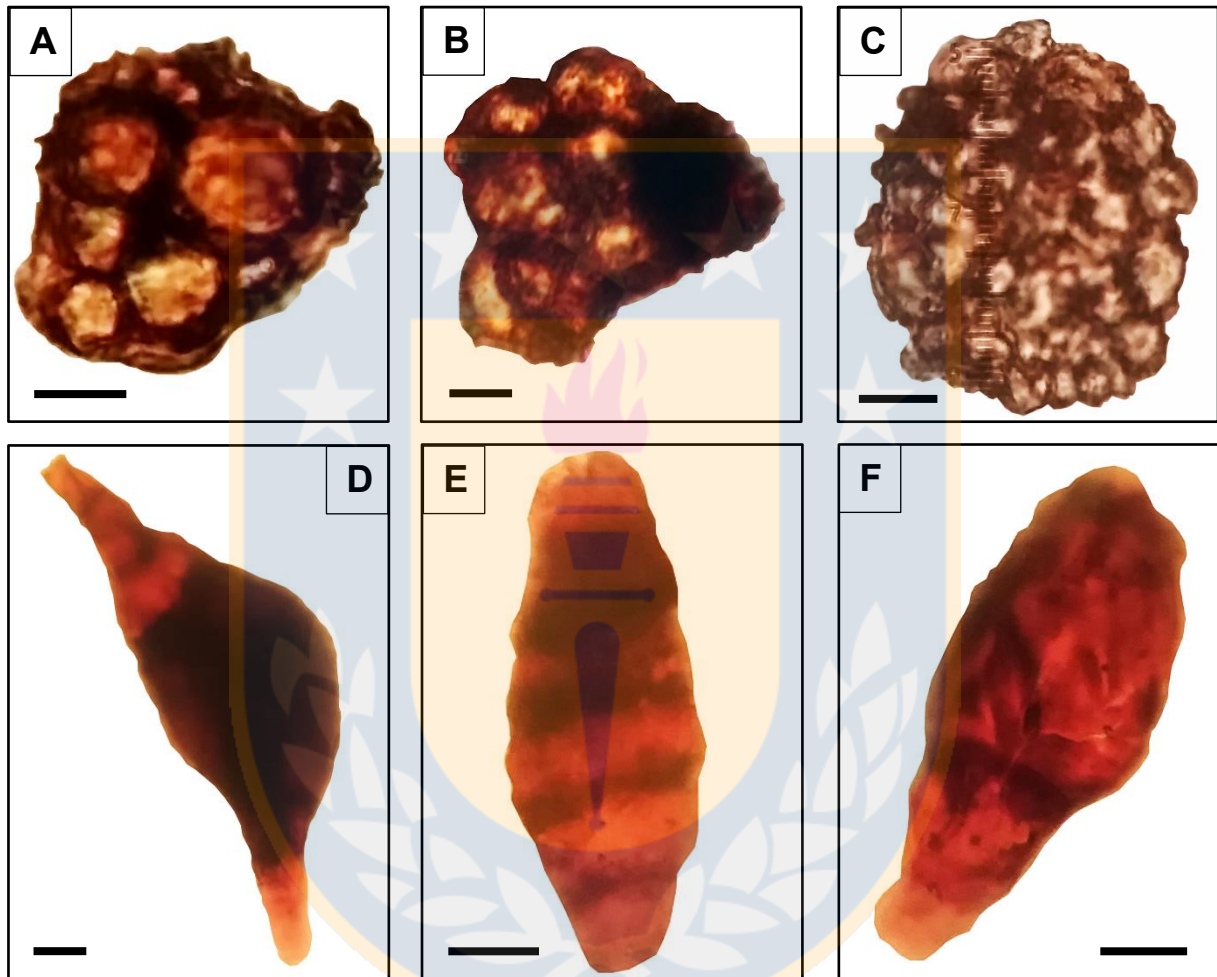
Los géneros identificados corresponden a *Arecipites* sp., *Ericipites* sp., *Forcipites* sp., *Peninsulapollis* sp., *Proteacidites* sp., *Quadrplanus* sp. y *Rhoipites* sp. (Figura 4.3).



**Figura 4.3.** Polen de Angiospermas. A) *Arecipites* sp. B) *Ericipites* sp. C) *Forcipites* sp. D) *Peninsulapollis* sp. E) *Proteacidites* sp. F) *Quadrplanus* sp. G) *Rhoipites* sp. Barra de escala equivale a 10 µm.

#### 4.4. Palinomorfos: esporas de algas, hongos y Dinoflagelados

Además de los 3 grupos principales ya mencionados, existe también diversidad de esporas de algas y de hongos, además de algunos Dinoflagelados, específicamente *Palaeocystodinium* sp., (Figura 4.4) y otros palinomorfos sin identificar debido a su pobre estado de conservación.



**Figura 4.4.** Palinomorfos varios. A, B y C) Espora de alga. D) *Palaeocystodinium* sp. E y F) Espora de hongo. Barra de escala equivale a 10  $\mu\text{m}$ .

#### 4.5. Resultados

##### 4.5.1. Muestra SC7P1

Esta muestra es tomada de una fangolita arenosa, la cual se intercala con areniscas finas en la columna estratigráfica SC7. Consta de un total de 198 especímenes que, a pesar del pobre estado

de conservación, es posible clasificar en 17 especies distintas, destacando la predominancia del grupo de Pteridófitas. Por otro lado, la especie más abundante corresponde a esporas de hongos y *Gleicheniidites* sp., con un total de 35 y 32 individuos, es decir 17,68 % y 16,16 % del total de la muestra, respectivamente. Cabe destacar, que de las muestras tratadas y estudiadas esta resultó ser la más fértil de todas (Tabla 4.2).

**Tabla 4.2.** Lista de palinomorfos y sus frecuencias absolutas, relativas y porcentuales en la muestra SC7P1.

<b>Especie</b>	<b>Frecuencia Absoluta</b>	<b>Frecuencia Relativa</b>	<b>Frecuencia Porcentual</b>
<b>Pteridófitas</b>			
<i>Baculatisporites</i> sp.	3	0,02	1,52
<i>Biretisporites</i> sp.	7	0,04	3,54
<i>Clavifera</i> sp.	4	0,02	2,02
<i>Cyathidites</i> sp.	5	0,03	2,53
<i>Gleicheniidites</i> sp.	32	0,16	16,16
<i>Ischyosporites</i> sp.	15	0,08	7,58
<b>Subtotal</b>	<b>66</b>	<b>0,33</b>	<b>33,33</b>
<b>Gimnospermas</b>			
<i>Araucariacites</i> sp.	13	0,07	6,57
<i>Classopollis</i> sp.	22	0,11	11,11
<i>Trichotomosulcites</i> sp.	4	0,02	2,02
<b>Subtotal</b>	<b>39</b>	<b>0,20</b>	<b>19,70</b>
<b>Angiospermas</b>			
<i>Arecipites</i> sp.	23	0,12	11,62
<i>Ericipites</i> sp.	4	0,02	2,02
<i>Forcipites</i> sp.	5	0,03	2,53
<i>Peninsulapollis</i> sp.	3	0,02	1,52
<i>Quadrplanus</i> sp.	7	0,04	3,54
<i>Rhoipites</i> sp.	6	0,03	3,03
<b>Subtotal</b>	<b>48</b>	<b>0,24</b>	<b>24,24</b>
<b>Otros</b>			
Espora de alga	10	0,05	5,05
Espora de hongo	35	0,18	17,68
<b>Subtotal</b>	<b>45</b>	<b>0,23</b>	<b>22,73</b>
<b>Total</b>	<b>198</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

En cuanto a afinidad botánica, las más representativas son la familia Gleicheniaceae (25,76%) para las Pteridófitas; Cheirolepidiaceae (11,11 %) y Araucariaceae (6,57 %) para las

Gimnospermas, y Arecaceae (11,62 %) y Dicotyledonae (6,57 %) en el caso de las Angiospermas.

#### 4.5.2. Muestra SC8P3

Esta muestra se extrae de la sección inferior de una arenisca fangosa de grano muy fino con abundantes restos de vegetales carbonizados. Con un total de 116 especímenes, la muestra SC8P3 presenta 15 especies de palinomorfos diferentes (Tabla 4.3), donde nuevamente las Pteridofitas dominan en abundancia. La especie *Arecipites* sp. resulta ser la más abundante, seguida de cerca de la especie *Gleicheniidites* sp., 13 y 12 individuos respectivamente, lo que equivale al 11,21 % y 10,34 % del total de la muestra.

La familia de Pteridófitas más abundante corresponde a Gleicheniaceae (15,52 %), seguida de la familia Osmundaceae (9,48 %). En lo que respecta a las Gimnospermas y Angiospermas, sus familias más representativas son Cheirolepidiaceae (9,48 %) y Arecaceae (11,21 %) respectivamente.

#### 4.5.3. Muestra SC8P2

Extraída de la sección media de la arenisca fangosa mencionada anteriormente, esta muestra consta de 152 especímenes y un total de 17 especies, donde nuevamente predominan las Pteridofitas, aunque ligeramente en menor medida que en la sección anterior. Destaca la presencia de *Gleicheniidites* sp. y esporas de algas, cada una alcanzando cerca del 17 % del total de especies de la muestra (Tabla 4.3).

Las familias de palinomorfos más representativas, en cuanto a afinidad botánica, corresponden a Gleicheniaceae (21,05 %), Cyatheaceae (7,24 %) y Osmundaceae (6,58 %) en el caso de Pteridófitas. Las Gimnospermas más abundantes son las Podocarpaceae (7,90 %) y Cheirolepidiaceae (6,58 %) y, en cuanto a las Angiospermas destaca la familia Arecaceae (5,92 %).

#### 4.5.4. Muestra SC8P1

Esta muestra es extraída de la parte superior de la arenisca fangosa de grano muy fino con abundantes restos de vegetales carbonizados mencionada anteriormente, en la columna

estratigráfica SC8. Se reconocen 128 especímenes, divididos en un total de 19 especies, donde la mayoría corresponden al grupo de Pteridófitas (Tabla 4.3).

**Tabla 4.3.** Lista de palinomorfos, sus frecuencias absolutas y porcentuales, en las muestras SC8P1, SC8P2 y SC8P3.

Especie	SC8P1		SC8P2		SC8P3	
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Porcentual	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Porcentual	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Porcentual
<b>Pteridófitas</b>						
<i>Baculatisporites</i> sp.	11	9.48	10	6.58	4	3.13
<i>Biretisporites</i> sp.	8	6.90	9	5.92	12	9.38
<i>Clavifera</i> sp.	X	X	X	X	4	3.13
<i>Cyathidites</i> sp.	10	8.62	11	7.24	13	10.16
<i>Deltoidospora</i> sp.	6	5.17	5	3.29	7	5.47
<i>Gleicheniidites</i> sp.	12	10.34	27	17.76	18	14.06
<i>Ischyosporites</i> sp.	6	5.17	5	3.29	13	10.16
<b>Subtotal</b>	<b>53</b>	<b>45.69</b>	<b>67</b>	<b>44.08</b>	<b>71</b>	<b>55.47</b>
<b>Gimnospermas</b>						
<i>Araucariacites</i> sp.	8	6.90	5	3.29	4	3.13
<i>Classopollis</i> sp.	11	9.48	10	6.58	4	3.13
<i>Podocarpidites</i> sp.	X	X	10	6.58	1	0.78
<i>Taxodiaceapollenites</i> sp.	4	3.45	X	X	X	X
<i>Trichotomosulcites</i> sp.	5	4.31	2	1.32	3	2.34
<b>Subtotal</b>	<b>28</b>	<b>24.14</b>	<b>27</b>	<b>17.76</b>	<b>12</b>	<b>9.38</b>
<b>Angiospermas</b>						
<i>Arecipites</i> sp.	13	11.21	9	5.92	4	3.13
<i>Ericipites</i> sp.	2	1.72	2	1.32	4	3.13
<i>Forcipites</i> sp.	X	X	2	1.32	9	7.03
<i>Peninsulapollis</i> sp.	X	X	3	1.97	8	6.25
<i>Quadruplanus</i> sp.	X	X	X	X	3	2.34
<i>Rhoipites</i> sp.	6	5.17	2	1.32	3	2.34
<b>Subtotal</b>	<b>21</b>	<b>18.10</b>	<b>18</b>	<b>11.84</b>	<b>31</b>	<b>24.22</b>
<b>Otros</b>						
Espora de alga	10	8.62	26	17.11	12	9.38
Espora de hongo	4	3.45	14	9.21	2	1.56
<b>Subtotal</b>	<b>14</b>	<b>12.07</b>	<b>40</b>	<b>26.32</b>	<b>14</b>	<b>10.94</b>
<b>Total</b>	<b>116</b>	<b>100</b>	<b>152</b>	<b>100.00</b>	<b>128</b>	<b>100</b>

Nuevamente la especie *Gleicheniidites* sp. es la más abundante, aunque esta vez sólo con 18 ejemplares, es decir el 14,06 % del total de la muestra.



En cuanto a afinidad botánica las familias más abundantes son Gleicheniaceae (27,34 %) y Cyatheaceae (10,16 %) para las Pteridófitas, Araucariaceae y Cheirolepidiaceae (3,13 % cada una) en las Gimnospermas y Proteaceae (6,25 %) para las Angiospermas.

#### 4.5.5. Muestra SC9P2

Esta muestra es extraída desde la base de una arenisca fangosa muy fina con restos vegetales carbonizados en la columna SC9. El conteo de palinomorfos asciende a 120 ejemplares, los cuales se distribuyen en 18 especies diferentes (Tabla 4.4). La distribución de estos refleja la predominancia, nuevamente, de las Pteridófitas. La especie más abundante corresponde a *Biretisporites* sp., con 16 ejemplares lo que equivale al 13,33 % del total.

Lo que respecta a la afinidad botánica, las familias Gleicheniaceae (15,83 %) y Schizaeaceae (13,33 %) son las más abundantes en las Pteridófitas. En cuanto a Gimnospermas domina la familia Araucariaceae (11,67 %) y en cuanto a Angiospermas la familia Arecaceae (5,83 %). Se registra en este nivel la presencia del Dinoflagelado *Palaeocystodinium* sp. aunque con poca abundancia, 3 individuos que representan el 2,5 % del total de individuos identificados.

#### 4.5.6. Muestra SC9P1

Esta muestra es extraída desde el techo de una arenisca fangosa muy fina con restos vegetales carbonizados, en la columna estratigráfica SC9. Alcanza el total de 189 palinomorfos contados, los cuales se distribuyen en 20 especies diferentes (Tabla 4.4). Estos muestran una distribución similar entre Pteridófitas con respecto a las Angiospermas, sin embargo las primeras siguen predominando en abundancia. La especie *Arecipites* sp. es la más numerosa con 24 individuos, siendo el 12,70 % del total de la muestra.

Las familias de Pteridófitas más abundantes son Gleicheniaceae (15,52 %) y Osmundaceae (9,48 %), mientras que, en cuanto a Gimnospermas, la familia dominante corresponde a Cheirolepidiaceae. Por último, las Arecaceae son la familia que destaca en abundancia entre las Angiospermas. Aparecen en este nivel algunos especímenes del Dinoflagelado *Palaeocystodinium* sp. con poca abundancia, específicamente 4 individuos, o el 2,12 % del total.

**Tabla 4.4.** Lista de palinomorfos, sus frecuencias absolutas y porcentuales, en las muestras SC9P1 y SC9P2.

Especie	SC9P1		SC9P2	
	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Porcentual	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Porcentual
<b>Pteridófitas</b>				
<i>Baculatisporites</i> sp.	3	1.59	8	6.67
<i>Biretisporites</i> sp.	12	6.35	16	13.33
<i>Clavifera</i> sp.	3	1.59	2	1.67
<i>Cyathidites</i> sp.	18	9.52	12	10.00
<i>Deltoideospora</i> sp.	X	X	3	2.50
<i>Gleicheniidites</i> sp.	21	11.11	10	8.33
<i>Ischyosporites</i> sp.	15	7.94	7	5.83
<b>Subtotal</b>	<b>72</b>	<b>38.10</b>	<b>58</b>	<b>48.33</b>
<b>Gimnospermas</b>				
<i>Araucariacites</i> sp.	9	4.76	14	11.67
<i>Classopollis</i> sp.	12	6.35	3	2.50
<i>Podocarpidites</i> sp.	3	1.59	5	4.17
<i>Taxodiaceapollenites</i> sp.	3	1.59	3	2.50
<b>Subtotal</b>	<b>27</b>	<b>14.29</b>	<b>25</b>	<b>20.83</b>
<b>Angiospermas</b>				
<i>Arecipites</i> sp.	24	12.70	7	5.83
<i>Ericipites</i> sp.	7	3.70	X	X
<i>Forcipites</i> sp.	5	2.65	8	6.67
<i>Peninsulapollis</i> sp.	9	4.76	3	2.50
<i>Proteacidites</i> sp.	9	4.76	2	1.67
<i>Quadrplanus</i> sp.	3	1.59	X	X
<i>Rhoipites</i> sp.	3	1.59	X	X
<b>Subtotal</b>	<b>60</b>	<b>31.75</b>	<b>20</b>	<b>16.67</b>
<b>Otros</b>				
Dinoflagelados	4	2.12	3	2.50
Espora de alga	5	2.65	2	1.67
Espora de hongo	21	11.11	12	10.00
<b>Subtotal</b>	<b>30</b>	<b>15.87</b>	<b>17</b>	<b>14.17</b>
<b>Total</b>	<b>189</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>100.00</b>

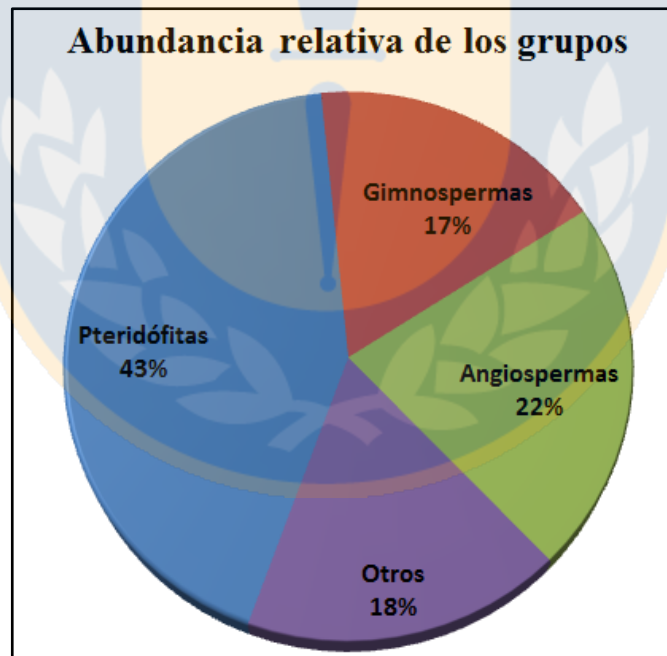
#### 4.6. Análisis

En términos generales, los palinomorfos más abundantes son las Pteridófitas, estas corresponden al 42,86 % del total de especímenes analizados, con pequeñas variaciones alcanzando un mínimo

de 33,33 % (SC7P1) y un máximo de 55,47 % (SC8P1). Le siguen en abundancia las Angiospermas con un 21,93 % en promedio, pese a tener variaciones en donde cae por debajo del 12 % (SC8P2), otras veces rondan en 32% (SC9P1). Por último, las Gimnospermas alcanzan sólo el 17,5 % con una amplitud que va desde 9,38 % (SC8P1) hasta 24,14 % (SC8P3), posicionándose como el grupo menos abundante, en términos generales, junto a los otros organismos identificados como esporas de algas y hongos, los cuales son el 17,72 % con un mínimo de 10,94 % en la muestra SC8P1 y máximo de 26,32 % en SC8P2 (Tabla 4.5 y Figura 4.5).

**Tabla 4.5.** Resumen de la abundancia porcentual de los grupos de palinomorfos identificados.

Grupo	% Mínimo	% Máximo	Total	% Promedio
Pteridófitas	33,33	55,47	387	42,86
Gimnospermas	9,38	24,14	158	17,50
Angiospermas	11,84	31,75	198	21,93
Otros	10,94	26,32	160	17,72



**Figura 4.5.** Gráfica circular que muestra la abundancia promedio de palinomorfos de Pteridófitas, Gimnospermas, Angiospermas y otros (esporas de algas, hongos y Dinoflagelados) a lo largo de la secuencia.

Por otro lado, de la Tabla 4.6 se desprende que la especie más abundante corresponde a una Pteridófita, específicamente *Gleicheniidites* sp. con 13,29 %, seguido de la Angiosperma *Arecipites* sp. con 8,86 %. Integrando los datos de esta tabla es posible comparar la abundancia de las distintas familias con las que las especies descritas son afines, generando la Tabla 4.7 y Figura 4.6, donde se observa que la familia más representativa es, por mucho, la familia Gleicheniaceae (21,48 %), seguido de la familia Arecaceae (8,86 %), replicando el patrón de abundancia observado anteriormente.

**Tabla 4.6.** Abundancia absoluta y porcentual de cada especie identificada en el total de las muestras analizadas, con su respectiva afinidad botánica.

Especie	Total	Frecuencia absoluta	Frecuencia porcentual	Afinidad botánica
<b>Pteridófitas</b>				
<i>Baculatisporites</i> sp.	39	0,04	4,32	Familia Osmundaceae
<i>Biretisporites</i> sp.	64	0,07	7,09	Familia Schizaeaceae
<i>Clavifera</i> sp.	13	0,01	1,44	Familia Gleicheniaceae
<i>Cyathidites</i> sp.	69	0,08	7,64	Familia Cyatheaceae
<i>Deltoidospora</i> sp.	21	0,02	2,33	Familias Gleicheniaceae y Cyatheaceae
<i>Gleicheniidites</i> sp.	120	0,13	13,29	Familia Gleicheniaceae
<i>Ischyosporites</i> sp.	61	0,07	6,76	Familia Gleicheniaceae
<b>Gimnospermas</b>				
<i>Araucariacites</i> sp.	53	0,06	5,87	Familia Araucariaceae
<i>Classopollis</i> sp.	62	0,07	6,87	Familia Cheirolepidiaceae
<i>Podocarpidites</i> sp.	19	0,02	2,10	Familia Podocarpaceae
<i>Taxodiaceapollenites</i> sp.	7	0,01	0,78	Familias Cupressaceae y Taxodiaceae
<i>Trichotomosulcites</i> sp.	17	0,02	1,88	Familia Podocarpaceae
<b>Angiospermas</b>				
<i>Arecipites</i> sp.	80	0,09	8,86	Familia Arecaceae
<i>Ericipites</i> sp.	18	0,02	1,99	Familia Epacridaceae o Ericaceae
<i>Forcipites</i> sp.	30	0,03	3,32	Angiosperma incertae sedis
<i>Peninsulapollis</i> sp.	26	0,03	2,88	Familia Proteaceae
<i>Proteacidites</i> sp.	11	0,01	1,22	Familia Proteaceae
<i>Quadrplanus</i> sp.	13	0,01	1,44	Dicotyledonae
<i>Rhoipites</i> sp.	20	0,02	2,21	Dicotyledonae
<b>Otros</b>				
Espora de alga	65	0,07	7,20	-
Espora de hongo	88	0,10	9,75	-
<i>Palaeocystodinium</i> sp.	7	0,01	0,78	-
	<b>903</b>	<b>1</b>	<b>100</b>	

De estas observaciones cabe destacar que la abundancia entre individuos marinos (esporas de alga) y continentales (esporas de hongos) en el grupo “Otros” es similar, alternando uno sobre el otro, pero con una tendencia hacia los organismos continentales (7,2 y 9,75 % respectivamente). Existe además, anexo a este grupo, registro de Dinoflagelados (*Palaeocystodinium* sp.) poco abundantes, con sólo 7 individuos lo que no alcanza a representar el 1% del total.

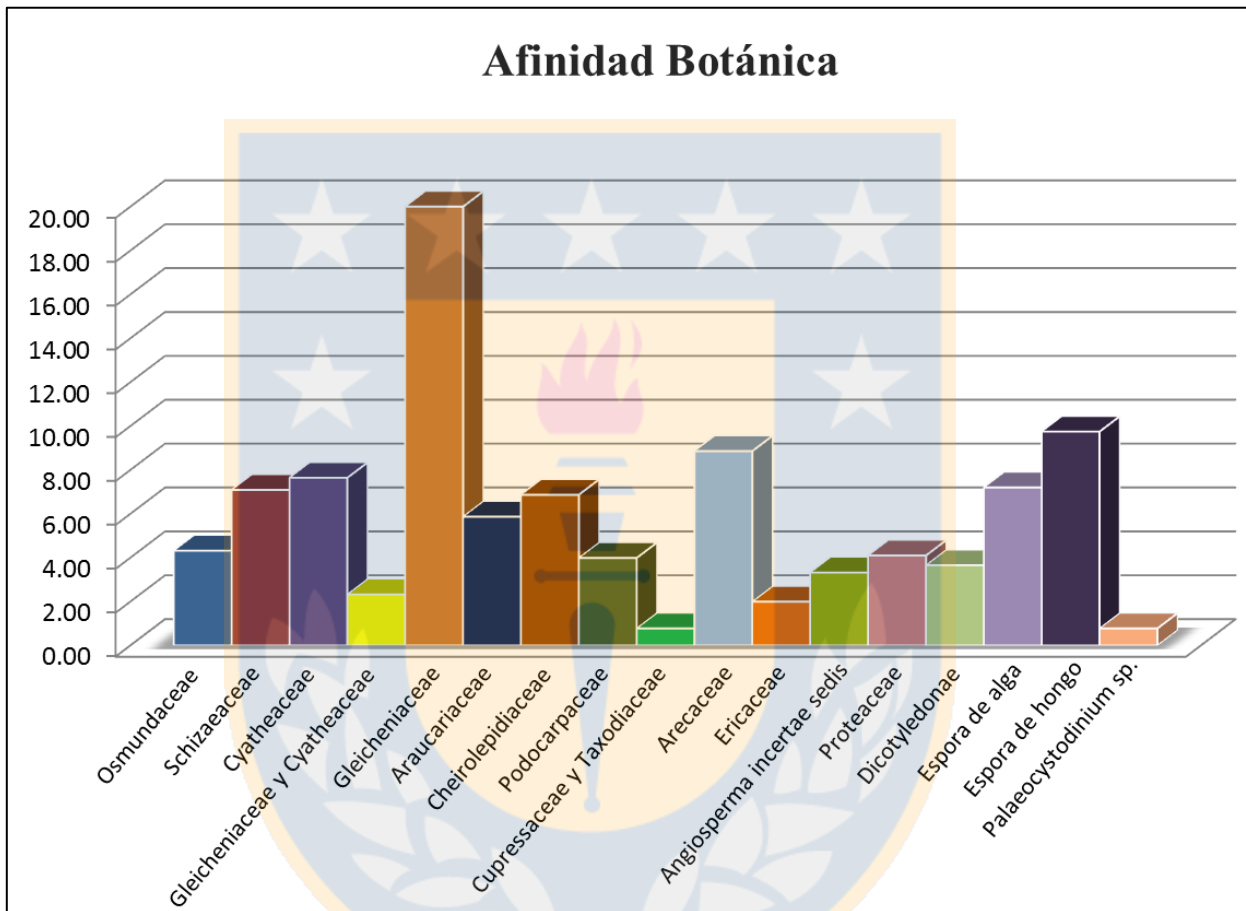
**Tabla 4.7.** Resumen de las afinidades botánicas presentes con su respectiva frecuencia y porcentaje, además de las esporas de algas, hongos y Dinoflagelados.

Afinidad botánica	Frecuencia	Porcentaje
Osmundaceae	39	4,32
Schizaeaceae	64	7,09
Cyatheaceae	69	7,64
Gleicheniaceae y Cyatheaceae	21	2,33
Gleicheniaceae	194	21,48
Araucariaceae	53	5,87
Cheirolepidiaceae	62	6,87
Podocarpaceae	36	3,99
Cupressaceae y Taxodiaceae	7	0,78
Arecaceae	80	8,86
Epacridaceae o Ericaceae	18	1,99
Angiosperma incertae sedis	30	3,32
Proteaceae	37	4,10
Dicotyledonae	33	3,65
Espora de alga	65	7,20
Espora de hongo	88	9,75
<i>Palaeocystodinium</i> sp.	7	0,78

Los granos de polen se originan de plantas que crecen juntas como la vegetación de un área. Por lo tanto, el polen puede ser usado para reconstruir la vegetación local y regional que rodea el sitio de depositación. Debido a que la vegetación es consecuencia de los factores ambientales, estos pueden ser deducidos de la reconstrucción de la vegetación del pasado (Birks y Birks, 1980 en Quattrocchio y Ruiz, 1999).

Gran cantidad de esporas (Pteridófitas) en relación a los otros grupos sugiere un ambiente con condiciones húmedas (Archangelsky y Archangelsky, 2002). Las especies de la familia Gleicheniaceae se distribuyen en climas tropicales a subtropicales, principalmente durante el

Jurásico - Cretácico (Bolchovitina, 1966), apareciendo además en climas templados en sectores costeros (Qualtrocchio y Ruiz, 1999) y algunos representantes en regiones templadas y frías. Los géneros de la familia Cyatheaceae están ampliamente distribuidos en regiones tropicales, subtropicales y templadas del sur del mundo (Korall y otros, 2007), asociados también a selvas y bosques montanos de climas templados a subtropicales (Qualtrocchio y Ruiz, 1999).



**Figura 4.6.** Gráfica de barras representando la abundancia de cada familia con afinidad botánica con las especies identificadas, además de las esporas (de algas y hongos) y Dinoflagelados (*Palaeocystodinium* sp.) presentes.

La familia Schizaeaceae son helechos que, por lo general, se encuentran en zonas tropicales a subtropicales y templadas cálidas del hemisferio sur, a menudo habitando en lugares abiertos periódicamente secos o pantanosos (Kramer, 1990). Los géneros de la familia Osmundaceae son plantas terrestres usualmente erectas donde la mayoría se distribuye en regiones templadas, tropicales a subtropicales del mundo (Palacios, 1990). Muchos ocurren en sitios con alta humedad edáfica o atmosférica, incluso ambas (Kramer 1990).

Entre las Gimnospermas, las coníferas de la familia Cheirolepidiaceae se extienden desde el Triásico hasta el Cretácico Superior e incluso hasta el Terciario Temprano y geográficamente en bajas paleolatitudes, con climas tropicales, subtropicales a templados (Alvin, 1982), además que algunos de los géneros de esta familia, como el caso de *Classopollis*, son comunes en regiones húmedas del periodo Cretácico (Tosolini y otros, 2015). La familia Araucariaceae es una familia de coníferas con una distribución actual muy restringida, limitándose al hemisferio sur en zonas templadas y frías, sin embargo en el pasado se distribuían ampliamente en ambos hemisferios, desarrollando vegetación del tipo tropical a subtropical (Kershaw y Wagstaff, 2001). La familia Podocarpaceae está formada por géneros distribuidos principalmente en regiones tropicales a subtropicales de ambos hemisferios, alcanzando un mayor desarrollo en el hemisferio sur (Zamudio, 2002), siendo menos comunes en regiones templadas frías (Qualtrocchio y Ruiz, 1999). La familia Cupressaceae consta de amplia repartición mundial, distribuida principalmente en las regiones templadas de ambos hemisferios y subtropicales del hemisferio norte (Zamudio y Carranza, 1994), mientras que la familia Taxodiaceae se distribuye en regiones templadas (Eckenwalder, 1976).

Las Angiospermas son un poco más abundantes que las Gimnospermas, de estos, la familia Arecaceae con más de 200 géneros, se distribuye alrededor del mundo en climas tropicales y subtropicales (Henderson, 1990). La familia Proteaceae se encuentra en una variedad de hábitats, que van desde comunidades abiertas, arbustivas o herbáceas en selvas tropicales (Weston, 2007), además de bosques montanos en climas templados o fríos (Qualtrocchio y Ruiz, 1999). Por otro lado, la familia Ericaceae es una familia principalmente templada, templada cálida y montañosa (Stevens y otros, 2004).

A modo de síntesis, el grupo dominante corresponde a las Pteridófitas las cuales, además de ser características de ambientes húmedos, coinciden en habitar regiones con climas tropicales a templados. Las Gimnospermas por su parte son, en general, más comunes en climas templados a templados fríos, mientras que las Angiospermas habitan mayormente en regiones templadas o tropicales (tabla 4.8).

Según estudios estadísticos realizados por Brinkhuis y otros (1998), el Dinoflagelado *Palaeocystodinium* sp. es más común en climas cálidos de bajas latitudes, sin embargo no se

descarta su presencia en latitudes más altas. Dada su relativa baja abundancia en el análisis (<1%) su presencia no es significativa.

**Tabla 4.8.** Resumen de las afinidades botánicas y climas en que estos habitan.

Familia	Tropical	Subtropical	Templado	Frío
Osmundaceae	X	X	X	
Schizaeaceae	X	X	X	
Cyatheaceae	X	X	X	
Gleicheniaceae	X	X	X	X
Araucariaceae	X	X	X	X
Cheirolepidiaceae	X	X	X	
Podocarpaceae	X	X	X	X
Cupressaceae		X	X	
Taxodiaceae			X	
Arecaceae	X	X		
Epacridaceae o Ericaceae			X	
Proteaceae	X		X	X

Greiner y Warny (2015) sugieren que existe una relación entre el tamaño de los granos de polen de algunas Angiospermas y la disponibilidad de humedad en el ambiente, es decir, consideran el tamaño de los granos de polen como un proxy de las variaciones en las condiciones de humedad, dichos autores señalan que en condiciones de desecación el tamaño de grano del polen aumenta, mejorando así la absorción/retención de agua y por lo tanto su viabilidad, es así como una disminución en la humedad ambiental se ve reflejado en un aumento en el tamaño de los granos y viceversa. Esto es concordante con el relativamente pequeño tamaño de los granos de polen observados (menor a los descritos en la literatura de apoyo) en adición a la predominancia de Pteridófitas, lo que apunta en conjunto a un ambiente húmedo.

En conclusión, el clima en la región es templado a subtropical, caracterizado por condiciones elevadas de humedad en el ambiente, sin embargo se recomienda un muestreo y análisis más exhaustivo para poder caracterizar con mayor precisión las condiciones paleoclimáticas del área de estudio.



## 5. FACIES

El concepto de facies en Estratigrafía y en Sedimentología lo introduce formalmente Gressly (1838), según Vera (1994), para denominar a “la suma total de los aspectos litológicos y paleontológicos de una unidad estratigráfica”, o sea, para definir el “aspecto de cada grupo de rocas”.

La facies de una roca estratificada, en un sentido abstracto, es el "conjunto de características litológicas (composición, textura y estructuras sedimentarias) y paleontológicas que definen a dicha roca y permiten su diferenciación de las demás" (Vera 1994). Mientras que Teichert (1958), en Vera (1994), lo define como “la suma de las características litológicas y paleontológicas de una roca sedimentaria, a partir de las cuales puede ser deducido su origen y el ambiente de su formación”. Desde un punto de vista concreto, Vera (1994) lo define como un cuerpo de roca caracterizado por una combinación particular de litología, texturas, estructuras sedimentarias (físicas y biológicas), geometría, distribución de paleocorrientes, contenido fosilífero y color.

### 5.1. Facies

A modo práctico, en este trabajo, se definen directamente facies, utilizando como guía para ello la clasificación realizada por Ghibaudo (1992). Luego; se definen 8 facies tomando en cuenta criterios litológicos: areniscas, fangolitas, areniscas fangosas, fangolitas arenosas e intercalaciones de las mismas, y criterios estructurales tales como laminación paralela, estratificación paralela, cruzada o la ausencia de estas (masivas). Las facies se describen a continuación y se resumen en la Tabla 5.1.

#### 5.1.1. Facies de Arenisca Masiva (mS)

Se conforman de areniscas de litología variable desde finas, principalmente en las columnas SC7, SC9 y SC10, medias a levemente gruesas, en la base de las columnas SC8 y SC10 y sección media de la columna SC9. Son de color gris claro a verdoso en su superficie fresca y gris parduzco con tonos anaranjados parduzcos en superficie alterada, granos subredondeados y subsféricos, con variaciones a subangulares a subprismáticos respectivamente.

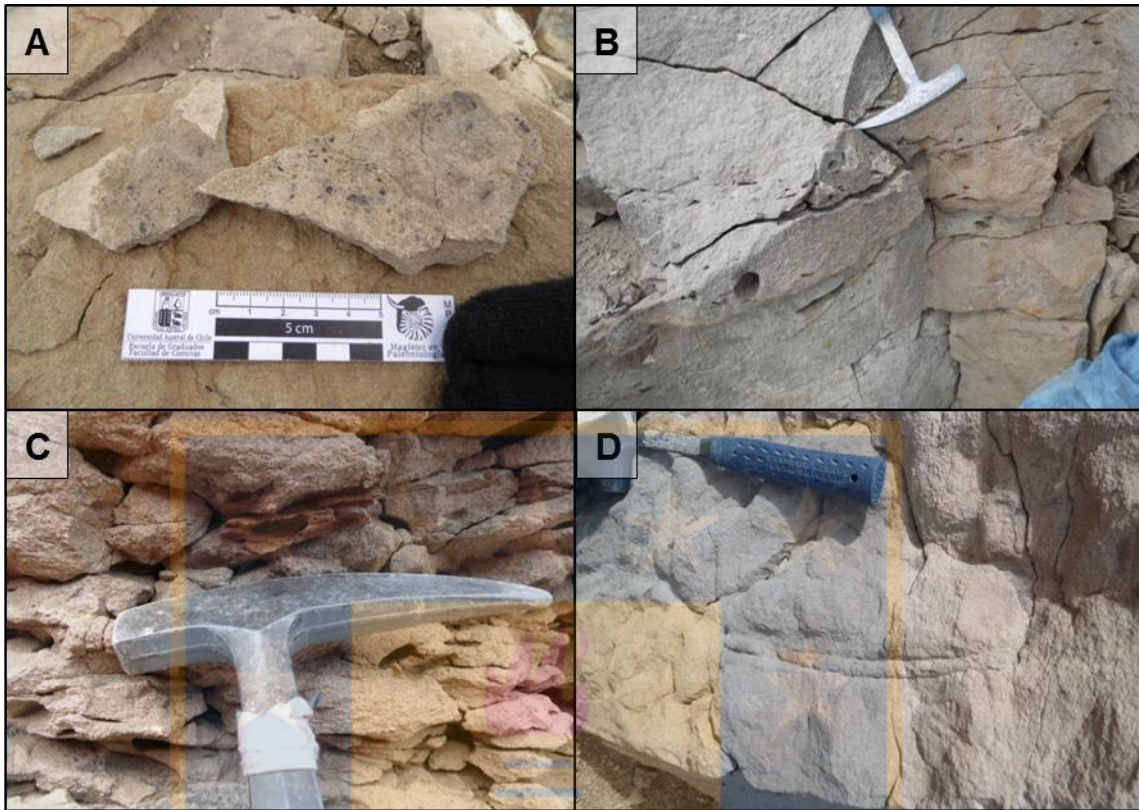
Estas rocas comúnmente contienen restos de vegetales carbonizados (Figura 5.1 - A) y, en casos más aislados, lentes de fangolita y clastos de fangolita (Figura 5.1 - B) en las secciones SC9 - 4,

SC9 - 1 y SC10 - 2, fósiles de hojas y troncos fragmentados (Figura 5.1 - C) en las secciones SC7 - 2, SC8 - 1, SC9 -1, SC9 - 4 y SC10 - 1, trazas fósiles de *Palaeophycus* isp. (Figura 5.1 - D), *Skolithos* isp. en las secciones SC7 - 2, SC8 - 1, SC9 - 1 y SC10 - 1 y *Rhizocorallium* isp. en la columna SC8. Existen niveles con concreciones calcáreas en la sección SC9 - 4. En adición se constata la presencia de fósiles de turrítelidos fragmentados en la columna SC8.

**Tabla 5.1.** Facies sedimentarias con sus respectivos códigos, estructuras y procesos involucrados en su formación. Modificado de Ghibaudo (1992).

Código	Litología	Estructura Sedimentaria	Proceso depositacional
mS	Arenisca	Masivas	Colapso de corriente de turbidez de alta densidad (proximales).
sS	Arenisca	Estratificación paralela	Freezing sucesivo de alfombras finas de tracción en la base de una corriente de turbidez de alta concentración.
xS	Arenisca	Estratificación cruzada hummocky	Reelaboración de tracción de un fondo arenoso por corrientes de fondo potentes.
ISyMS	Intercalación de areniscas con fangolita arenosa.	Laminación paralela	Deposición rápida de corrientes turbidíticas fangosas de alta densidad, en adición a tracción y deposición por caída.
IM	Fangolita	Laminación paralela	Deposición vertical de sedimento en suspensión de corrientes de turbidez diluidas o de baja concentración.
mMyS	Arenisca Fangosa	Masivas	Deposición rápida de corrientes de turbidez de alta densidad.
IMyS	Arenisca Fangosa	Laminación paralela	Deposición rápida de corrientes de turbidez de alta densidad.
sISM	Intercalación de areniscas con fangolitas	Laminación paralela y estratificación paralela	Deposición de corrientes de turbidez de alta (proximales) a baja intensidad (distales).

En cuanto a su distribución estas están presentes en varias secuencias, específicamente en las columnas SC6, SC7, SC8, SC9 y SC10, con un espesor promedio de 1 m.



**Figura 5.1.** Estructuras presentes en las facies de areniscas masivas: A) Restos vegetales carbonizados en arenisca media. B) Cavidades anteriormente rellenas con clastos de fangolita. C) Fragmento de un tronco fósil incrustado en arenisca media. D) Traza fósil de *Palaeophycus* isp en arenisca media.

### 5.1.2. Facies de Arenisca con Estratificación Paralela (sS)

Areniscas de tamaño medio a fino en su mayoría, con variaciones a levemente grueso en las secciones SC8 - 1, SC9 - 4 y SC10 - 2. De tonalidades gris verdoso claro a gris oscuro en superficie fresca y parduzco claro a amarillento en superficies alteradas, con granos esféricos a subprismáticos y subredondeados.

Contienen restos vegetales carbonizados dispersos de manera aleatoria (Figura 5.2 - A) y en lentes, como es el caso de la sección SC8 - 1, además de lentes de fangolita de poco espesor (un par de milímetros) en la sección SC10 - 2. Otras secciones destacan por su contenido paleontológico, incluyendo un fósil de ammonite de la familia Placenticeratidae y fragmentos de ammonites de la familia Baculitidae, SC5 - 1 y SC9 - 1 respectivamente, trazas fósiles de *Palaeophycus* isp., *Thalassinoides* isp. (Figura 5.2 - B) y *Skolithos* isp. Asimismo niveles de concreciones calcáreas en SC10 - 2.

La distribución de esta facies es amplia, abarcando la base de la columna SC5, el techo de la columna SC8, los tramos SC9 - 5, SC9 - 4 y SC10 - 2, teniendo un espesor promedio de aproximadamente 2 m.



**Figura 5.2.** A) Restos de vegetales carbonizados dispuestos de manera aleatoria en arenisca media de la facies sS. B) Traza fósil de *Thalassinoides* isp. pobremente conservada.

### 5.1.3. Facies de Arenisca con Estratificación Cruzada Hummocky (xS)

Areniscas medias a levemente gruesas con estratificación cruzada de bajo ángulo o hummocky (Figura 5.3), color gris claro en superficie fresca y pardo anaranjado a amarillento en superficie alterada, con granos subangulares a subredondeados y subprismáticos a esféricos. Contienen además escasos restos vegetales carbonizados.

Esta facies se encuentra acotada a la columna SC10, específicamente en el sector superior de la sección SC10 - 1 y sector medio de la sección SC10 - 2, con espesores de entre 0,3 a 0,7 m.



**Figura 5.3.** Areniscas medias a gruesas con estratificación cruzada hummocky de la facies xS en sección SC10 - 2.

#### 5.1.4. Facies de Arenisca Intercalada con Fangolita Arenosa, con Laminación Paralela (ISyMS)

Areniscas de grano fino a muy fino, de color gris verdoso en superficie fresca y gris amarillento en superficie alterada, con granos subprismáticos y subredondeados. Poseen clastos de fangolitas de tamaños milimétricos (Figura 5.4), restos de vegetales carbonizados y trazas fósiles de *Palaeophycus* isp. en la sección 1 de la Columna SC7. Estas se intercalan con fangolitas laminadas con una porción relevante de arenas de grano fino a muy fino, de color gris amarillento y gris claro en superficie alterada y fresca respectivamente. Contiene abundantes restos vegetales carbonizados, además de clastos de fangolita color negro parduzco y tamaño variable (desde algunos milímetros hasta un par de centímetros).

La distribución de esta intercalación a lo largo de la secuencia es muy acotada, limitándose a la sección SC7 - 1 en un tramo de 0,6 m de espesor.



**Figura 5.4.** Clastos de fangolita de espesores milimétricos en arenisca laminada.

#### **5.1.5. Facies de Fangolita con Laminación Paralela (IM)**

Comprende fangolitas de color gris oscuro a claro con alteraciones en tonos anaranjados, laminación paralela, la cual en ocasiones es difícil de reconocer, y materia orgánica carbonizada y oxidada. Contienen en general trazas fósiles de *Skolithos* isp.

Se distribuyen con espesores variables, abarcando desde algunos centímetros hasta varios metros, como es el caso de la base de la columna SC9, donde alcanza los 7 m de espesor. Se encuentran en los tramos SC6 - 1, SC9 - 1 y SC10 - 2.

#### **5.1.6. Facies de Areniscas Fangosas Masivas (mMyS)**

Areniscas con un porcentaje alto de fango en su composición, entre 10 a 15%, de color gris rosáceo en superficie fresca y granos de tamaño fino, de forma subprismáticas a subdiscoidales y subredondeadas.

Poseen restos vegetales carbonizados en lentes milimétricos (Figura 5.5) y se intercala con una capa aislada de una arenisca ondulada, de color gris claro y grano medio.

Su distribución es acotada limitándose a la sección central de la columna SC5, con un espesor de 30 cm, y a la sección SC8 - 1, con 25 cm de espesor.



**Figura 5.5.** Resto vegetal carbonizado en arenisca fangosa masiva (facies mMyS).

#### **5.1.7. Facies de Areniscas Fangosas con Laminación Paralela (IMyS)**

Esta facies consta de areniscas con elevado contenido de fango y laminación paralela, granos muy finos a finos de formas esféricas a prismáticas y subredondeadas, color gris claro en superficie fresca y tonalidades grises parduzcas anaranjadas en superficies alteradas.

En estas rocas es posible encontrar restos de vegetales fragmentados y carbonizados, concentrados como lentes en algunos casos (SC10 - 1), fragmentos leñosos (SC9 - 1) y fósiles de ammonites, *Baculites* sp. (SC9 - 3).

Se encuentra en los tramos SC8 - 1, SC9 - 1, SC9 - 2 donde se intercala con areniscas finas con espesores de 2 y 5 mm respectivamente, SC9 - 3, SC10 - 2 y SC10 - 1. La potencia de estas facies a lo largo de la secuencia es variable, de algunos centímetros a varios metros, promediando 1m de espesor.

#### **5.1.8. Facies de Areniscas Intercaladas con Fangolitas, con Estratificación y Laminación Paralela (slSM)**

Consta de areniscas, de color gris verdoso a parduzco oscuro en superficie fresca y de tonos pardo anaranjado a amarillento en superficie alterada, grano medio en general, pasando a fino en la sección SC7 - 3, de formas subangulosas a subredondeadas y subprismáticas a esféricas, y fangolitas grises con tonos anaranjados en superficie alterada y gris oscuro en superficie fresca,

ambas con restos vegetales carbonizados y tanto estratificación como laminación paralela. Existen también indicios de contener clastos de fangolita de espesores milimétricos a centimétricos en las areniscas medias (Figura 5.6) y concreciones calcáreas en la columna SC5.



**Figura 5.6.** Cavidades resultantes de la erosión de los clastos de fangolita contenidos en arenisca de grano medio de la facies slSM.

Se reconocen estas facies en el techo de la columna SC5, a lo largo de gran parte de la columna SC6, en la sección SC7 - 3, que corresponde a la parte superior de dicha columna, y en la parte media de la sección SC9 - 1. Los restos vegetales carbonizados pueden encontrarse como capas y lentes milimétricos.

En la sección SC9 - 1 esta facies ocurre con una mayor proporción de fangolitas, estas son de tonos pardo anaranjado de alteración. Las areniscas, de grano medio, presentan tonos grises claros a parduzcos, granos subprismáticos y subangulares. Ambas litologías poseen abundantes restos vegetales carbonizados.

La potencia de esta facies es de 6 m de espesor en la columna 9, mientras que en el resto de columnas la potencia ronda los 1,5 a 2 m en total, siendo de sólo milímetros para el caso de las fangolitas y de algunos centímetros para las areniscas, formando paquetes de 20 cm de espesor en promedio.



## 5.2. Asociación de Facies

Una facies individual puede tener poco valor en una interpretación genética, sin embargo el análisis de las asociaciones de facies y secuencias de facies permite la reconstrucción de la historia sedimentaria de unos materiales. Se llama “asociación de facies” a la distribución ordenada de varias facies elementales, genéticamente relacionadas. Estas deben encontrarse juntas (espacialmente) y estar genéticamente (ambientalmente) relacionadas entre sí (Vera, 1994). En el presente trabajo se definen 2 asociaciones de facies.

### 5.2.1. Asociación de Areniscas y fangolitas

Esta asociación comprende las facies mS, IM y sISM. Está presente en la totalidad de la columna SC6 y en las secciones SC7 - 3, en la parte superior de la sección SC5 - 1 donde dominan las areniscas y en la sección SC9 - 1 donde dominan las fangolitas.

Se compone de fangolitas, de color gris oscuro a gris claro, con laminación paralela y restos vegetales carbonizados, y areniscas masivas de grano medio, con variaciones a fino, de color gris verdoso claro en su mayoría. En su composición suelen encontrarse lentes milimétricos de fangolita y de restos vegetales, trazas fósiles de *Palaeophycus* isp. y de *Skolithos* isp., además de restos vegetales carbonizados dispuestos de manera aleatoria en la roca y clastos de fangolita en la columna SC6.

Estas litologías suelen encontrarse intercaladas la una con la otra, comprendiendo intercalaciones de areniscas estratificadas o laminadas, inclusive masivas, con fangolitas laminadas. En estos casos las areniscas son de tonos grises claros a oscuros, de tamaño de grano variable pero mayoritariamente medio. Posee materia orgánica carbonizada en niveles y en lentes de espesores milimétricos. Mientras que las fangolitas son laminadas y ricas en materia orgánica.

El espesor total de esta secuencia es variable, desde los 4 m en la columna SC6, hasta los 15 m en la columna SC9.

### Interpretación

Las areniscas provienen de la depositación de corrientes de turbidez arenosas de alta densidad, donde la mayor parte de la carga en suspensión corresponde a material fino (arcillas, limos y

arenas), estos, con la continua desaceleración del flujo, sedimentan por tracción y depositación directa arena y fango (Lowe, 1982) generando las estructuras estratificadas y laminadas. Por otro lado, la falta de estructuras en areniscas de grano medio en este tipo de ambientes puede deberse a la depositación rápida de una corriente de turbidez mediante el proceso de freezing y, o, licuefacción pos depositacional que destruiría las estructuras sedimentarias (Pickering y otros, 1986).

La depositación de fangolitas en particular, con laminación paralela, se asocia a corrientes de turbidez de baja concentración con sedimentación muy fina, sin tracción significativa, o a depositación vertical del sedimento fino en suspensión (Ghibaudo, 1992), así mismo la alternancia de fangolitas con areniscas, con dominio de fangolitas, refleja deposición de corrientes de turbidez de baja densidad (Pickering y otros, 1986), donde la mayor parte de la carga en suspensión corresponde a material fino (arcillas, limos y arenas finas), estos, con la continua desaceleración del flujo, sedimentan por tracción y depositación directa generando las estructuras estratificadas y laminadas (Lowe, 1982; Ghibaudo, 1992).

Los restos de materia orgánica, que corresponden principalmente a restos vegetales carbonizados, son arrastrados desde el continente hasta el fondo marino por flujos turbulentos de origen fluvial (turbiditas extracuencales con flujos hiperpícnicos) (Zavala y otros, 2014).

Los clastos de fangolita provienen de la erosión y transporte de sedimento semiconsolidado del piso y paredes del canal o sustrato subyacente por el cual avanza un flujo de turbidez, incorporando dicho material a la corriente de turbidez (Kano y Takeuchi en Johansson y Stow, 1995).

Las trazas fósiles de *Palaeophycus* isp. y *Skolithos* isp. pueden clasificarse dentro de las icnofacies de *Cruziana* y *Zoophycos* en ambientes marinos (Gerard y Bromley, 2008), siendo típicas de ambientes de *shoreface* inferior y *offshore* inferior, en condiciones de energía moderada a relativamente baja, aguas tranquilas en ambientes de plataforma externa a batiales, incluyendo zonas afectadas por corrientes de turbidez (Buatois y otros, 2002). Por su parte, las trazas fósiles de *Skolithos* isp., por sí solas, se asocian comúnmente a la icnofacies de *Skolithos*, esta es típica de zonas de *foreshore* a *foreshore* superior, pero también puede ocurrir en zonas de

*foreshore* inferior a *offshore*, además de asociarse a turbiditas marinas profundas (Buatois y otros, 2002).

Integrando todas las características expuestas anteriormente, en adición de la extensión lateral de las facies y las bases no erosivas, se concluye que esta asociación de facies es el resultado de la depositación de corrientes de turbidez extracuencales de baja densidad en un ambiente marino de profundidad moderada, entre el *offshore* superior y la zona de transición.

### 5.2.2. Asociación de Areniscas y Areniscas Fangosas

Esta asociación se compone de las facies mMyS, lMyS, sS, mS y xS, es decir, intercalaciones de areniscas masivas y estratificadas con areniscas fangosas masivas y con laminación paralela.

Las areniscas en general tienen granulometría fina, con algunas excepciones, llegando a grano medianamente grueso en la sección SC10 - 2, de color gris en superficie fresca con variaciones a tonos rosáceos y verdosos. Contiene restos vegetales carbonizados dispuestos en lentes de espesores milimétricos, algunos de estos corresponden a ejemplares de la familia Araucariaceae mientras que en otros sólo es posible reconocer rasgos como nervadura central. Por otro lado, existen también lentes de fangolita de tamaños milimétricos a algunos centímetros y clastos milimétricos de fangolita. En adición, hay varios niveles con trazas fósiles, unas tubulares (*Skolithos* isp.) y otras alargadas (*Palaeophycus* isp.) y un fósil de ammonite de la familia Placenticeratidae. En cuanto a estructuras estas pueden hallarse masivas, con estratificación paralela y, en menor medida, con estratificación cruzada de bajo ángulo (hummocky).

Las areniscas fangosas constan de una porción de arena cuyo tamaño de grano suele ser fino a muy fino, sin embargo al igual que en el caso anterior existen algunas variaciones a grano medio en la sección SC10 - 2. Son de color gris claro en superficie fresca, variando a tonos más parduzcos por alteración, además contienen abundante materia orgánica, principalmente restos vegetales carbonizados en lentes de espesores milimétricos y algunos fósiles de hojas, de la División Tracheophyta, y ammonites, específicamente *Baculites* sp.

El espesor de esta secuencia varía desde los 4,2 m, en la columna SC5, hasta 20,75 m a lo largo de la columna SC10. Encontrándose presente en las secciones SC5 - 1, en la parte superior de la

columna SC8, en las secciones SC9 - 1, SC9 - 2, SC9 - 3 y a lo largo de casi toda la extensión de la columna SC10.

### **Interpretación**

Las areniscas masivas se deben a un proceso rápido de depositación de una corriente de turbidez de alta densidad, mientras que las areniscas con estratificación paralela evidencia depositación por sucesivos procesos de freezing de finas alfombras de tracción. Por otro lado, la estratificación cruzada de tipo hummocky es generada por flujos de tipo combinado, integrados por una corriente unidireccional y un flujo oscilatorio subordinado en zonas confinadas de una corriente, como canales fluviales o turbidíticos, o zonas no confinadas de sistemas depositacionales como lóbulos deltaicos o turbidíticos, y los depósitos de *shoreface* y *offshore* entre otros (Mutti y otros, 1996, en Ponce y otros, 2018). En tanto las areniscas fangosas y fangolitas arenosas provienen de la depositación rápida de corrientes de turbidez más fangosas, también de alta densidad (Pickering y otros, 1986).

Las areniscas fangosas son comunes en depósitos de flujos hiperpícnicos de turbiditas extracuencales (Zavala y otros, 2014), estos arrastran arena fina y limo en suspensión, además de restos vegetales, por grandes distancias hacia el interior de la cuenca (Zavala y otros, 2014). Como se mencionó anteriormente, los clastos de fangolita son incorporados a la parte basal y más densa de la corriente de turbidez, siendo erosionados del piso y paredes semiconsolidadas del sustrato subyacente por donde avanza el flujo (Johannson y Stow, 1995).

Los fósiles de organismos marinos, como el ammonite Placenticeratidae y los fragmentos de Baculitidae apuntan a un ambiente de depositación marino, mientras que los restos de vegetales carbonizados, de origen continental, evidencian un aporte producto de un flujo turbulento de origen fluvial, es decir, flujos hiperpícnicos de una turbidita extracuencal (Zavala y otros, 2014).

Las trazas fósiles de *Skolithos* isp. y *Palaeophycus* isp. encontradas en estas facies se asocian a las icnofacies de *Cruziana* y *Zoophycos* (Gerard y Bromley, 2008) en ambientes de *shoreface* inferior y *offshore* inferior (energía moderada a relativamente baja), en ambientes de plataforma externa a batiales, incluyendo zonas afectadas por corrientes de turbidez (Buatois y otros, 2002).

En función de las características expuestas, la depositación de esta asociación de facies ocurre en un ambiente marino de profundidad moderada, probablemente en la zona *shoreface* inferior hasta el *offshore* o la zona de transición entre ambas, donde flujos hiperpícnicos de turbiditas extracuenales de alta densidad colapsan y precipitan el material, grueso y fino, generando depósitos laminados y estratificados.

### 5.3. Ambiente de Depositación

El análisis de facies y asociaciones de facies permite la reconstrucción de la historia depositacional del área de estudio.

La secuencia inicia, desde su base, con una asociación de areniscas masivas seguidas de areniscas estratificadas. Las areniscas masivas ocurren por la depositación rápida de una corriente de turbidez de alta densidad mediante proceso de freezing o, en otras palabras, una desaceleración gradual del flujo turbulento, lo que no da lugar a la formación de estructuras sedimentarias. El sucesivo proceso de freezing de las finas alfombras de tracción generaría en las areniscas la estratificación paralela que siguen en la secuencia. Eventualmente tormentas e inundaciones ocasionales en el continente aumentan la carga de sedimento y la zona de influencia del oleaje, resultando en areniscas medias a levemente gruesas con estratificación cruzada de bajo ángulo (hummocky). Dichos depósitos se producirían en un ambiente marino con poca pendiente, probablemente en la zona de transición entre *shoreface* inferior y *offshore* superior.

Corrientes turbidíticas fangosas de alta a mediana densidad generan la depositación de las areniscas fangosas que siguen en la secuencia, la laminación en estas refleja los procesos de tracción ocurridos durante la depositación. Estas areniscas fangosas se intercalan con otras areniscas, de estructura estratificada, nuevamente formadas por sucesivos procesos de freezing de finas alfombras de tracción, evidenciando intermitencia en el proceso sedimentario y en la carga del flujo turbidítico que les precede, específicamente en la relación de la fracción arenosa y fangosa. Además, la presencia de estratificación cruzada de bajo ángulo en areniscas medias a levemente gruesas indica nuevamente la existencia de flujos combinados, compuestos por una corriente unidireccional y un flujo oscilatorio, en sistemas depositacionales como lóbulos deltaicos o turbidíticos y depósitos de *shoreface* y *offshore*. Todo esto ocurre en ambientes marinos de profundidad moderada (depósitos de plataforma), donde el colapso de corrientes

turbidíticas deposita el material, generando depósitos laminados en lóbulos de abanicos submarinos. Al pasar el flujo por los canales submarinos que atraviesan dicho abanico, la erosión y transporte de pequeños fragmentos del piso y paredes semiconsolidadas de los canales derivan en la formación de los clastos de fangolita aquí presentes.

En medio de esta secuencia ocurre un poco desarrollado nivel de fangolitas, consecuencia de una depositación gradual de sedimento puramente fino y una disminución notable en la densidad del flujo turbulento con respecto a la secuencia anterior, siendo en esta ocasión baja. Luego de esto, el flujo vuelve a las condiciones anteriores, aumentando la densidad del mismo y su porción de arena de manera intermitente, formando nuevamente la intercalación de areniscas y areniscas fangosas.

Posteriormente la densidad del flujo nuevamente disminuye considerablemente, esto se traduce en una capa potente de fangolita con laminación paralela resultante la depositación gradual de una corriente de turbidez diluida o de baja densidad, o bien de depósito de sedimento hemipelágico en ambientes marinos más profundos, específicamente en el *offshore*, lo que apunta a un leve aumento en el nivel del mar (pulso transgresivo).

Un nuevo flujo con características similares al primero, origina la depositación de una capa de arenisca masiva, Nuevas corrientes de turbidez de alta y baja densidad producen intercalaciones de areniscas y fangolitas respectivamente. La falta de estructuras evidencia la rápida depositación de estas, o bien para el caso de las fangolitas, la depositación de sedimentos hemipelágicos en un ambiente marino más profundo, con características similares a un lóbulo distal de abanicos submarinos.

Seguido a esto, flujos con relativamente altas concentraciones de fango y limo colapsan y precipitan formando capas potentes de areniscas fangosas. La tracción, sumada a la depositación por caída de los sedimentos, genera en estas areniscas fangosas laminación paralela, mientras que al inicio la rápida sedimentación en masa por frictional freezing genera capas masivas, sin estructuras, de areniscas y areniscas fangosas intercaladas. Estos flujos fangosos tienen influencia fluvial, transportando material fino a lo largo de los canales de un abanico submarino, depositándose en ambientes marinos, entre el *offshore* y la zona de transición, en la parte distal de los lóbulos de dichos abanicos. En adición, las variaciones de espesor y de continuidad lateral de

algunos estratos, además de la formación de lentes de fangolita en distintas secciones, validan la hipótesis de la canalización de los flujos.

La secuencia continúa su evolución con una serie de flujos de alta densidad, los que depositan abruptamente, por congelamiento fraccional (frictional freezing), lo que no permitiría la formación de estructuras en un principio, sin embargo, al seguir evolucionando, la depositación de finas alfombras de tracción genera estratificación paralela. La abundancia de clastos de fangolita en estas rocas se debe al paso del flujo por canales y lechos semiconsolidados, los que fueron erosionados y agregados al flujo que posteriormente deposita en zonas más distales.

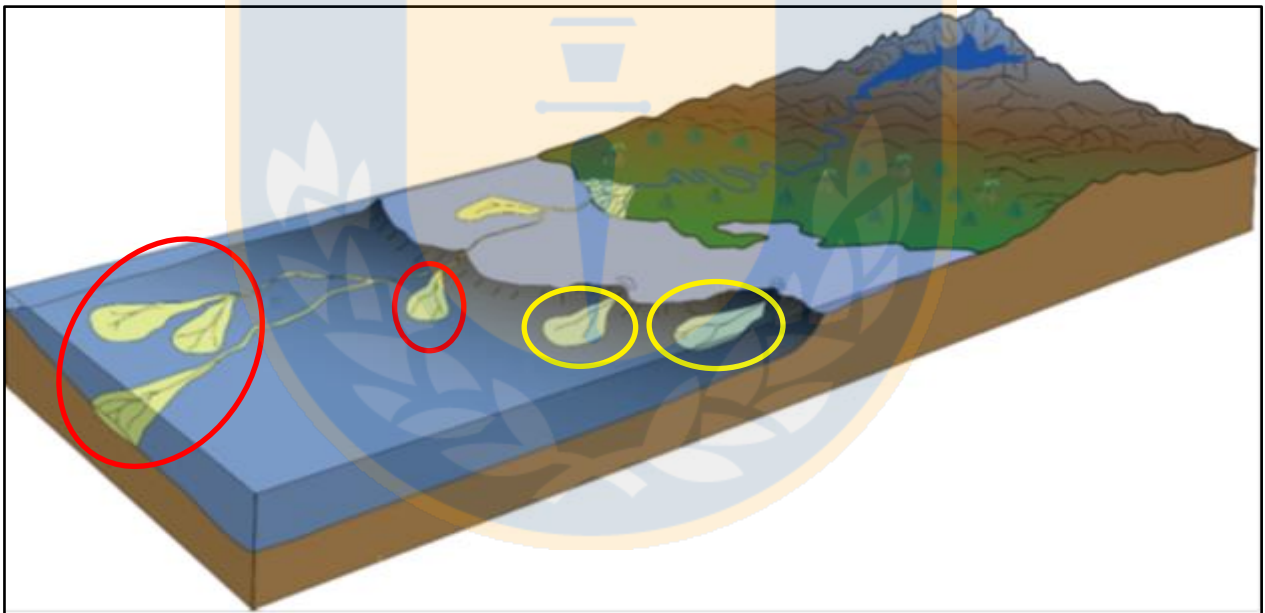
El ciclo se repite constantemente, en ocasiones con mayor o menor proporción de fango y limos en la carga de la corriente de turbidez, variando entre areniscas, areniscas fangosas y fangolitas arenosas, las que terminan intercalándose unas con otras. La rápida depositación del flujo por freezing genera arenas masivas, mientras que con la continua desaceleración del mismo sedimentan, por tracción y depositación directa, areniscas y fangolitas con estructuras estratificadas y laminadas.

Los restos vegetales fosilizados y/o carbonizados son un factor común a lo largo de la secuencia. Su presencia en un ambiente de las características ya expuestas, es decir lóbulos de un abanico en un ambiente marino de plataforma continental, se condice con una turbidita extracuenal, donde la descarga directa de un flujo turbulento de origen fluvial hace que los flujos asociados (flujos hiperpícnicos) presenten propiedades sumamente particulares. Estos se componen por una mezcla de elementos continentales, detrito vegetal y troncos (para este caso), e intracuenales, erosionados durante su viaje en el medio submarino (fragmentos de conchas de moluscos, clastos provenientes del lecho semiconsolidado, entre otros). Estos flujos pueden tener una duración prolongada, llegando a desplazarse a grandes distancias (hasta centenas de kilómetros) al interior de la cuenca con pendientes muy bajas (Figura 5.7). Por otro lado la conservación de la materia orgánica podría indicar que se trata de un ambiente anóxico, lo que explicaría, a su vez, la falta de bioturbación en los estratos (Gutiérrez y otros, 2010), sin embargo esto también se explica gracias a un rápido enterramiento producto de flujos abundantes de sedimento.

Las trazas fósiles de *Skolithos* isp., *Thalassinoides* isp., *Palaeophycus* isp. y *Rhizocorallium* isp. pueden encontrarse en distintas icnofacies, sin embargo, dada la combinación de estas, además de

las características ya expuestas, es posible asociarlas todas a la icnofacies de *Cruziana*. Si bien la icnofacies de *Cruziana* se define en primera instancia para plataformas someras, entre el nivel de oleaje normal y en nivel de oleaje de tormenta, estas pueden aparecer en medios marinos profundos cuando la existencia de corrientes de fondo proporciona condiciones similares a las citadas anteriormente, como es en el caso de canales distributarios de abanicos submarinos (Gibert y Martinell, 1998), no limitándose a las zonas más proximales de los sistemas de aguas profundas, sino que también ocurriendo en zonas distales cuando se ven afectadas por corrientes de turbidez (Buatois y otros, 2001; Knaust, 2013).

A modo de síntesis, integrando toda la información expuesta, el ambiente de depositación corresponde a un ambiente marino de profundidad moderada, de plataforma continental alternando entre el *shoreface* inferior, el *offshore* e incluso hasta la zona de transición, donde se depositan flujos turbidíticos, de alta y baja densidad, los cuales constan de material tanto marino como continental.



**Figura 5.7.** Block diagrama conceptual mostrando el desarrollo de turbiditas intracanales, en amarillo, y extracanales, en rojo. Las turbiditas extracanales reciben aportes directos desde el continente y pueden dejar su depósito tanto en la plataforma como debajo del talud continental. Modificado de Zabala y otros (2014).

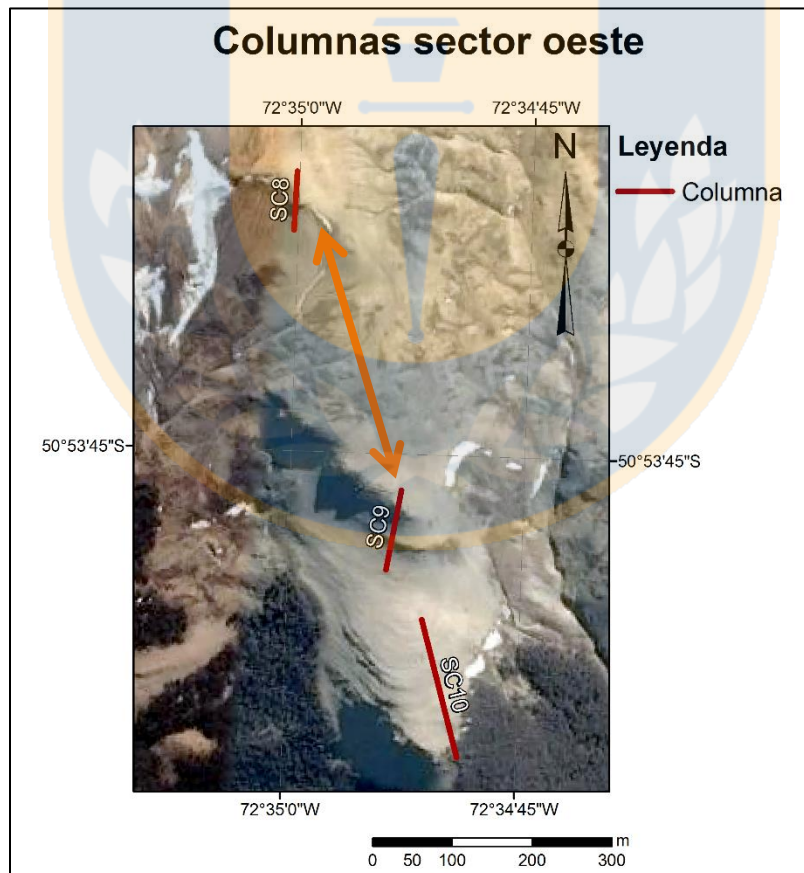


## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Correlación Estratigráfica

Como se menciona anteriormente, la correlación de las 6 columnas realizadas en este trabajo no es demasiado compleja entre sí, dada la distribución espacial de estas, sin embargo, existen algunos factores, tales como una fuerte erosión, cobertura vegetal y variaciones laterales, que dificultan en cierta medida la observación de la continuidad, tanto vertical como lateral, de los estratos.

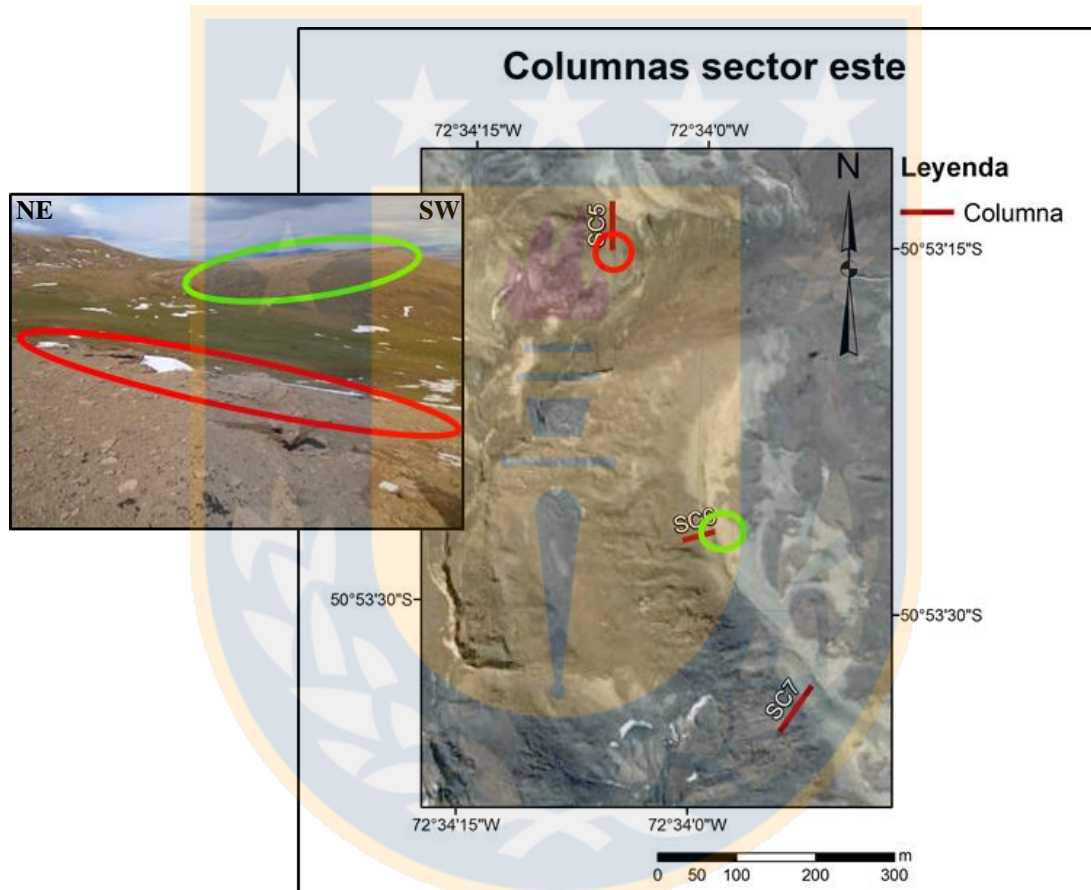
En el sector oeste, las columnas SC10, SC9 y SC8 (Figura 6.1) se suceden en ese orden, de más antigua a más nueva, debido al principio de superposición de estratos y a su cercanía espacial en terreno, en adición a la ausencia de evidencias de fallas que alteren dicho orden. Existe un vacío entre las columnas 8 y 9 de aproximadamente 62 m dada a la falta de afloramientos por erosión, cobertura vegetal y desarrollo de suelo, entre otros.



**Figura 6.1.** Columnas realizadas en el sector oeste: SC8, SC9 y SC10. La flecha color naranja señala el tramo cubierto de 62 m.

El manto de las secuencias, en términos generales, es hacia el este y, dado que no se reconocen evidencias de fallas que alteren la sucesión de los estratos, se infiere que a medida que se avanza en esa dirección los estratos serán más jóvenes. Es por esto que se considera que el grupo de columnas del lado oeste de la sierra es más antiguo que las del lado este.

En el sector este, las columnas SC7, SC6 y SC5 (Figura 6.1) se suceden en ese orden, de más antigua a más nueva, debido al principio de superposición de estratos y a su cercanía espacial, donde incluso es posible reconocer dicha relación en terreno.



**Figura 6.2.** Columnas realizadas en el sector este: SC5, SC6 y SC7. En ambas imágenes se enmarca en los círculos la base de la columna SC5 (en rojo) y el techo de la columna SC6 (en verde).

Existe un pequeño vacío estratigráfico, que alcanza los 28 m entre las columnas SC6 y SC7, probablemente producto de la erosión y/o posterior cubrimiento de los estratos por el detrito resultante. Se estima que la columna SC7 se posiciona estratigráficamente a unos 30 m por sobre la columna SC8, cálculo realizado en función del manto de las capas, sin embargo este es sólo

un valor estimativo ya que, pese a no encontrar fallas entre estas, las variaciones en el manto de las capas y la falta de información en terreno dificultan la medición.

Dada la disposición espacial de los estratos, en adición a su orientación (manteo hacia el este), es posible inferir que las rocas de la sección occidental de la Sierra Contreras son más antiguas que las tratadas en Masquiarán (2019) en el sector oriental de la misma y, por consiguiente, también se postula que los estratos tratados en este trabajo son más antiguos que los definidos en el sector Cerro Guido y en el Valle del Río Las Chinas, en los trabajos de Ortuya (2017) y Manríquez (2015).

## 6.2. Ambiente de Depositación

Dadas las facies y asociaciones de facies definidas y analizadas en el capítulo anterior, el ambiente de depositación corresponde a un ambiente marino, con desarrollo de facies de *shoreface* inferior, *offshore* hasta zona de transición, en el borde de plataforma continental donde flujos canalizados de origen fluvial transportan material tanto marino como continental, generando depósitos turbidíticos de alta y baja densidad. Esto difiere en parte con lo expuesto en Masquiarán (2019), quien abarca la sección más oriental de Sierra Contreras y postula un ambiente marino profundo, de talud submarino, para los estratos de la Formación Tres Pasos en Sierra Contreras.

Shultz y Hubbard (2005) estudian la Formación Tres Pasos en la localidad de El Chingue Bluff (aproximadamente a 20 km al sur del área de estudio), donde definen 4 asociaciones de litofacies, estas son “thin-bedded sandstone and silty mudstone”, “thick-bedded sandstone”, “depósitos caóticos” y “areniscas de grano grueso amalgamadas”, interpretadas como depósitos de turbidez de baja densidad, depósitos de turbidez de alta densidad, depósitos rezagados en flujos canalizados y corrientes de turbidez canalizadas respectivamente, en un ambiente de talud continental.

Macaulay y Hubbard (2013), en las cercanías a la laguna Figueroa (aproximadamente a 40 km al sureste del área de estudio), identifican 3 asociaciones sedimentarias para la formación: “thick-bedded amalgamated sandstone”, “thick to thin-bedded semi-amalgamated sandstone” y “thin-bedded non-amalgamated sandstone” asociadas a flujos de turbidez de alta y baja energía depositados en un sistema de canales, en un talud continental de aguas profundas.

Yabe y otros (2006) definen a la Formación Tres Pasos, en la localidad de Cerro Guido, como facies de transición entre los depósitos de abanicos de aguas profundas de la Formación Cerro Toro y los sistemas deltaicos de aguas someras de la Formación Dorotea, la cual comienza en un ambiente de plataforma exterior por debajo del nivel de las olas y se hace progresivamente menos profunda.

Romans y otros (2010) interpretan la Formación Tres Pasos como un sistema de talud progradacional a gran escala. Estudios de Romans y otros (2009) en la localidad de Cerro Divisadero (15 km al noroeste del área de estudio) dividen la formación en tres asociaciones de facies, estas son areniscas con limonita subordinadas, lutitas con limonitas subordinadas y depósitos de transporte en masa y flujos de detritos ricos en fangolitas. Todos ellos asociados a corrientes de turbidez de alta y baja densidad, depósitos hemipelágicos y de transporte en masa, originados en un ambiente de talud con influencia deltaica.

Ortuya (2017) define un ambiente marino para los depósitos de Cerro Guido, comenzando en *middle shoreface*, para luego somerizar gradualmente a *upper shoreface*, depósitos de pantano y lagoon. Estos estratos representarían la sección superior de la Formación Tres Pasos y contrastan en cierta medida con lo expuesto por Masquiarán (2019), quien postula un ambiente marino profundo de talud submarino para el sector este de Sierra Contreras (cercano a Cerro Guido). Por otro lado, lo concluido por Ortuya (2017) es concordante con lo propuesto en este trabajo, en adición a la somerización de la cuenca expuesta por Yabe y otros (2006), Fildani y Hessler (2005), entre otros, resultando así en la evolución y transición desde un ambiente de *offshore*, en el lado occidental de Sierra Contreras, a un ambiente de *middle shoreface* en Cerro Guido. Sin embargo, es posible además que la somerización de la cuenca comenzara desde el noreste, permitiendo así el desarrollo de facies más someras en dicho sector (Cerro Guido), mientras que en el sector suroeste (Sierra Contreras) aún existían facies más profundas.

En otras palabras, distintos autores señalan un ambiente marino profundo, de talud continental, con depósitos de corrientes de turbidez de alta y baja densidad, en sistemas canalizados y con influencia deltaica, además haciendo énfasis en el carácter transicional progradacional de los depósitos de la Formación Tres Pasos, desde las facies más profundas de la Formación Cerro Toro, hasta las más someras de la Formación Dorotea. La tabla 6.1 resume lo planteado por los distintos autores mencionados y lo propuesto en este trabajo.

**Tabla 6.1.** Resumen del ambiente de depositación planteado por diversos autores para la Formación Tres pasos y la localidad de estudio.

Autor	Localidad	Ambiente de depositación
Shultz y Hubbard (2005)	El Chingue Bluff	Depósitos de turbidez de baja y alta densidad, depósitos rezagados y corrientes de turbidez canalizadas en un ambiente de talud continental.
Macaulay y Hubbard (2013)	Laguna Figueroa	Flujos de turbidez de alta y baja energía depositados en un sistema de canales, en un talud continental de aguas profundas.
Yabe y otros (2006)	Cerro Guido	Facies de transición entre depósitos de abanico de aguas profundas a un sistema deltaico de aguas someras.
Romans y otros (2009)	Cerro Divisadero	Corrientes de turbidez de alta y baja densidad, depósitos hemipelágicos y de transporte en masa, en un ambiente de talud con influencia deltaica.
Ortuya (2017)	Cerro Guido	Transición de <i>middle shoreface</i> a <i>upper shoreface</i> , depósitos de pantano y lagoon.
Masquiarán (2019)	Sierra Contreras (este)	Ambiente marino profundo, de talud submarino.
Este trabajo (2022)	Sierra Contreras (oeste)	Depósitos turbidíticos canalizados, de alta y baja densidad, de origen fluvial en un ambiente marino de la plataforma continental, entre <i>shoreface</i> inferior, <i>offshore</i> y zona de transición.

En lo que respecta a la tectónica, Fildani y Hessler (2005) mencionan el cierre de la cuenca de Rocas verdes por un cambio de régimen, de extensivo a compresivo, durante el Cretácico Medio. Dicha compresión dio pie al desarrollo de una faja corrida y plegada y una cuenca de antepaís en donde se depositarían los estratos en estudio (Cuenca de Magallanes). Esto da inicio a la somerización de la cuenca desde la Formación Cerro Toro, quien representa el punto más profundo de la misma, pasando por los sistemas deltaicos de la Formación Tres Pasos, hasta la Formación Dorotea.

Mutti y otros (2003) señalan que la mayoría de las corrientes de turbidez de las cuencas tectónicamente activas parecen estar directa o indirectamente relacionadas con flujos

hiperpícnicos. Considera además que el tectonismo y el clima fueron los principales factores que controlaron el suministro de sedimentos, la acomodación y el estilo de depósitos de estos sistemas.

Es muy probable que estas corrientes de turbidez estén fuertemente relacionadas al alzamiento del margen de la cuenca de antepaís: al haber alzamiento el nivel de base de los ríos desciende y por lo tanto aumenta el poder erosivo de los ríos que trae como consecuencia flujos con abundante carga de sedimentos. El alzamiento progresivo aumenta drásticamente la disponibilidad y concentración del sedimento (arenas y fangos) en sistemas fluvio-deltaicos, mientras que el clima controlaría la frecuencia y magnitud de inundaciones catastróficas que influenciarían en el suministro de sedimento. Este proceso genera la erosión del lecho (profundización y ensanchamiento), aceleración del flujo a lo largo de los conductos submarinos y la formación de corrientes bipartitas de gran volumen altamente eficientes.

### **6.3. Clima**

Sobre la base del contenido palinológico se concluye que el clima del área de estudio es templado a subtropical, en función de las familias de palinomorfos encontrados, sin embargo, debido a las malas condiciones de preservación de estos, además de la falta de continuidad de los datos, se recomienda un análisis y muestreo más exhaustivo para mayor precisión. En cuanto a microfósiles, se reconocen débilmente algunas coníferas, quienes actualmente son típicas de zonas templadas frías, no obstante, durante el Cretácico, desarrollaban vegetación tropical a subtropical.

Se establece que una de las características climatológicas de la región era su elevada humedad, esto sobre la base de la abundancia de las Pteridófitas sobre los otros grupos y el tamaño promedio de los granos de los palinomorfos, esto último en función a lo expuesto por Greiner y Warny (2015), quienes postulan a las variaciones en el tamaño de grano como un proxy confiable de los cambios en la humedad ambiental. Sin embargo Jardine y Lomax (2017) consideran que es muy prematuro utilizar el tamaño del polen como un indicador de disponibilidad de humedad en el registro fósil ya que, si bien existe cierto apoyo tentativo para una relación general entre el tamaño del polen y la disponibilidad de humedad, es muy probable que esta respuesta esté dada por el tamaño del genoma, el cual a su vez es dependiente de una gran cantidad de factores, por lo

que serían necesarios una serie de estudios y medidas para validar el tamaño del grano de polen como un proxy sólido.

Ortuya (2017) postula un clima tropical a subtropical para los estratos Campanianos de Cerro Guido, al este de Sierra Contreras, posteriormente Manríquez (2015) y Garrido (2017) definen clima templado suave y tropical a subtropical respectivamente para los estratos de la Formación Dorotea, Campaniano - Maastrichtiano, en la localidad del Valle del Río Las Chinas, evidenciando una disminución de la temperatura y aumento de la humedad ambiental al subir en la columna estratigráfica, esto concuerda por lo expuesto por Pino y otros (2016) quienes concluyen que existió un patrón de enfriamiento en la evolución del clima hacia finales del Maastrichtiano.

Lo concluido por Masquiarán (2019) contrasta en parte con lo expuesto por Ortuya (2017) para la Formación Tres Pasos, ya que la primera define un clima templado frío a subtropical, mientras que la segunda propone que es del tipo tropical a subtropical, no obstante, y como ya se estableció anteriormente, la falta de continuidad del registro podría albergar dicha transición. Por otro lado y lo que concierne a este trabajo, el clima se define como templado a subtropical, coincidiendo con lo establecido por Masquiarán (2019), sin embargo se reitera la recomendación de realizar un estudio y muestreo más detallado de palinomorfos para obtener mayor precisión en los resultados. La tabla 6.2 resume lo expuesto en los trabajos realizados en Sierra Contreras y Cerro Guido para la Formación Tres pasos.

**Tabla 6.2.** Resumen de lo concluido sobre el clima en trabajos en Sierra Contreras y Cerro Guido para la Formación Tres Pasos.

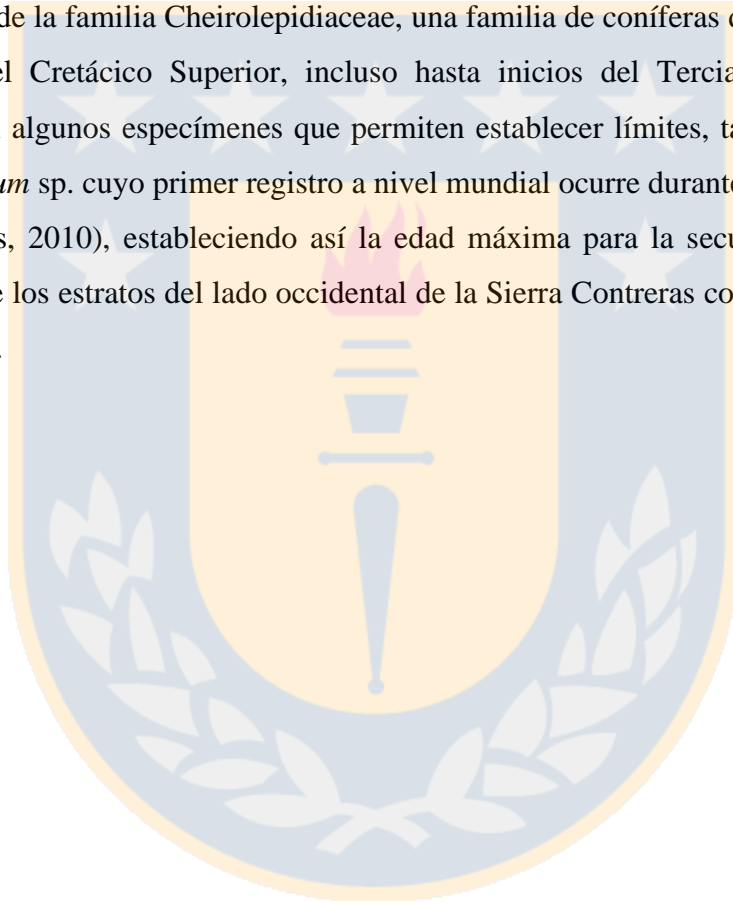
Autor	Clima
Ortuya (2017)	Tropical a subtropical
Masquiarán (2019)	Templado frío a subtropical
Este trabajo (2022)	Templado a subtropical

#### 6.4. Edad

Como se mencionó anteriormente, los estratos del lado oeste de la Sierra Contreras se correlacionan con la Formación Tres Pasos, de edad Campaniano - Maastrichtiano (Cecioni, 1957; Katz, 1963).

El registro fósil en el área de estudio es escaso, a pesar de ello es posible reconocer algunos macrofósiles de origen marino, entre ellos *Baculites* sp. cuya edad se restringe entre el Turoniano Superior y Maastrichtiano. Cerca del techo existe el registro de algunos moldes externos de ammonites, que dadas sus características y cercanía con los fósiles descritos en Masquiarán (2019), se clasifican como *Hoplitolacenticeras* conf., cuyo rango de edad se sitúa entre el Campaniano y Maastrichtiano.

En cuanto a microfósiles no existen rangos acotados que permitan definir con exactitud una edad, como es el caso de la familia Cheirolepidiaceae, una familia de coníferas que se extiende desde el Jurásico hasta el Cretácico Superior, incluso hasta inicios del Terciario (Alvin, 1982). No obstante, existen algunos especímenes que permiten establecer límites, tal es el caso del género *Palaeocystodinium* sp. cuyo primer registro a nivel mundial ocurre durante el Campaniano Tardío (Sánchez y otros, 2010), estableciendo así la edad máxima para la secuencia. Por lo tanto, se define la edad de los estratos del lado occidental de la Sierra Contreras como Campaniano Tardío - Maastrichtiano.





## 7. CONCLUSIONES

El análisis de los estratos del área occidental de Sierra Contreras, pertenecientes a la Formación Tres Pasos, se hace a través de la construcción de 6 columnas: SC5, SC6, SC7, SC8, SC9 y SC10. Hacia la base de la columna el rumbo de los estratos varía entre N15°W y N20°W, mientras que, el manteo fluctúa entre 4°NE y 10°NE. Hacia el techo existen variaciones en el rumbo desde N30°W hasta N70°W, a su vez que el manteo varía entre 5°NE y 8°NE, además de las constantes fluctuaciones de estos valores a lo largo de la columna.

La sección estudiada de la Formación Tres Pasos se compone de 234,9 m de intercalaciones rítmicas de areniscas, areniscas fangosas y fangolitas en distintas proporciones, las cuales contienen diversas especies fósiles y estructuras tales como laminación, estratificación paralela y cruzada de bajo ángulo (hummocky), trazas fósiles y variaciones laterales en el espesor de los estratos, areniscas principalmente, formando cuñas en algunos casos producto de la canalización de los flujos:

Sobre la base de la litología y estructuras se definen 8 facies:

- Areniscas masivas (mS).
- Areniscas con estratificación paralela (sS).
- Areniscas con estratificación cruzada de bajo ángulo (xS).
- Intercalación de areniscas con fangolita arenosa con laminación paralela (ISyMS).
- Fangolitas con laminación paralela (IM).
- Areniscas fangosas masivas (mMyS).
- Areniscas fangosas con laminación paralela (IMyS).
- Intercalación de areniscas con fangolitas con laminación y estratificación paralela (slSM).

En función de las asociaciones de facies, estas rocas se depositan en un ambiente marino con profundidad moderada, de borde de plataforma, con desarrollo de facies de *shoreface* inferior, *offshore* hasta facies de zona de transición, en dicho ambiente se depositan flujos hiperpícnicos, característicos de turbiditas extracuencales y que constan de material tanto marino como continental, donde las variaciones en la densidad del flujo, así como la pérdida de energía del mismo, produce los cambios en la granulometría y estructura de los estratos.

Los macrofósiles encontrados son escasos, pobremente conservados y muy fracturados, de estos se interpreta que los fósiles marinos (*Turritella* sp., *Baculites* sp. y *Hoplitoplacenticeras* conf.), junto con los clastos de fangolita, son removidos e incorporados como carga de fondo por corrientes que fluyen a través de canales submarinos para luego ser depositados en aguas más profundas, es decir, en los lóbulos distales de abanicos submarinos.

Los restos vegetales fosilizados y/o carbonizados son consecuencia directa de la descarga de flujos turbulentos de origen fluvial. La conservación de la materia orgánica, común a lo largo de toda la columna, sumado a la escasa bioturbación de los estratos, sugieren que estos flujos de origen continental se depositan en un ambiente anóxico o bien que sufren de un rápido enterramiento.

Se reconocen las trazas fósiles de *Skolithos* isp., *Thalassinoides* isp., *Palaeophycus* isp. y *Rhizocorallium* isp., estas se asocian a la icnofacies de *Cruziana*, icnofacies presente en plataformas someras entre nivel de oleaje normal y de tormenta, sin embargo la presencia de corrientes de fondo, como en el caso de canales distributarios de abanicos submarinos por donde se mueven corrientes de turbidez, permiten emular estas condiciones en ambientes más profundos.

Pese al pobre estado de conservación, el análisis palinológico de las 6 muestras revela la existencia de un total de 22 especímenes, entre ellos 7 géneros de Pteridófitas: *Baculatisporites*, *Biretisporites*, *Clavifera*, *Cyathidites*, *Deltoidospora*, *Gleicheniidites* e *Ischyosporites*. 5 géneros de Gimnospermas: *Araucariacites*, *Classopollis*, *Podocarpidites*, *Taxodiaceapollenite* y, *Trichotomosulcites*. 7 géneros de Angiospermas: *Arecipites*, *Ericipites*, *Forcipites*, *Peninsulapollis*, *Proteacidites*, *Quadraplanus* y *Rhoipites*. Además de dinoflagelados del género *Palaeocystodinium* y esporas varias de hongos y algas. Adicionalmente el grupo más abundante es el de Pteridófitas, la familia dominante es la Gleicheniaceae, así mismo la especie más numerosa es *Gleicheniidites* sp.

Las familias de palinomorfos identificadas son, en general, típicas de ambientes templados, algunos grupos tienden además a ambientes tropicales a subtropicales. La predominancia de Pteridófitas alude a condiciones de alta humedad, en adición al tamaño promedio de los granos de polen.

Fósiles como *Baculites* sp. y *Hoplitolacenticeras* conf., junto a los microfósiles de *Palaeocystodinium* sp. y representantes de la familia Cheirolepidiaceae, sumado a las correlaciones establecidas, permiten acotar la edad de los estratos al Campaniano Tardío - Maastrichtiano.

La información expuesta en este trabajo, en adición a su posterior análisis, aporta nuevos antecedentes en la reconstrucción de la historia depositacional del complejo Valle del Río Las Chinas - Cerro Guido, permitiendo completar el sector más occidental de Sierra Contreras y por lo tanto los estratos más antiguos de dicho complejo, dilucidando parte de la historia geológica de la Cuenca de Magallanes durante el Cretácico Superior.



## 8. REFERENCIAS

- ALVIN, K. L. 1982.** Cheirolepidiaceae: biology, structure and paleoecology. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Vol. **37**: 71 - 98.
- ARCHANGELSKY, S. & ARCHANGELSKY, A. 2002.** Palinología estadística en el Cretácico de la Cuenca Austral, Plataforma Continental Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, n.s.* Vol. **4(1)**: 25 - 34.
- BOLCHOVITINA, M. A. 1966.** Distribution of the ferns of the family Gleicheniaceae in the past. *Geological Institute of the Academy of Sciences of the USSR*. Vol **15**: 11 - 15. Moscow.
- BÖRGEL, R. 1983.** Geomorfología y Geografía de Chile. Instituto Geográfico Militar. 373 pp. Santiago.
- BOSTELMANN, E.; LE ROUX, J.; VASQUEZ, A.; GUTIÉRREZ, N.; OYARZÚN, J.; CARREÑO, C.; TORRES, T.; OTERO, R.; LLANOS, A.; FANNING, M., NIELSEN, S. & HERVÉ, F. 2012.** A revised lithostratigraphy of the Sierra Baguales, Magallanes Basin. *Actas del XIII Congreso Geológico Chileno*: 695 - 697. Antofagasta.
- BRINKHUIS, H.; BUJAK, J. P.; SMIT, J.; VERSTEEGH, G. J. M. & VISSCHER, H. 1998.** Dinoflagellate-based sea surface temperature reconstructions across the Cretaceous - Tertiary boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. **141 (1-2)**: 67 - 83.
- BRUHN, R.; STERN, C. & DE WIT, M. 1978.** Field and geochemical data bearing on the development of a Mesozoic volcano-tectonic rift zone and back-arc basin in southernmost South America. *Earth and Planetary Science Letters*. Vol. **41**: 32 - 46.
- BUATOIS, L. A.; MÁNGANO, M. G. & ACEÑOLAZA, F. G. 2002.** Trazas fósiles: señales de comportamiento en el registro estratigráfico. Edición especial del Museo Paleontológico Egidio Feruglio. N°2: 382 pp. Trelew.
- CALDERÓN, M.; FILDANO, A.; HERVÉ, F.; FANNING, C. M.; WEISLOGEL, A. & CORDANI, U. 2007.** Late Jurassic bimodal magmatism in the northern sea-floor remnant of the Rocas Verdes basin, southern Patagonian Andes. *Journal of the Geological Society*. Vol. **164**: 1011 - 1022. Londres.

- CAMACHO, H. H.; CHIESA, J. O.; PARMA, S. G. & REICHLER, V. 2000.** Invertebrados marinos de la Formación Man Aike (Eoceno Medio), Provincia de Santa Cruz, Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*. Vol. **64**: 187 - 208. Córdoba.
- CAÑÓN, A. 2000.** Nuevos antecedentes de la estratigrafía de la cuenca de Magallanes. *Anales del instituto de la Patagonia, Serie Ciencias Naturales*. Vol. **28**: 41 - 50.
- CECIONI, G. 1957.** Età della flora del Cerro Guido e stratigrafia del Departamento Ultima Esperanza, provincia di Magellano, Cile. *Estratto dal Bollettino della Societa Geologica Ituliana*. Vol. **76**: 1 - 15.
- CONCHEYRO, A. 1991.** Nanofósiles calcáreos de la Formación Man Aike (Eoceno, Sudoeste del lago Cardiel) Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana*. Vol. **28**: 385 - 399. Buenos Aires.
- CORTÉS, R. 1964.** Reconocimiento del área Río de las Chinas Río Bandurrias (Última Esperanza). Empresa Nacional del Petróleo, Magallanes. 33 pp. Punta Arenas.
- CRUZ, C. & CALDERÓN, J. 2008.** Guía climática práctica. Dirección Meteorológica de Chile: 116 pp. Santiago.
- DALZIEL, I. 1981.** Back-arc extension in the southern Andes: a review and critical reappraisal. *Lamont-Doherty Geological Observatory of Columbia University*. Vol **300**: 319 - 351. New York.
- DEL RIO, C. 2002.** Moluscos del terciario marino. Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. (Haller, M. J. Editor). *Relatorio XV Congreso Geológico Argentino*. Vol. **9**: II 1 - 22. Calafate.
- DI CASTRI, F. & HAJEK, E. 1976.** Bioclimatología de Chile. Vicerrectoría Académica de la Universidad de Chile: 163 pp. Santiago.
- ECKENWALDER, J. E. 1976.** Re-evaluation of Cupressaceae and Taxodiaceae: a proposed merger. *California Botanical Society*. Vol. **23**: 237 - 256. Madroño.
- FILDANI, A. & HESSLER, A. 2005.** Stratigraphic record across a retroarc basin inversion: Rocas Verdes–Magallanes Basin, Patagonian Andes, Chile. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. **117**: 1.596 - 1.614.

- FILDANI, A.; ROMANS, B.; FOSDICK, J.; CRANE, W. & HUBBARD, S. 2008.** Orogenesis of the Patagonian Andes as reflected by basin evolution in southernmost South America. *Ores and orogenesis: Circum-Pacific tectonics, geologic evolution, and ore deposits: Arizona Geological Society Digest*. Vol. **22**: 259 - 268.
- FOSDICK, J. C.; ROMANS, B.; FILDANI, A.; BERNHARDT, A.; CALDERÓN, M. & GRAHAM, S. 2011.** Kinematic evolution of the Patagonian retroarc fold-and-thrust belt and Magallanes foreland basin, Chile and Argentina, 51°30'S. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. **123**: 1679 - 1698.
- GARRIDO, S. 2017.** Foraminíferos, ostrácodos y nanofósiles calcáreos del Campaniano - Maastrichtiano del valle del río de Las Chinas: implicancias paleoambientales, paleoecológicas y paleobiogeográficas. Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 185 pp. Concepción.
- GERARD, J. R. F. & BROMLEY, R. G. 2008.** Ichnofabrics in clastic sediments. Applications to sedimentological core studies: a practical guide. Jean R.F. Gerard: 97 pp. Madrid, España.
- GHIBAUDO, G. 1992.** Subaqueous sediment gravity flow deposits: practical criteria for their field description and classification. *Sedimentology*. Vol. **39**: 423 - 454.
- GIBERT, J. M. & MARTINELL, J. 1998.** El modelo de icnofacies, 30 años después. *Revista Española de Paleontología*. Vol. **13**(2): 167- 174.
- GONZALEZ - GILLT, M.; ACEVEDO, R. & ESCAYOLA M. 2010.** El Gabro Rancho Lata: Magmatismo mesozoico off-axis de la cuenca marginal Rocas Verdes en los Andes Fueguinos de Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*. Vol. **23**: 431 - 448.
- GREINER, K. W. & WARNY, S. 2015.** Nothofagus pollen grain size as a proxy for long-term climate change: An applied study on Eocene, Oligocene, and Miocene sediments from Antarctica. *Review of Palaeobotany and Palynology*. Vol. **221**: 138 - 143.
- GUÍÑEZ, M.; VALDÉS, J. & SIFFEDINE, A. 2010.** Variabilidad espacial y temporal de la materia orgánica sedimentaria, asociada a la Zona de Mínimo Oxígeno (ZMO), en un ambiente

costero del norte de la corriente de Humboldt, bahía de Mejillones, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*. Vol. **38**(2): 242 - 253.

**HENDERSON, A. 1990.** Arecaceae. Part I. Introduction and the Iriarteinae en Flora Neotropica. *Organization for Flora Neotropica*. Vol. **53**: 1 - 100.

**HERVÉ, F.; GODOY, E.; MPODOZIS, C. & FANNING, M. 2004.** Monitoring Magmatism of the Patagonian Batholith through the U–Pb Shrimp Dating of Detrital Zircons in Sedimentary Units of the Magallanes Basin. *Bolletino Di Geofísica Teorica Ed Applicata*. Vol. **45**: 113 - 117. Buenos Aires.

**HUBBARD, S.; ROMANS, B. & GRAHAM, S. 2008.** Deep-water foreland basin deposits of the Cerro Toro Formation, Magallanes basin, Chile: architectural elements of a sinuous basin axial channel belt. *Sedimentology*. Vol. **55**: 1333 - 1359.

**HÜNICKEN, M. 1971.** Paleophytologia Kurtziana III, 4. Atlas de la flora fósil de Cerro Guido (Cretácico Superior), Última Esperanza, Chile (Especímenes examinados por F. Kurtz). *Ameghiniana*. Tomo **VIII**, N° 3 y 4. Buenos Aires.

**INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. 2007.** Atlas Geográfico para la Educación. Instituto Geográfico Militar de Chile: 216 pp. Santiago.

**JOHANSSON, M. & STOW, D. A. V. 2014.** A classification scheme for shale clasts in deep water sandstones. *Geological Society Special Publication* No. 94. 221 - 241.

**KATZ, H. 1962.** Fracture Patterns and Structural History in the Sub-Andean Belt of Southernmost Chile. *The Journal of Geology*. Vol. **70**(5): 595 - 603.

**KATZ, H. 1963.** Revision of Cretaceous Stratigraphy in Patagonian Cordillera of Ultima Esperanza, Magallanes Providence, Chile. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*. Vol. **47**: 506 - 524.

**KATZ, H. 1972.** Plate tectonics and orogenic belt in the Southeast Pacific. *Nature*. Vol. **273**: 331 - 332.

**KERSHAW, P. & WAGSTAFF, B. 2001.** The southern conifer family Araucariaceae: History, status, and value for paleoenvironmental reconstruction. *Annual Review of Ecology and Systematics*. Vol. **32**: 397 - 414.

**KNAUST, D. 2013.** The ichnogenus *Rhizocorallium*: Classification, trace makers, palaeoenvironments and evolution. *Earth-Science Reviews*. No. 126. 1 - 46.

**KORALL, P.; CONANT, D. S.; METZGAR, J. S.; SCHNEIDER, H. & PRYER, K. M. 2007.** A molecular phylogeny of scaly tree ferns (Cyatheaceae). *American Journal of Botany*. Vol. **94(5)**: 873 - 886.

**KRAMER, K. U. 1990.** Pteridophytes and gymnosperms, en Kubitzki, K. (editor.) The families and genera of vascular plants. *Springer-Verlag*. Vol. **1**: 145 - 263. Berlín.

**LOWE, D. R. 1982.** Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*. Vol. **52 (1)**: 279 - 297.

**LYCK, J. M. & STEMMERIK, L. 2000.** Palynology and depositional history of the Paleocene? Thyra Ø Formation, Wandel Sea Basin, eastern North. Greenland. *Geology of Greenland Survey Bulletin*. Vol. **187**: 21 - 49.

**MACAULEY, R. V. & HUBBARD, S. M. 2013.** Slope channel sedimentary processes and stratigraphic stacking, Cretaceous Tres Pasos Formation slope system, Chilean Patagonia. *Marine and Petroleum Geology*. Vol. **41**: 146 - 162.

**MACERALLI, C. 1988.** Late Cretaceous Kossmaticeratidae (Ammonoidea) from the Magallanes Basin, Chile. *Journal of Paleontology*. Vol. **62**: 889 - 905.

**MACERALLI, C.; BARRIO, C. A. & MANASSERO, M. J. 1989.** Upper Cretaceous to Paleocene depositional sequences and sandstone petrography of southwestern Patagonia (Argentina and Chile). *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **2**: 223 - 239.

**MALUMIÁN, N. 2002.** El Terciario marino. Sus relaciones con el eustatismo. En M.J.Haller (Ed.). Geología y Recursos naturales de Santa Cruz. *Relatorio XV Congreso Geológico Argentino*. Vol. **1 - 15**: 237 - 244. Buenos Aires.



**MALUMIÁN, N. & CARAMÉS, A. 1997.** Upper Campanian-Paleogene from the Río Turbio coal measures in southern Argentina: micropaleontology and the Paleocene/Eocene boundary. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **10** (2): 189 - 201.

**MANRÍQUEZ, L. 2015.** Estratigrafía y ambiente de sedimentación de los depósitos marinos - continentales del Maastrichtiano - Eoceno del sector río Las Chinas, Provincia de Última Esperanza, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena. Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 130 pp. Concepción.

**MARENSSI, S. A.; CASADÍO, S. & SANTILLANA, S. N. 2002.** La Formación Man Aike al sur de El Calafate (Provincia de Santa Cruz) y su relación con la discordancia del Eoceno medio en la cuenca Austral. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol. **57**: 341 - 344.

**MASQUIARÁN, M. 2019.** Estratigrafía de secuencias marinas del Campaniano - Maastrichtiano, pertenecientes a la cuenca de Magallanes, en el sector Este de Sierra Contreras, Provincia de Última Esperanza, Región de Magallanes y de la Antártica Chilena, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 179 pp. Concepción.

**MAYS, C., TOSOLINI, A., CANTRIL, D. & STILWELL, J. 2015.** Late Cretaceous (Cenomanian-Turonian) macroflora from the Chatham Islands, New Zealand: Bryophytes, lycophytes and pteridophytes. *Gondwana Research*. Vol. **27**: 1042 - 1060.

**MELLA, P. 2001.** Control tectónico en la evolución de la cuenca de antepaís de Magallanes, XII Región, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Concepción, Departamento de Ciencias de la Tierra (Inédito): 149 pp. Concepción.

**MPODOZIS, C. & RAMOS, V. 2008.** Tectónica Jurásica en Argentina y Chile: Extensión, subducción oblicua, rifting, deriva y colisiones. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. Vol. **63** (4): 481 - 497.

**MUTTI, E., TINTERRI, R., BENEVELLI, G., DI BIASE, D. & CAVANNA G. 2003.** Deltaic, mixed and turbidite sedimentation of ancient foreland basins. *Marine and Petroleum Geology*. Vol. **20**: 733 - 755.

**ORTUYA, M. 2017.** Estratigrafía, paleoambiente y paleoclima del Cretácico Superior de cerro Guido y sector sur del valle del río Las Chinas. Provincia de Última Esperanza, Región de Magallanes y la Antártica Chilena, Chile. Memoria para optar al Título de Geóloga. Universidad de Concepción, Departamento Ciencias de la Tierra (Inédito): 80 pp. Concepción.

**OTERO, R.; SUÁREZ, M. & LE ROUX, J. 2009.** First record of Elasmosaurid Plesiosaurs (Sauropterygia: Plesiosauria) in upper levels of the Dorotea Formation, Late Cretaceous (Maastrichtian), Puerto Natales, Chilean Patagonia. *Andean Geology*. Vol. **36**: 342 - 350.

**PALACIOS, M. 1990.** Osmundaceae. Flora de Veracruz, Fascículo 61. *Instituto de Ecología*: 7 pp. Pátzcuaro, México.

**PAVILAUSKAS, L. 2010.** Palinología del entorno Cretácico/Paleógeno del SO de la Provincia de Santa Cruz: Significado estratigráfico y paleoambiental. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional De La Plata. 395 pp. La Plata.

**PEYROT, D.; PLAYFORD, G.; MANTLE, D. J.; BACKHOUSE, J.; MILNE, L. A.; RAYMOND, J.; CARPENTER, R. J.; FOSTER, C.; MORY, A. J.; MCLOUGHLIN, S.; VITACCA, J.; SCIBIORSKI, J.; MACK, C. L. & BEVAN, J. 2019.** The greening of Western Australian landscapes: the Phanerozoic plant record. *Journal of the Royal Society of Western Australia*. Vol. **102**: 52 - 82.

**PICKERING, K. T.; STOW, D. A. V.; WATSON, M. P. & HISCOTT, R. N. 1986.** Deep-water facies, processes and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediments. *Earth-Sci Reviews*. Vol. **23**: 75 - 174. Amsterdam.

**PONCE, J. J.; CARMONA, N. & MONTAGNA, A. O. 2018.** Atlas de estructuras sedimentarias inorgánicas y biogénicas: descripción, análisis e interpretación a partir de afloramientos, testigos corona y registros de imágenes de pozo. Fundación YPS. Primera Edición: 70 - 71. Buenos Aires, Argentina.

**QUALTROCCHIO, M. E. & RUIZ, L. C. 1999.** Paleoambiente de la Formación Pedro Luro (Maastrichtiano? - Paleoceno) en base a palinomorfos, cuenca del Colorado, Argentina. *Ameghiniana - Asociación Paleontológica Argentina*. Vol. **36(1)**: 37 - 47.

**RAMOS, V. 1988.** Late Proterozoic-Early Paleozoic of South America – a collisional History. *Episodes*. Vol **11**: 168 - 174.

**RAMOS, V. 2002.** Evolución tectónica. Geología y Recursos Naturales de Santa Cruz. *Relatorio XV Congreso Geológico Argentino*. Vol. **I (23)**: 365 - 387. Buenos Aires.

**ROMANS, B. W.; FILDANI, A.; HUBBARD, S. M.; COVAULT, J. A.; FOSDICK, J. C. & GRAHAM, S. A. 2010.** Evolution of deep-water stratigraphic architecture, Magallanes Basin, Chile. *Marine and Petroleum Geology*: 1 - 17.

**SAENZ DE RIVAS, C. 1976.** Sobre la nomenclatura palinológica: la esporodermis. *Anal Instituto de Botánica*. Vol. **33**: 159 - 177. Cavanilles.

**SÁENZ LAÍN, C. 2004.** Glosario de términos palinológicos. *LAZAROA*. Vol. **25**: 93 - 112.

**SÁNCHEZ, A.; PAVLISHINA, P.; GODOY, E.; HERVÉ, F. & FANNING, C. M. 2010.** On the presence of upper Paleocene rocks in the foreland succession at Cabo Nariz, Tierra del Fuego, Chile: geology and new palynological and U-Pb data. *Andean Geology*. Vol. **37(2)**: 413 - 432.

**SCHWARTZ, T. M. & GRAHAM, S. A. 2015.** Stratigraphic architecture of a tide influenced shelf-edge delta, Upper Cretaceous Dorotea Formation, Magallanes-Austral Basin, Patagonia. *Sedimentology*. Vol. **62**: 1.039 - 1.077.

**SCHWARTZ, T. M.; FOSDICK, J. C. & GRAHAM, S. 2017.** Using detrital zircon U-Pb ages to calculate Late Cretaceous sedimentation rates in the Magallanes-Austral basin, Patagonia. *Basin Research*: 1 - 22.

**SHULTZ, M. R. & HUBBARD, S. M. 2005.** Sedimentology, stratigraphic architecture, and ichnology of gravity-flow deposits partially ponded in a growth-fault-controlled slope minibasin, Tres Pasos Formation (Cretaceous), southern Chile. *Journal of Sedimentary Research*. Vol. **75 (3)**: 440 - 453.

**STEVENS, P. F.; LUTEYN, J.; OLIVER, E. G. H.; BELL, T. L.; BROWN, E. A.; CROWDEN, R. K.; GEORGE, A. S.; JORDAN, G. J.; LADD, K.; LEMSON, K.; MCLEAN, C. B.; MENAUDE, Y.; PATE, H. M.; STACE, C. M. & WEILLER, C. M. 2004.** Ericaceae. In: Kubitzki K. (eds) Flowering Plants · Dicotyledons. The Families and Genera of Vascular Plants, Vol. **6**: 145 - 194. Springer, Berlín.

**TOSOLINI, A. P.; MCLOUGHLIN, S.; WAGSTAFF, B. E.; CANTRILL, D. J. & GALLAGHER, S. J. 2015.** Cheirolepidiacean foliage and pollen from Cretaceous high-latitudes of southeastern Australia. *Gondwana Research*. Vol. **27**: 960 - 977.

**VERA, J. 1994.** Estratigrafía: Principios y métodos. Editorial Rueda: 806 pp. Madrid.

**WESTON, P. H. 2007.** Proteaceae. In: Kubitzki K. (eds) Flowering Plants - Eudicots. The Families and Genera of Vascular Plants. Vol. **9**: 364 - 404. Springer, Berlín,

**WILSON, T. 1991.** Transition from back-arc to foreland basin development in the southernmost Andes: Stratigraphic record from the Ultima Esperanza District, Chile. *Geological Society of America Bulletin*. Vol. **103**: 98 - 111.

**YABE, A.; UEMURA, K.; NISHIDA, H & YAMADA, T. 2006.** Geological notes on plant megafossil localities at cerro Guido, Ultima Esperanza, MAGallanes (XII) Region, Chile. *Post-Cretaceous Floristic Changes in Southern Patagonia*: 5 - 10. Tokyo.

**YBERT, J.; CARVALHO, M.; SCHEEL-YBERT, R. & COUTO DE REZENDE, R. 2012.** Dicionário temático de morfologia esporopolínica. Serie de libros Museo Nacional. Vol. **47**: 100 pp. Río de Janeiro.

**ZAMUDIO, S. 2002.** Podocarpaceae. En Flora del bajío y de regiones adyacentes, Fascículo 105. *Instituto de Ecología*: 5 pp. Pátzcuaro, México.

**ZAMUDIO, S. & CARRANZA, E. 1994.** Cupressaceae. En Flora del bajío y de regiones adyacentes, Fascículo 29. *Instituto de Ecología*: 20 pp. Pátzcuaro, México.

**ZAVALA, C.; ARCURI, M.; DI MEGLIO, M. & ZORZANO, A. 2014.** Depósitos de turbiditas intra y extra cuencales: origen y características distintivas. *IX Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, trabajos técnicos*. Tomo **II**: 225 - 244.



# ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>		<b>Página</b>
<b>1</b>	<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE ROCAS .....</b>	<b>111</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE ROCAS .....</b>	<b>148</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES .....</b>	<b>153</b>
<b>4</b>	<b>COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERAL .....</b>	<b>FT*</b>

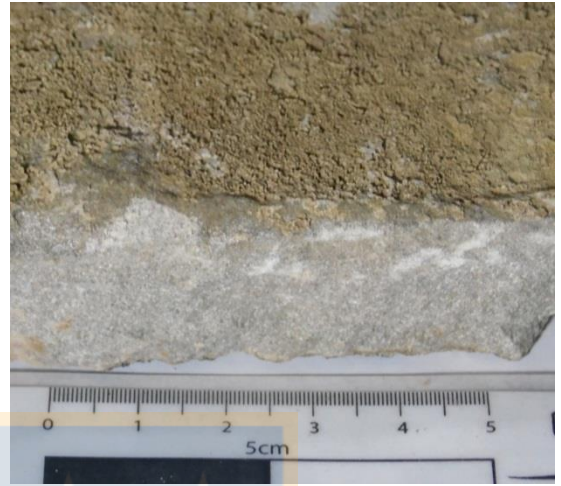


\*FT: Fuera de texto.



**ANEXO N° 1: DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA  
DE ROCAS**

<b>Muestra SC5M1</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.997 m E / 4.359.915 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris verdoso claro	
	Roca alterada	Gris parduzco claro	
<b>Selección</b>	Buena		
<b>Fábrica</b>	Clasto soportada		
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava	0	Granos	97 %
Arena	97	Matriz	1 %
Fango	3	Cemento	2 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	73	0,2	Subredondeado
Plagioclasa	14	0,25	Subredondeado
Piroxeno	2	0,1	Subredondeado a subangular
Muscovita	2	0,1	Angular
Biotita	1	0,3	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánico	4	0,3	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	4	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano fino a medio. Se encuentran algunos cristales de epidota de alteración, micas alteradas a clorita y epidota en algunos sectores, feldespatos alterados a arcillas y restos vegetales carbonizados. Oxidación genera tonos anaranjados a lo largo de toda la muestra. Efervesce fuertemente.			





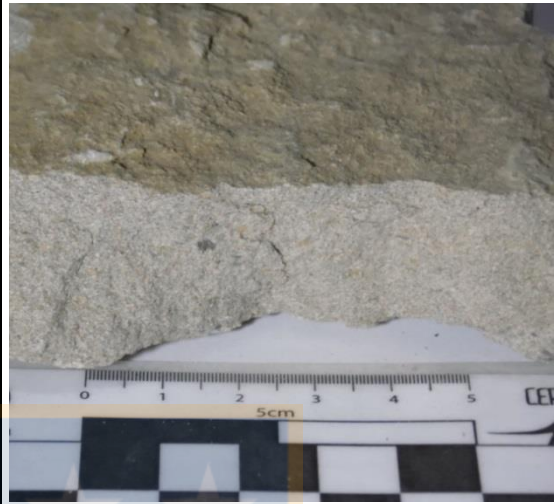
<b>Muestra SC5M2</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.989 m E / 4.359.915 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris parduzco	
	Roca alterada	Pardo amarillento	
<b>Selección</b>		Buena	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava	0	Granos	78 %
Arena	92	Matriz	20 %
Fango	8	Cemento	2 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	70	0,2	Subangular a subredondeado
Plagioclasa	20	0,2	Subangular a subredondeado
Piroxeno	2	0,2	Subangular a subredondeado
Biotita	2	0,3	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánico	2	0,3	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	4	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano fino, efervesce muy débilmente, alteración a arcilla de los feldespatos, a minerales verdes (clorita) de las biotitas y abundante oxidación. Restos vegetales carbonizados. Contiene impronta de traza fósil tubular.			



<b>Muestra SC5M3</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 671.000 m E / 4.359.891 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca fangosa (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris rosáceo oscuro		
	Roca alterada	Pardo amarillento		
<b>Selección</b>		Moderada		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	88 %
Arena		88	Matriz	10 %
Fango		12	Cemento	2 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	74	0,2	Subredondeado	Subprismático a esférico
Plagioclasa	12	0,2	Subredondeado	Subdiscoidal
Piroxeno	3	0,3	Subredondeado	Subdiscoidal
Muscovita	2	0,1	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	5	0,2	Subredondeado	Subprismático a esférico
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	4	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano fino, restos vegetales carbonizados en lentes, tonos rosáceos posiblemente atribuibles a ortoclasa. Efervesce.				

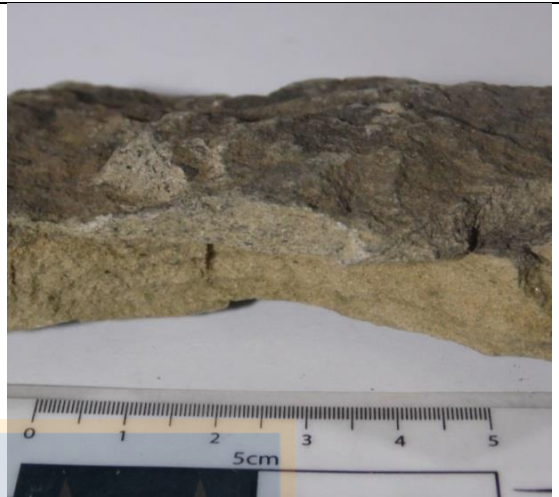


<b>Muestra SC5M4</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 671.011 m E / 4.359.879 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris levemente verdoso		
	Roca alterada	Pardo amarillento		
<b>Selección</b>		Buena		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	87 %
Arena		91	Matriz	8 %
Fango		9	Cemento	5 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B.		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	83	0,3	Subangular a subredondeado	Subprismático a esférico
Plagioclasa	10	0,3	Subangular a subredondeado	Subprismático
Anfíbol	1	0,4	Subangular	Subprismático
Piroxeno	1	0,4	Subangular	Subprismático
Muscovita	1	0,3	Angular	Discoidal
Biotita	2	0,3	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	1	0,4	Subangular	Subprismático
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	1	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio, efervesce, alteración a arcillas de feldespatos, a minerales verdes (clorita) de anfíboles y biotitas, abundante oxidación. Restos vegetales carbonizados.				



<b>Muestra SC6M1</b>					
<b>Coordenadas</b> 18F 671.130 m E / 4.359.522 m N WGS 1984					
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)			
		Arenisca (Nichols, 1999)			
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris oscuro			
	Roca alterada	Pardo violáceo anaranjado a oscuro			
<b>Selección</b>		Moderada			
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada			
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>		Clástica
Grava		0	Granos		80 %
Arena		93	Matriz	15 %	
Fango		7	Cemento	5 %	
<b>Descripción de cemento</b>			Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>	
<b>Monominerales</b>					
Cuarzo	74	0,4	Subredondeado a subangular	Esférico a subprismático	
Plagioclasa	15	0,4	Subangular a subredondeado	Subprismático a subdiscoidal	
Piroxeno	4	0,5	Subangular a subredondeado	Subprismático	
Muscovita	1	0,5	Angular	Discoidal	
Biotita	1	0,5	Angular	Discoidal	
<b>Líticos</b>					
Volcánicos	2	0,7	Subredondeado a subangular	Esférico	
<b>Bioclastos</b>					
Restos vegetales	3	-	-	-	
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio a grueso, efervesce, alteración a arcillas de feldspatos, a minerales verdes (clorita) de los anfíboles, oxidación, epidota de alteración escasa y restos vegetales carbonizados.					

<b>Muestra SC6M2</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 671.127 m E / 4.359.521 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris parduzco	
	Roca alterada	Pardo anaranjado	
<b>Selección</b>		Moderada	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica 88 %
Arena	93	Matriz	12 %
Fango	7	Cemento	0 %
<b>Descripción de cemento</b>		-	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
			<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	73	0,4	Subredondeado a subangular
Plagioclasa	8	0,4	Subangular a subredondeado
Piroxeno	3	0,3	Subangular a subredondeado
Muscovita	2	0,3	Angular
Biotita	2	0,4	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánico	2	0,6	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	10	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio, alteración de los feldespatos a arcilla y abundante oxidación. Lentes de restos vegetales carbonizados de menos de 1 mm de espesor y longitud variable, de milimétrica a centimétrica. Una de las caras de la muestra tiene nivel de restos vegetales sin estructuras.			



<b>Muestra SC6M3</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 671.123 m E / 4.359.512 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Fangolita (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	-		
	Roca alterada	Pardo anaranjado		
<b>Selección</b>	-			
<b>Fábrica</b>	-			
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica	
Grava	0	Granos	100 %	
Arena	0	Matriz	0 %	
Fango	100	Cemento	0 %	
<b>Descripción de cemento</b>		-		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Muscovita	2	<0,06	Angular	Discoidal
Biotita	1	0,2	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
-	-	-	-	-
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	15	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño muy fino impide el reconocimiento apropiado de composición. No se distingue color en superficie fresca. Abundante restos vegetales carbonizados, sin estructuras, con aparente forma de hojas. Efervesce.				



<b>Muestra SC6M4</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 671.132 m E / 4.359.621 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro	
	Roca alterada	Gris parduzco con tonos anaranjados	
<b>Selección</b>		Buena	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica
Arena	95	Matriz	95 %
Fango	5	Cemento	3 %
<b>Descripción de cemento</b>		-	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	71	0,2	Subredondeado
Plagioclasa	7	0,15	Subredondeado a subangular
Piroxeno	3	0,15	Subangular
Muscovita	1	0,2	Angular
Biotita	1	0,1	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	3	2	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	14	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano fino, superficie muy alterada a arcillas y óxidos, los piroxenos se ven verdosos debido a alteración a clorita. Los restos vegetales se encuentran carbonizados.			

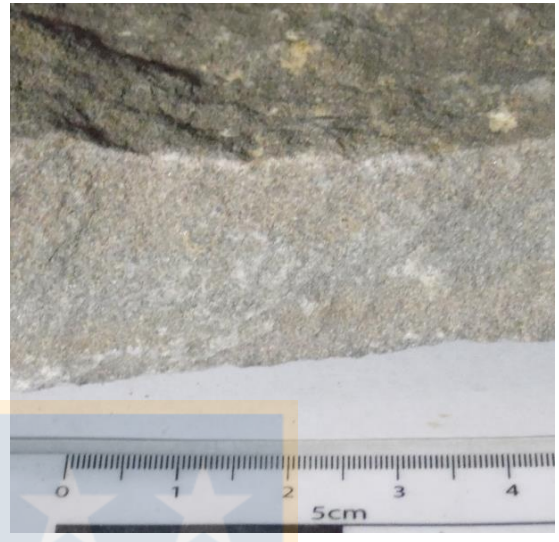


<b>Muestra SC7M1</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 671.250 m E / 4.359.318 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris parduzco oscuro		
	Roca alterada	Pardo grisáceo oscuro		
<b>Selección</b>		Buena		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	91 %
Arena		97	Matriz	5 %
Fango		3	Cemento	4 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	79	0,3	Subredondeado	Subprismático
Plagioclasa	11	0,25	Subangular	Subprismático a subdiscoidal
Piroxeno	3	0,2	Subangular	Subprismático
Muscovita	1	0,1	Angular	Discoidal
Biotita	1	0,2	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	2	0,1	Subredondeado	Subprismático a esférico
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	3	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano medio a fino, leve alteración de los máficos a epidota y, en menor medida, clorita, que en algunos sectores da tonalidad levemente verdosa a la roca, además de leve oxidación y restos vegetales carbonizados. El contacto entre los granos es muy compacto (empaquetamiento completo a saturado), lo que dificulta la observación de estos en la lupa. Efervesce fuertemente.				





<b>Muestra SC7M2</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 671.275 m E / 4.359.238 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris verdoso	
	Roca alterada	Pardo oscuro, anaranjado a amarillento	
<b>Selección</b>		Buena	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica 87 %
Arena	95	Matriz	8 %
Fango	5	Cemento	5 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
			<b>Esféricidad</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	72	0,3	Subangular
Plagioclasa	15	0,25	Subangular
Piroxeno	3	0,2	Subredondeado a subangular
Muscovita	1	0,3	Angular
Biotita	1	0,3	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	3	0,5	Subredondeado a subangular
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	4	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio a fino, efervesce, alteración a arcilla de los feldspatos, a minerales verdes (clorita) de los anfíboles y abundante oxidación. Restos vegetales carbonizados. Muestra contiene trazas fósiles tubulares y paralelas que no se distinguen con claridad.			



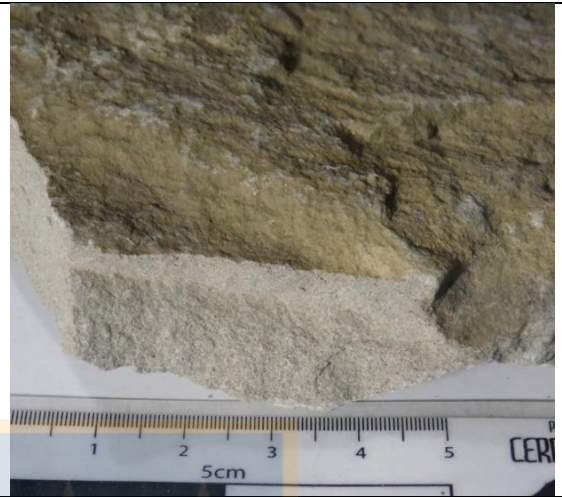
<b>Muestra SC7M3</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 671.273 m E / 4.359.236 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris verdoso		
	Roca alterada	Pardo anaranjado claro		
<b>Selección</b>		Moderada		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	91 %
Arena		92	Matriz	5 %
Fango		8	Cemento	4 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	72	0,2	Subredondeado	Subprismático a esférico
Plagioclasa	15	0,2	Subangular	Subprismático a subdiscoidal
Piroxeno	2	0,2	Subangular	Subprismático
Muscovita	1	0,1	Angular	Discoidal
Biotita	1	0,2	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	2	0,2	Subredondeado a redondeado	Subprismático
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	7	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano fino, posee lentes con restos vegetales carbonizados, con espesores que van desde 1 a 10 mm, algunos cristales de epidota por alteración de minerales máficos, tonalidades verdosas se presumen producto de la alteración a clorita de los mismo. Algunos granos se encuentran oxidados, líticos principalmente.				



<b>Muestra SC7M4a y SC7M4b</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 671.266 m E / 4.359.231 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>	Subarcosa (Folk, 1968)			
	Fangolita arenosa (Nichols, 1999)			
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro		
	Roca alterada	Gris amarillento		
<b>Selección</b>	Moderada			
<b>Fábrica</b>	Clasto soportada			
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica	
Grava	0	Granos	26 %	
Arena	26	Matriz	74 %	
Fango	74	Cemento	0 %	
<b>Descripción de cemento</b> -				
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	18	0,1	Subangular a subredondeado	Esférico a subprismático
Plagioclasa	2	0,1	Subangular	Subprismático
Piroxeno	1	0,15	Subangular	Subprismático
Muscovita	1	0,2	Angular	Discoidal
Biotita	1	0,2	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	1	0,3	Subredondeado a subangular	Esférico
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	2	-	-	-
<b>Observaciones:</b>				
Tamaño de los granos fino a muy fino, alteración a arcillas de feldespatos y abundante oxidación. Contiene lentes de restos vegetales carbonizados.				




<b>Muestra SC7M5</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 671.266 m E / 4.359.231 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris verdoso	
	Roca alterada	Gris amarillento	
<b>Selección</b>		Buena	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica 93 %
Arena	93	Matriz	4 %
Fango	7	Cemento	3 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	80	0,15	Subredondeado a redondeado
Plagioclasa	16	0,1	Subredondeado a subangular
Piroxeno	1	0,2	Subangular a subredondeado
Muscovita	1	0,1	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	1	0,2	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	1	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano fino a muy fino, alteración leve a óxidos, principalmente en líticos, y muy leve a epidota y clorita, mayormente en máficos, resultando en las tonalidades verdosas observadas, por otro lado, los feldespatos están alterados a arcillas, además se pueden encontrar restos vegetales carbonizados. Efervesce débilmente.			



<b>Muestra SC7M6a y SC7M6b</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 671.266 m E / 4.359.231 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca fangosa (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro	
	Roca alterada	Pardo amarillento a anaranjado	
<b>Selección</b>		Buena	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica
Arena	85	Matriz	85 %
Fango	15	Cemento	15 %
<b>Descripción de cemento</b>		-	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
			<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	81	0,2	Subangular a subredondeado
Plagioclasa	10	0,2	Subangular
Anfíbol	1	0,15	Subangular
Piroxeno	1	0,2	Subangular a subredondeado
Muscovita	2	0,2	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	2	0,3	Subangular a subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	3	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano fino, alteración a arcilla de los feldespatos, a minerales verdes (clorita) de anfíboles y biotitas, además de oxidación. Restos vegetales carbonizados. Muestra contiene lentes de fangolita de color negro parduzco, anaranjado por alteración, de cerca de 1mm de espesor y longitud variable, centimétrica.			



<b>Muestra SC8M1</b>					
<b>Coordenadas</b> 18F 669.947 m E / 4.359.329 m N WGS 1984					
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)			
		Arenisca (Nichols, 1999)			
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro			
	Roca alterada	Amarillo parduzco			
<b>Selección</b>		Moderada			
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada			
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica	
Grava		0	Granos	91 %	
Arena		97	Matriz	6 %	
Fango		3	Cemento	3 %	
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B			
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>	
<b>Monominerales</b>					
Cuarzo	78	0,3	Subredondeado	Esférico a subprismático	
Plagioclasa	8	0,25	Subredondeado	Subprismático	
Piroxeno	7	0,2	Subredondeado a subangular	Subprismático	
Muscovita	1	0,2	Angular	Discoidal	
<b>Líticos</b>					
Volcánicos	4	0,3	Subredondeado a redondeado	Esférico a subprismático	
<b>Bioclastos</b>					
Restos vegetales	2	-	-	-	
<b>Observaciones:</b> Grano medio a fino, superficie levemente oxidada y alterada a arcillas, restos vegetales carbonizados, la efervescencia es más fuerte dentro y alrededor de fracturas.					

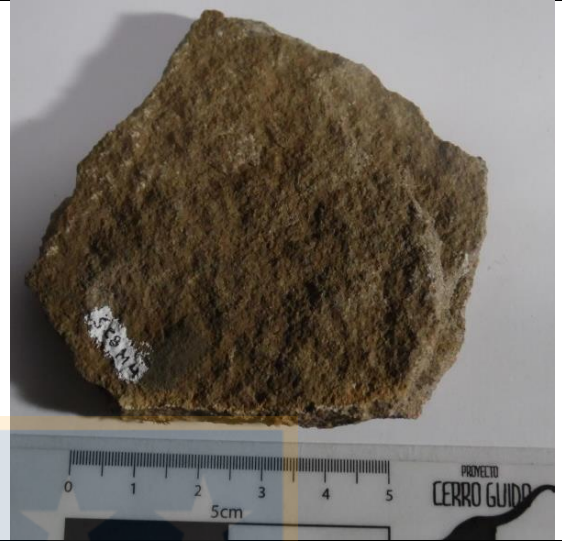
<b>Muestra SC8M2</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 669.947 m E / 4.359.329 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca fangosa (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris oscuro		
	Roca alterada	Gris blanquecino		
<b>Selección</b>		Buena		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	85 %
Arena		85	Matriz	15 %
Fango		15	Cemento	0 %
				
<b>Descripción de cemento</b>		-		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	80	0,08	Subredondeado	Esférico a subprismático
Plagioclasa	5	0,08	Subredondeado	Subprismático
Piroxeno	4	0,1	Subredondeado a subangular	Subprismático
Muscovita	3	0,07	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
-	-	-	-	-
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	2	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano muy fino, la superficie se encuentra totalmente alterada a arcillas. No es posible ver o suponer tipo de cemento, los restos vegetales se encuentran carbonizados.				

<b>Muestra SC8M3</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 669.956 m E / 4.359.303 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris rosáceo claro	
	Roca alterada	Gris parduzco claro	
<b>Selección</b>		Moderada	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica 95 %
Arena	92	Matriz	5 %
Fango	8	Cemento	0 %
<b>Descripción de cemento</b>		-	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	73	0,2	Redondeado a subredondeado
Plagioclasa	7	0,15	Subredondeado
Piroxeno	6	0,2	Subangular
Muscovita	2	0,2	Angular
<b>Líticos</b>			
-	-	-	-
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	12	-	-
<b>Observaciones:</b> Arenisca de grano fino, se encuentran niveles con abundantes restos vegetales carbonizados, oxidación de los granos en superficie y escasa epidota de alteración.			





<b>Muestra SC8M4</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 669.968 m E / 4.359.304 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris parduzco violáceo	
	Roca alterada	Pardo amarillento	
<b>Selección</b>		Buena	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava	0	Granos	90 %
Arena	96	Matriz	7 %
Fango	4	Cemento	3 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
			<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	80	0,3	Subredondeado
Plagioclasa	7	0,25	Subredondeado
Piroxeno	6	0,2	Subangular a subredondeado
Muscovita	1	0,1	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	1	0,3	Subredondeado a redondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	5	-	-
<b>Observaciones:</b> Arenisca de grano medio, posee escasos cristales de epidota de alteración, restos vegetales carbonizados. Efervesce principalmente en fracturas y alrededores.			



<b>Muestra SC8M5</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 669.988 m E / 4.359.273 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	-		
	Roca alterada	Pardo anaranjado		
<b>Selección</b>		Moderada		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	96 %
Arena		98	Matriz	2 %
Fango		2	Cemento	2 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	64	0,3	Subredondeado a redondeado	Esférico a subprismático
Plagioclasa	10	0,2	Subredondeado	Subprismático a subdiscoidal
Piroxeno	3	0,2	Subredondeado a subangular	Subprismático
Muscovita	3	0,3	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	1	0,2	Subredondeado	Esféricos
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	19	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano medio a fino, abundantes restos vegetales carbonizados, con aparente forma de hoja, de hasta 20 mm de largo, sin caracteres taxonómicos reconocibles aunque, en ocasiones, se puede inferir la presencia de nervadura central. Posee algunos cristales de epidota por alteración, además, la oxidación de la roca impide apreciar el color en superficie fresca. Efervesce fuertemente.				



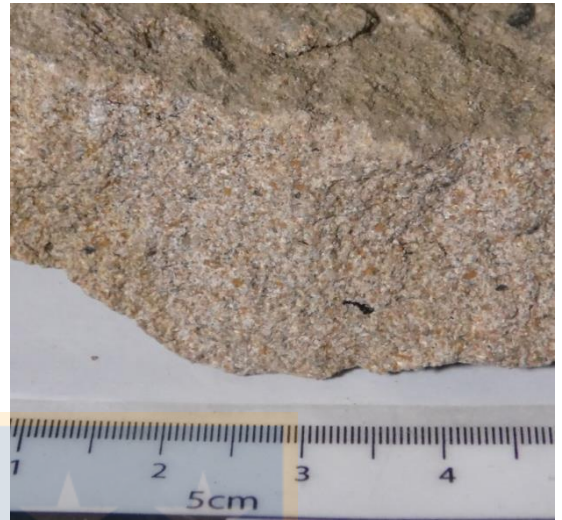
<b>Muestra SC9M1</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.079 m E / 4.358.931 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro		
	Roca alterada	Pardo anaranjado a amarillento		
<b>Selección</b>		Buena		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	90 %
Arena		94	Matriz	5 %
Fango		6	Cemento	5 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	70	0,5	Subangular	Subprismático a esférico
Plagioclasa	15	0,4	Subangular	Subprismático
Piroxeno	3	0,4	Subangular	Subprismático
Muscovita	1	0,2	Angular	Discoidal
Biotita	1	0,5	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	4	0,5	Subangular	Subprismático
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	6	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano medio a grueso, con cristales de hasta 0,8 mm. Alteración a óxidos dota a la muestra de tonos anaranjados, se pueden encontrar escasos cristales de tonalidades verdosas producto de alteración a clorita, feldespatos alterados levemente a arcillas. Efervesce débilmente.				



<b>Muestra SC9M2</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.079 m E / 4.358.931 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Sublitarenita (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro		
	Roca alterada	Pardo oscuro		
<b>Selección</b>		Moderada		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Texturas</b>	Clástica	
Grava	0	Granos	92 %	
Arena	97	Matriz	5 %	
Fango	3	Cemento	3 %	
<b>Descripción de cemento</b>		No se reconoce.		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	77	0,2	Subangular a subredondeado	Esférico a subprismático
Plagioclasa	7	0,1	Subangular	Subprismático
Piroxeno	1	0,2	Subangular	Subprismático
Muscovita	1	0,1	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	8	0,2	Subangular a subredondeado	Subprismático
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	6	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano fino a muy fino, alteración leve a arcilla de feldespatos y abundante oxidación. Lentes de restos vegetales carbonizados de menos de 1 mm de espesor y longitud variable, milimétrica.				



<b>Muestra SC9M3</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.075 m E / 4.358.926 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro		
	Roca alterada	Pardo amarillento claro		
<b>Selección</b>		Moderada		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	92 %
Arena		92	Matriz	5 %
Fango		8	Cemento	3 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	65	0,4	Subangular a subredondeado	Subprismático
Plagioclasa	15	0,4	Subangular	Subprismático
Piroxeno	2	0,3	Subangular	Subprismático
Muscovita	1	0,2	Angular	Discoidal
Biotita	1	0,2	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	9	0,5	Subangular a subredondeado	Subprismático
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	7	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio a grueso (tamaño máximo registrado es de 0,9 mm), tonalidades anaranjadas producto de oxidación, los restos vegetales se encuentran carbonizados y levemente alineados. Efervesce débilmente.				



<b>Muestra SC9M4</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.057 m E / 4.358.914 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro		
	Roca alterada	Pardo anaranjado oscuro		
<b>Selección</b>		Moderada a mala		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	75 %
Arena		95	Matriz	20 %
Fango		5	Cemento	5 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	68	0,5	Subangular	Subprismático a esférico
Plagioclasa	16	0,4	Subangular	Subprismático
Piroxeno	3	0,5	Subangular	Subprismático
Biotita	1	0,3	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	6	0,6	Subangular	Subprismático
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	6	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio a grueso, efervesce débilmente, alteración leve a arcillas de los feldespatos, a minerales verdes (clorita) de piroxenos y abundante oxidación. Restos vegetales carbonizados. Contiene clastos centimétricos de fangolita color negro grisáceo que igualmente contiene restos vegetales.				



<b>Muestra SC9M5</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.072 m E / 4.358.891 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>	Arcosa lítica (Folk, 1968)		
	Arenisca fangosa (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris oscuro	
	Roca alterada	Gris parduzco claro	
<b>Selección</b>	Moderada		
<b>Fábrica</b>	Clasto soportada		
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava	0	Granos	85 %
Arena	88	Matriz	12 %
Fango	12	Cemento	3 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	54	0,1	Subredondeado
Plagioclasa	29	0,1	Subangular
Muscovita	1	0,2	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	9	0,2	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	7	-	-
<b>Observaciones:</b> El tamaño de grano es, en su mayoría, muy fino, con clastos de cuarzo y micas que llegan al rango de grano medio (0,3 mm aproximadamente). Los restos vegetales, en ocasiones, se encuentran totalmente carbonizados, alteración leve a óxidos. Efervesce débilmente.			

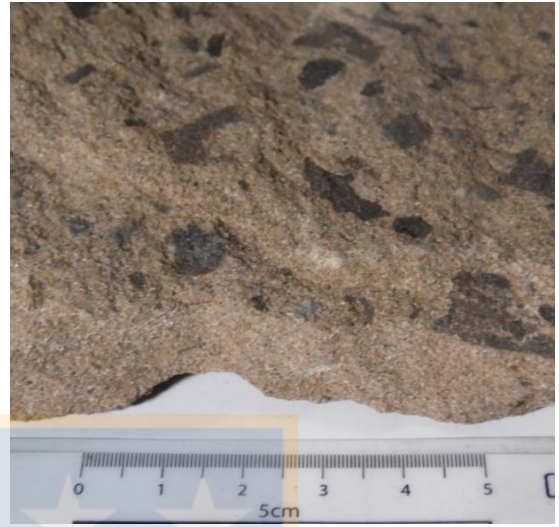


<b>Muestra SC9M6</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.065 m E / 4.358.875 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro	
	Roca alterada	Pardo anaranjado a amarillento	
<b>Selección</b>		Buena	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava	0	Granos	75 %
Arena	95	Matriz	20 %
Fango	5	Cemento	5 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	77	0,3	Subangular a subredondeado
Plagioclasa	10	0,4	Subangular
Piroxeno	3	0,2	Subangular
Muscovita	1	0,2	Angular
Biotita	1	0,3	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	3	0,5	Subangular a subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	5	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio, efervesce débilmente, alteración leve a arcillas de feldspatos, a minerales verdes (clorita) de piroxeno y abundante oxidación. Restos vegetales carbonizados, en una cara de la muestra tienen aparente forma de hoja fragmentada con nervadura central.			

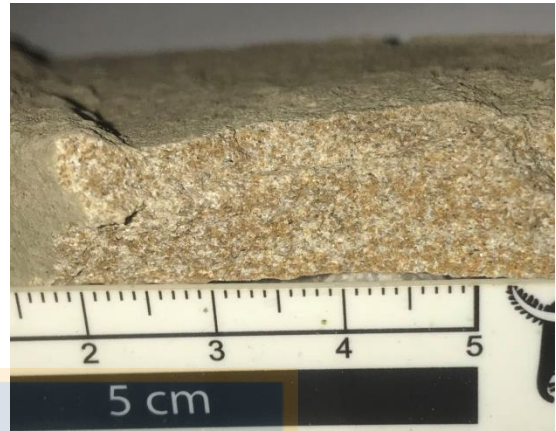




<b>Muestra SC9M7</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.065 m E / 4.358.869 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro		
	Roca alterada	Gris parduzco anaranjado		
<b>Selección</b>		Buena		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	75 %
Arena		92	Matriz	20 %
Fango		8	Cemento	5 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	61	0,5	Subangular	Esférico a subprismático
Plagioclasa	11	0,5	Subangular	Subprismático
Piroxeno	2	0,3	Subangular	Subprismático
Muscovita	1	0,6	Angular	Discoidal
Biotita	1	0,6	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	4	0,6	Subredondeado	Esférico
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	20	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio a grueso, efervesce débilmente, alteración leve a arcillas de feldespatos, a minerales verdes (clorita) de piroxenos y abundante oxidación. Restos vegetales carbonizados.				



<b>Muestra SC9M8</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.090 m E / 4.358.868 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro	
	Roca alterada	Gris parduzco con tonos anaranjados	
<b>Selección</b>		Buena a moderada	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica
Arena	95	Matriz	90 %
Fango	5	Cemento	2 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	73	0,3	Subangular a subredondeado
Plagioclasa	13	0,2	Subangular a subredondeado
Piroxeno	2	0,2	Subangular
Muscovita	2	0,1	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	6	0,5	Subangular a subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	4	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio, efervesce débilmente, fuerte alteración a óxidos, alteración leve de feldespatos a arcillas y de piroxenos a minerales verdes (clorita). Los restos vegetales están carbonizados.			



<b>Muestra SC10M1</b>					
<b>Coordenadas</b> 18F 670.103 m E / 4.358.764 m N WGS 1984					
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)			
		Arenisca fangosa (Nichols, 1999)			
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro			
	Roca alterada	Pardo amarillento			
<b>Selección</b>		Moderada			
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada			
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>		Clástica
Grava		0	Granos		88 %
Arena		88	Matriz	10 %	
Fango		12	Cemento	2 %	
<b>Descripción de cemento</b>			Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>	
<b>Monominerales</b>					
Cuarzo	73	0,4	Subredondeado	Esférico a subprismático	
Plagioclasa	14	0,3	Subredondeado	Subdiscoidal a subprismático	
Piroxeno	5	0,3	Subredondeado	Subprismático	
Anfíbol	1	0,4	Subredondeado	Esférico a subprismático	
Muscovita	2	0,2	Angular	Discoidal	
<b>Líticos</b>					
Volcánicos	3	0,7	Redondeado	Esférico	
<b>Bioclastos</b>					
Restos vegetales	2	-	-	-	
<b>Observaciones:</b> Grano desde medio hasta levemente grueso, abundantes granos de tonos anaranjados producto de oxidación, los restos vegetales se encuentran carbonizados. Efervesce.					

<b>Muestra SC10M2</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.102 m E / 4.358.763 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris parduzco claro		
	Roca alterada	Pardo oscuro a anaranjado		
<b>Selección</b>		Buena		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	87 %
Arena		96	Matriz	8 %
Fango		4	Cemento	5 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	76	0,4	Subangular	Subprismático a esférico
Plagioclasa	14	0,3	Subangular	Subprismático a subdiscoidal
Piroxeno	7	0,4	Subangular	Subprismático
Anfíbol	1	0,05	Redondeado a subangular	Esférico
Biotita	1	0,4	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
-	-	-	-	-
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	1	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio, efervesce, alteración leve a arcillas de feldspatos, a minerales verdes (clorita) de los piroxenos y anfíboles y oxidación. Restos vegetales carbonizados. Muestra contiene algunos lentes centimétricos de fangolita.				



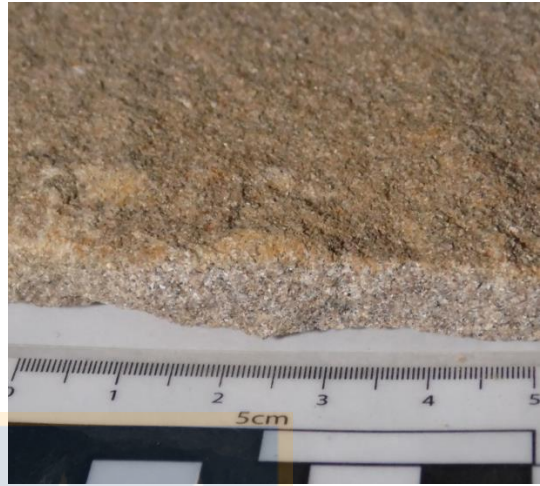
<b>Muestra SC10M3</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.102 m E / 4.358.763 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca fangosa (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro		
	Roca alterada	Gris parduzco		
<b>Selección</b>		Moderada		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	72 %
Arena		89	Matriz	24 %
Fango		11	Cemento	4 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	78	0,5	Subredondeado	Subprismático
Plagioclasa	11	0,5	Subredondeado	Subprismático
Piroxeno	6	0,3	Subredondeado a subangular	Subprismático
Muscovita	1	0,1	Angular	Discoidal
Biotita	1	0,3	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	3	0,7	Subredondeado	Esférico a subprismoidal
<b>Bioclastos</b>				
-	-	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano medio, hasta levemente grueso, oxidación de granos le otorga a la roca tintes anaranjados. Efervesce.				



<b>Muestra SC10M4</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.102 m E / 4.358.763 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Arcosa lítica (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris parduzco claro	
	Roca alterada	Pardo oscuro a anaranjado	
<b>Selección</b>		Moderada	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica
Arena	92	Matriz	82 %
Fango	8	Cemento	10 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	68	0,5	Subangular a subredondeado
Plagioclasa	18	0,4	Subangular
Piroxeno	5	0,4	Subangular a subredondeado
Anfíbol	1	0,4	Subredondeado
Muscovita	2	0,5	Angular
Biotita	3	0,5	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	6	0,4	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
-	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio a grueso, efervesce, alteración a arcilla de los feldspatos y a minerales verdes (clorita) de los piroxenos, anfíboles y biotitas, además de oxidación. Muestra contiene clasto de fangolita color gris parduzco oscuro.			



<b>Muestra SC10M5</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.079 m E / 4.358.690 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro		
	Roca alterada	Pardo amarillento		
<b>Selección</b>		Moderada		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	90 %
Arena		95	Matriz	7 %
Fango		5	Cemento	3 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	76	0,5	Subredondeado	Esférico
Plagioclasa	8	0,5	Subredondeado	Subprismático
Anfíbol	8	0,4	Subredondeado	Subprismático
Biotita	1	0,5	Angular	Discoidal
Muscovita	1	0,1	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
Volcánicos	2	0,6	Subredondeado	Esférico
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	4	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano medio a levemente grueso, manchas anaranjadas producto de oxidación, los restos vegetales se encuentran carbonizados. Efervesce.				



<b>Muestra SC10M6</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.121 m E / 4.358.618 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro	
	Roca alterada	Pardo anaranjado	
<b>Selección</b>		Buena	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica 85 %
Arena	95	Matriz	10 %
Fango	5	Cemento	5 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	71	0,4	Subangular
Plagioclasa	18	0,4	Angular a subangular
Piroxeno	6	0,3	Subangular
Anfíbol	3	0,2	Redondeado a subangular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	1	0,3	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	1	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio, efervesce, alteración leve a arcillas, abundante oxidación, epidota de alteración. Restos vegetales carbonizados.			





<b>Muestra SC10M7</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.137 m E / 4.358.601 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris rosáceo claro		
	Roca alterada	Pardo oscuro		
<b>Selección</b>		Moderada		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	78 %
Arena		88	Matriz	19 %
Fango		12	Cemento	3 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	72	0,2	Subredondeado	Subprismático
Plagioclasa	12	0,1	Subredondeado	Subprismático
Piroxeno	2	0,1	Subredondeado	Subprismático
Muscovita	1	0,1	Angular	Discoidal
Biotita	1	0,1	Angular	Discoidal
<b>Líticos</b>				
-	-	-	-	-
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	12	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano fino a muy fino, cristales de plagioclasa alterados a arcillas, tintes verdosos, probablemente por alteración a clorita de minerales máficos. Posee sectores con abundantes lentes con restos vegetales carbonizados. Efervesce.				



<b>Muestra SC10M8</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.135 m E / 4.358.602 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)	
		Arenisca (Nichols, 1999)	
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro	
	Roca alterada	Pardo grisáceo amarillento	
<b>Selección</b>		Buena	
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada	
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>
Grava	0	Granos	Clástica 94 %
Arena	97	Matriz	4 %
Fango	3	Cemento	2 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B	
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
<b>Monominerales</b>			
Cuarzo	80	0,3	Subredondeado a redondeado
Plagioclasa	10	0,3	Subangular
Piroxeno	3	0,2	Subredondeado a subangular
Muscovita	1	0,1	Angular
Biotita	2	0,3	Angular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	1	0,3	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	3	-	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano fino a muy fino, efervesce muy débilmente, alteración a minerales verdes (clorita) de biotitas y piroxenos, además de oxidación. El tamaño fino dificulta el reconocimiento. La muestra fue tomada entre niveles de restos vegetales carbonizados.			



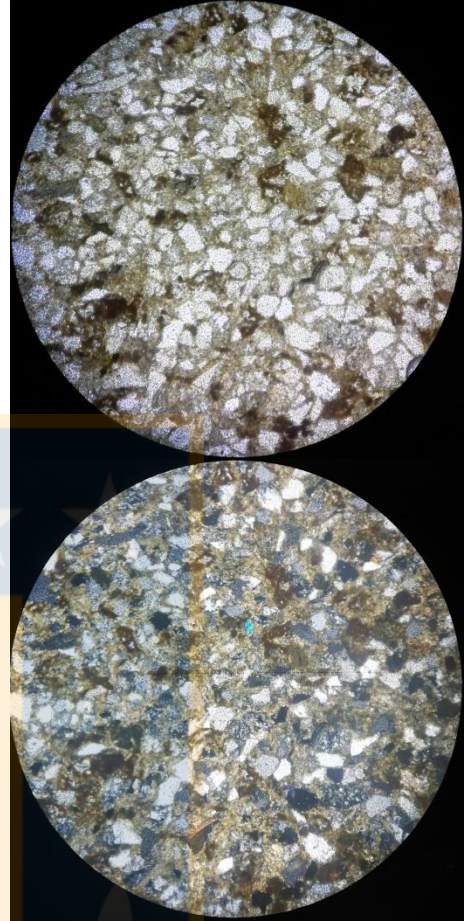
<b>Muestra SC10M9</b>				
<b>Coordenadas</b> 18F 670.148 m E / 4.358.592 m N WGS 1984				
<b>Clasificación</b>		Subarcosa (Folk, 1968)		
		Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Color</b>	Roca fresca	Gris claro		
	Roca alterada	Pardo anaranjado		
<b>Selección</b>		Moderada		
<b>Fábrica</b>		Clasto soportada		
<b>Componentes</b>		<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava		0	Granos	88 %
Arena		92	Matriz	9 %
Fango		8	Cemento	3 %
<b>Descripción de cemento</b>		Calcáreo tipo B		
<b>Composición</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>	<b>Esfericidad</b>
<b>Monominerales</b>				
Cuarzo	81	0,3	Subredondeado	Subprismático a esférico
Plagioclasa	8	0,2	Subredondeado	Subprismático
Muscovita	1	0,1	Angular	Discoidal
Biotita	2	0,1	Angular	Discoidal
Anfíbol	3	0,2	Subredondeado	Subprismático
<b>Líticos</b>				
Volcánico	2	0,4	Subredondeado	Esférico a subprismoidal
<b>Bioclastos</b>				
Restos vegetales	3	-	-	-
<b>Observaciones:</b> Grano medio a fino, abundantes granos anaranjados producto de oxidación, otros con tintes verdosos posiblemente por alteración leve a clorita, los restos vegetales se encuentran carbonizados. Efervesce.				



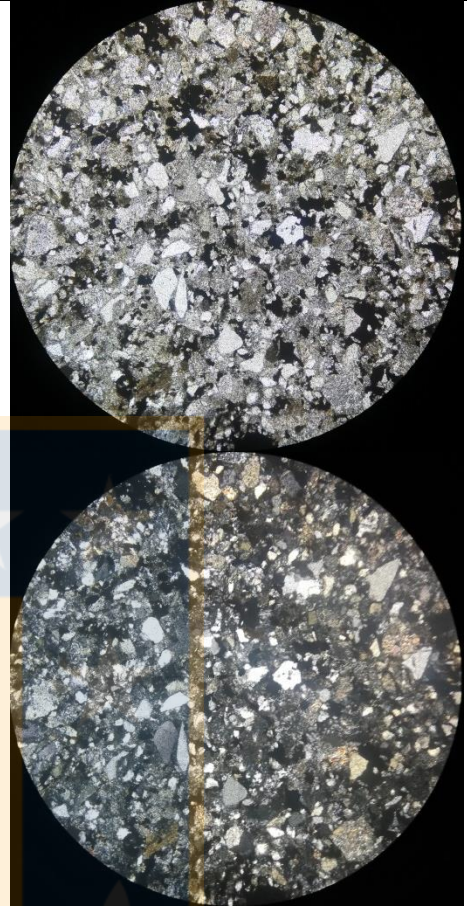
**ANEXO N° 2: DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA DE  
ROCAS**



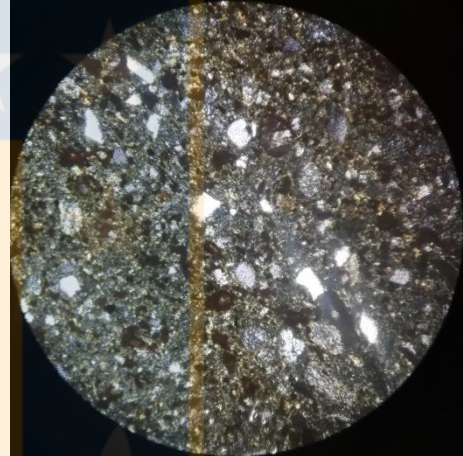
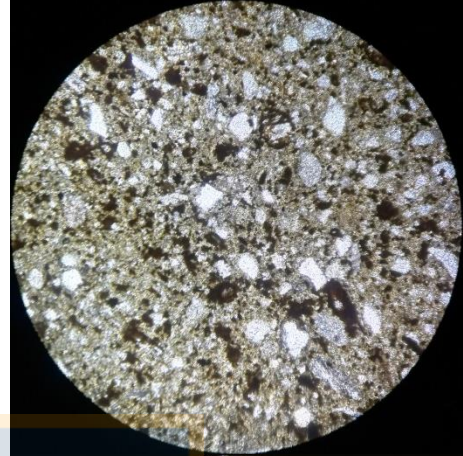
Muestra SC5M3			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.997 m E / 4.359.915 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>	Subarcosa (Folk, 1968)		
	Arenisca fangosa (Nichols, 1999)		
<b>Selección</b>	Bien seleccionada		
<b>Fábrica</b>	Clasto soportado		
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava	0	Granos	85 %
Arena	85	Matriz	12 %
Fango	15	Cemento	3 %
<b>Tipo de contacto</b>	Tangencial		
<b>Madurez textural</b>	Madura		
<b>Madurez composicional</b>	3,5		
<b>Normalización porcentajes</b>			
<b>Q</b>	77 %		
<b>F</b>	18 %		
<b>L</b>	5 %		
<b>Descripción del cemento</b>	Calcáreo tipo B, hematítico y clorítico tipo		
<b>Monominerales</b>			
<b>Mineral</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
Cuarzo	63	0,15	Subredondeado
Plagioclasa	15	0,15	Subredondeado
Piroxeno	3	0,1	Subredondeado a subangular
Anfíbol	1	0,1	Subredondeado a subangular
Muscovita	1	0,1	Subangular
Arcilla	9	0,06	-
<b>Líticos</b>			
Volcánico	3	0,25	Subredondeado a redondeado
<b>Bioclastos</b>			
Restos vegetales	3	-	-
<b>Aloquímicos</b>			
Epidota	1	0,05	Subangular
Glauconita	1	0,05	Subangular
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano fino, el cemento clorítico se manifiesta de forma aislada en algunos granos puntuales. Los piroxenos se encuentran alterados a anfíbol y estos, a su vez, a clorita, al igual que la muscovita.			



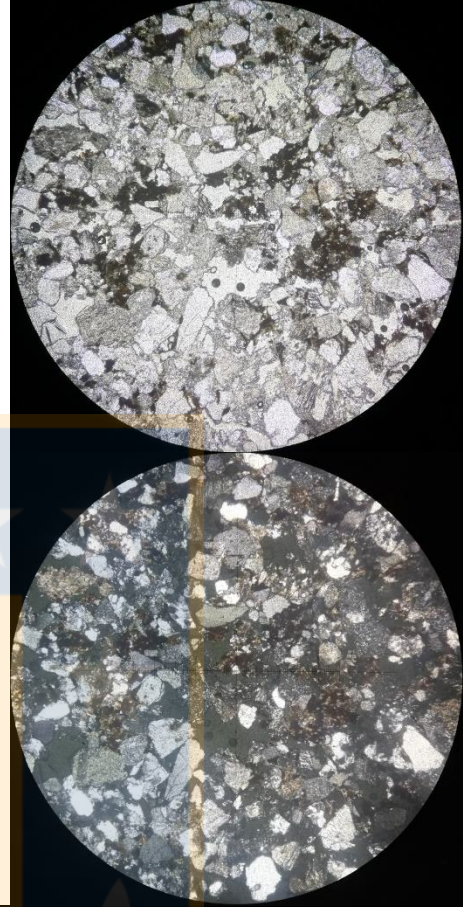
<b>Muestra SC9M2</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.079 m E / 4.358.931 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>	Sublitarenita (Folk, 1968)		
	Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Selección</b>	Moderada a buena		
<b>Fábrica</b>	Clasto soportado		
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava	0	Granos	95 %
Arena	95	Matriz	4 %
Fango	5	Cemento	1 %
<b>Tipo de contacto</b>	Tangente		
<b>Madurez textural</b>	Madura		
<b>Madurez composicional</b>	3,2		
<b>Normalización porcentajes</b>			
<b>Q</b>	76 %		
<b>F</b>	10 %		
<b>L</b>	14 %		
<b>Descripción del cemento</b>	Hematítico y arcilloso		
<b>Monominerales</b>			
<b>Mineral</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
Cuarzo	67	0,2	Subredondeado a redondeado
Plagioclasa	9	0,15	Subangular
Piroxeno	2	0,05	Subredondeado
Opacos	4	0,1	Angular a subredondeado
Muscovita	1	0,1	Angular
Arcillas	4	-	-
<b>Líticos</b>			
Volcánico	12	0,25	
<b>Bioclastos</b>			
-	-	-	-
<b>Aloquímicos</b>			
Epidota	1	0,1	-
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano fino a muy fino vesículas redondeadas de entre 0,05 a 0,3 mm de ancho. Plagioclasas alteradas a sericita, mientras que los piroxenos se ven alterados levemente a anfíbol.			



Muestra SC9M5			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.072 m E / 4.358.891 m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>	Arcosa lítica (Folk, 1968)		
	Arenisca Fangosa (Nichols, 1999)		
<b>Selección</b>	Moderada		
<b>Fábrica</b>	Clasto soportado		
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava	0	Granos	73 %
Arena	81	Matriz	25 %
Fango	19	Cemento	2 %
<b>Tipo de contacto</b>	Puntual		
<b>Madurez textural</b>	Inmadura		
<b>Madurez composicional</b>	0,5		
<b>Normalización porcentajes</b>			
<b>Q</b>	32 %		
<b>F</b>	48		
<b>L</b>	20 %		
<b>Descripción del cemento</b>	Cemento tipo A calcáreo y arcilloso		
<b>Monominerales</b>			
<b>Mineral</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
Cuarzo	23	0,15	Subredondeado
Plagioclasa	35	0,1	Subanguloso a subredondeado
Piroxeno	1	0,1	Subanguloso
Opacos	8	0,1	Subredondeado a subanguloso
Arcilla	19	Menor a 0,06	-
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	14	0,2	Subangulosos a angulosos
<b>Bioclastos</b>			
-	-	-	-
<b>Aloquímicos</b>			
Epidota	1	0,06	Subredondeado
<b>Observaciones:</b> Grano muy fino a fino. Amígdalas, de 1,1m de largo por 0,3 de ancho máximo y 0,3 de largo por 0,1 de ancho mínimo con textura en peineta, rellenas de calcita. La mayoría de los feldspatos (los más finos principalmente) se encuentra alterado a arcillas, confundiendo con la matriz. Los opacos, al igual que el resto de la roca, se encuentran oxidados. Los piroxenos están uralitizados y, posteriormente, cloritizados. Cemento de composición arcillosa y calcárea.			




<b>Muestra SC10M4</b>			
<b>Coordenadas</b> 18F 670.102m E / 4.358.763m N WGS 1984			
<b>Clasificación</b>	Arcosa lítica (Folk, 1968)		
	Arenisca (Nichols, 1999)		
<b>Selección</b>	Moderada		
<b>Fábrica</b>	Clasto soportado		
<b>Componentes</b>	<b>%</b>	<b>Textura</b>	Clástica
Grava	0	Granos	70 %
Arena	98	Matriz	28 %
Fango	5	Cemento	2 %
<b>Tipo de contacto</b>	Tangencial		
<b>Madurez textural</b>	Madura		
<b>Madurez composicional</b>	2,1		
<b>Normalización porcentajes</b>			
<b>Q</b>	68 %		
<b>F</b>	20 %		
<b>L</b>	12 %		
<b>Descripción del cemento</b>	Clorita y calcita		
<b>Monominerales</b>			
<b>Mineral</b>	<b>%</b>	<b>Moda (mm)</b>	<b>Redondez</b>
Cuarzo	57	0,25	Subredondeado
Plagioclasa	17	0,15	Subangular
Piroxeno	4	0,2	Subredondeado
Opacos	5	0,2	Subangular a Subredondeado
Arcillas	3	-	-
Muscovita	1	0,2	Subangular
<b>Líticos</b>			
Volcánicos	8	0,3	Subredondeado a subangular
Sedimentarios	2	0,3	Subredondeado
<b>Bioclastos</b>			
-	-	-	-
<b>Aloquímicos</b>			
Epidota	1	0,1	Subredondeado
<b>Observaciones:</b> Tamaño de grano medio, oxidación de las arcillas. Piroxenos fuertemente alterados a anfíbol (uralitizados) y posteriormente a clorita, plagioclasas alteradas a arcillas y sericita, muscovita alterada a clorita.			










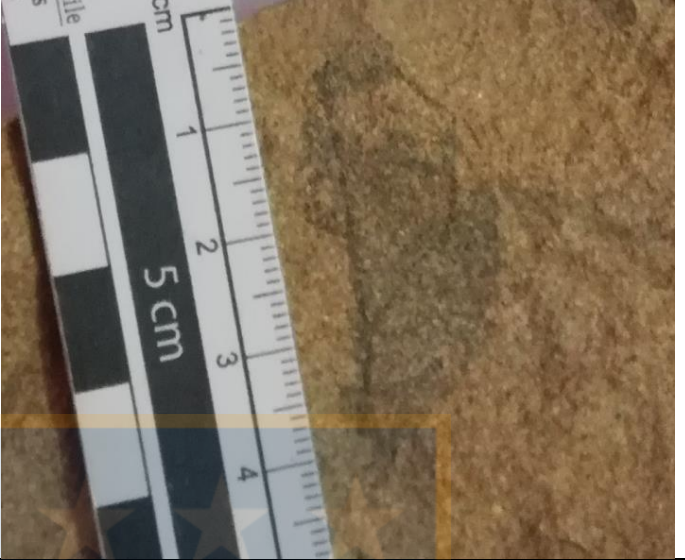
**ANEXO N° 3: DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA  
DE FÓSILES**

<b>Muestra SC5F1</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 671.123 m E / 4.359.876 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Animalia	
<b>Phylum</b>	Mollusca	
<b>Clase/Orden</b>	Cephalopoda / Ammonitida	
<b>Familia</b>	Placenticeratidae	
<b>Genero/Especie</b>	<i>Hoplitoplacenticeras</i> conf.	
<b>Edad</b>	Campaniano - Maastrichtiano	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
2,7	-	-
<b>Descripción</b>	Concha evoluta, costillas gruesas y sinuosas, bifurcadas.	
<b>Observaciones</b>	Molde externo de la concha de un ammonite pobremente conservado en sedimento de grano medio.	


<b>Muestra SC8F1</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 669.963 m E / 4.359.303 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>División</b>	Spermatophyta	
<b>Clase/Orden</b>	Gimnospermae / Pinidae	
<b>Familia</b>	Araucariaceae	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
1,6	0,8	-
<b>Descripción</b>	Cúmulo de hojas no lobuladas, leptofilas de apariencia obovada, alargadas y delgadas, simétricas y de bordes enteros, que parecen nacer de un peciólulo común. Se distingue, muy sutilmente, nervadura paralela a los bordes de las hojas.	
<b>Observaciones</b>	Fósil fragmentado y muy mal conservado.	

<b>Muestra SC8F2</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 669.963 m E / 4.359.303 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>División</b>	Spermatophyta	
<b>Clase/Orden</b>	Angiosperma	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
		-
<b>Descripción</b>	La roca contiene diversos fragmentos de fósiles de hojas, de entre 0,1 a 1 cm de ancho, se distingue nervadura primaria y ápices redondeados.	
<b>Observaciones</b>	Fragmentos mal conservados.	


<b>Muestra SC8F3</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 669.975 m E / 4.359.282 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Animalia	
<b>Phylum</b>	Mollusca	
<b>Clase/Orden</b>	Gastropoda	
<b>Familia</b>	Turritellidae	
<b>Genero/Especie</b>	<i>Turritella</i> sp.	
<b>Edad</b>	Cretácico – Reciente	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
-	-	-
<b>Descripción</b>	Múltiples fragmentos de turritélidos de entre 0,5 a 1,5 cm de largo. Enrollamiento helicoidal dextral, ápice puntiagudo, en la sección de la vuelta posee hombro.	
<b>Observaciones</b>	Fósiles mal conservados cubiertos por material calcáreo por lo que, junto con la erosión, impiden ver ornamentación. Pese a encontrarse como rodados el análisis sedimentológico al detalle revela que provienen de un sedimento con las mismas características del estrato en que se encontraron.	


<b>Muestra SC8F4</b>					
<b>Coordenadas</b> 18F 669.980 m E / 4.359.278 m N WGS 1984					
<b>Litología</b>	Arenisca				
<b>Datos del fósil</b>					
<b>Taxonomía</b>					
<b>Reino</b>	Plantae				
<b>División</b>	Spermatophyta				
<b>Clase/Orden</b>	-				
<b>Familia</b>	-				
<b>Genero/Especie</b>	-				
<b>Edad</b>	-				
					
			<b>Medidas</b>		
			<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
3,7	1,1	-			
<b>Descripción</b>	Hoja simple de tamaño microfila, posiblemente elíptica, no lobulada y con bordes enteros. Posee una nervadura central, del tipo pinada, y nervadura secundaria craspedódroma.				
<b>Observaciones</b>	Fósil mal conservado y fragmentado de modo que sólo se tiene la mitad derecha del mismo.				


<b>Muestra SC9F1</b>					
<b>Coordenadas</b> 18F 670.079 m E / 4.358.931 m N WGS 1984					
<b>Litología</b>	Arenisca				
<b>Datos del fósil</b>					
<b>Taxonomía</b>					
<b>Reino</b>	Animalia				
<b>Phylum</b>	Mollusca				
<b>Clase/Orden</b>	Cephalophoda / Ammonoidea				
<b>Familia</b>	Baculitidae				
<b>Genero/Especie</b>	<i>Baculites</i> conf.				
<b>Edad</b>	Turoniano sup – Maastrichtiano				
					
			<b>Medidas</b>		
			<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
5,7	1,2	1,7			
<b>Descripción</b>	Concha recta, costillas cóncavas muy mal preservadas al igual que el canal sifonal en la región ventral.				
<b>Observaciones</b>	El fósil está muy mal preservado, además de cubierto por costra calcárea en algunos sectores.				


<b>Muestra SC9F2</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.059 m E / 4.358.923 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>División</b>	Spermatophyta	
<b>Clase/Orden</b>	-	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
1,7	1,8	-
<b>Descripción</b>	Nervadura primaria de tipo pinada y secundaria aparentemente craspedódroma a festoneada semicraspedódroma ya que no se tiene acceso al borde de la hoja.	
<b>Observaciones</b>	Fósil fragmentado en donde sólo se puede observar sección central de la hoja. Fósil "a" contraparte de fósil "b".	



<b>Muestra SC9F3</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.057 m E / 4.358.923 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>División</b>	-	
<b>Clase/Orden</b>	-	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
-	-	-
<b>Descripción</b>	Asociación conservada de abundantes fragmentos de restos vegetales carbonizados de entre 0,2 a 2 cm.	
<b>Observaciones</b>	Fósiles muy fragmentados y mal conservados.	


<b>Muestra SC9F4</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.057 m E / 4.358.923 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>División</b>	-	
<b>Clase/Orden</b>	-	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
-	-	-
<b>Descripción</b>	Asociación conservada. Fragmentos aislados de hojas dispersos al azar en la matriz rocosa. Estas parecen ser hojas simples, de tamaño nanofila y simétricas. Ápice agudo y derecho, bases de las hojas no observables, bordes lisos.	
<b>Observaciones</b>	La carbonización, mal estado de conservación y el alto grado de fragmentación impide describir caracteres tales como los patrones de venación, forma de la hoja y como se relacionan entre estas.	


<b>Muestra SC9F5</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.057 m E / 4.358.923 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>División</b>	Pteridophyta	
<b>Clase/Orden</b>	-	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
-	-	-
<b>Descripción</b>	Venas primarias del tipo paralelógrama.	
<b>Observaciones</b>	Hoja aislada, fragmentada y mal conservada, además de carbonizada, lo que impide una descripción a detalle.	

<b>Muestra SC9F6</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.057 m E / 4.358.914 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>División</b>	Spermatophyta	
<b>Clase/Orden</b>	-	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
3	2,2	1,1
<b>Descripción</b>	Fragmento de tronco fósil de color pardo amarillento.	
<b>Observaciones</b>	Fósil muy fragmentado y parcialmente carbonizado.	


<b>Muestra SC9F7</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.072 m E / 4.358.891 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>Súper división</b>	Tracheophyta	
<b>Clase/Orden</b>	-	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
-	-	-
<b>Descripción</b>	Venas primarias del tipo paralelógrama.	
<b>Observaciones</b>	Hoja aislada, fragmentada y mal conservada, además de carbonizada, lo que impide una descripción a detalle.	


<b>Muestra SC9F8</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.072 m E / 4.358.883 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Animalia	
<b>Phylum</b>	Mollusca	
<b>Clase/Orden</b>	Cephalophoda / Ammonoidea	
<b>Familia</b>	Baculitidae	
<b>Genero/Especie</b>	<i>Baculites</i> sp.	
<b>Edad</b>	Turoniano sup - Maastrichtiano	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
2,5	1,5	1
<b>Descripción</b>	<p>Molde interno, ancho de la abertura de 1 x 1,5 cm. Tanto la sección dorsal como ventral son planas, ligeramente curvados, y los flancos levemente convexos. Línea de sutura amonítica y enrollamiento baculítedo.</p>	
<b>Observaciones</b>	<p>El material se encuentra fragmentado y parcialmente oxidado en superficie, además de que no se distinguen estructuras externas. Pese a ser un rodado, la litología que le rodea es similar a la descrita en SC9 - 3, donde fue encontrado, por lo que se asigna a ese nivel.</p>	

<b>Muestra SC9F9</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.065 m E / 4.358.869 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>Súper división</b>	Tracheophyta	
<b>Clase/Orden</b>	-	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
-	-	-
<b>Descripción</b>	Asociación conservada de fragmentos vegetales pobremente conservados, de distintos tamaños. Destaca un fragmento leñoso de 8,5 cm de largo y 1,6 cm de ancho.	
<b>Observaciones</b>	El material, además de mal conservado, se encuentra carbonizado.	

<b>Muestra SC9F10</b>					
<b>Coordenadas</b> 18F 670.065 m E / 4.358.869 m N WGS 1984					
<b>Litología</b>	Arenisca				
<b>Datos del fósil</b>					
<b>Taxonomía</b>					
<b>Reino</b>	Plantae				
<b>División</b>	Spermatophyta				
<b>Clase/Orden</b>	-				
<b>Familia</b>	-				
<b>Genero/Especie</b>	-				
<b>Edad</b>	-				
					
			<b>Medidas</b>		
			<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
-	-	-			
<b>Descripción</b>	Asociación conservada de fragmentos leñosos.				
<b>Observaciones</b>	El material se encuentra carbonizado.				

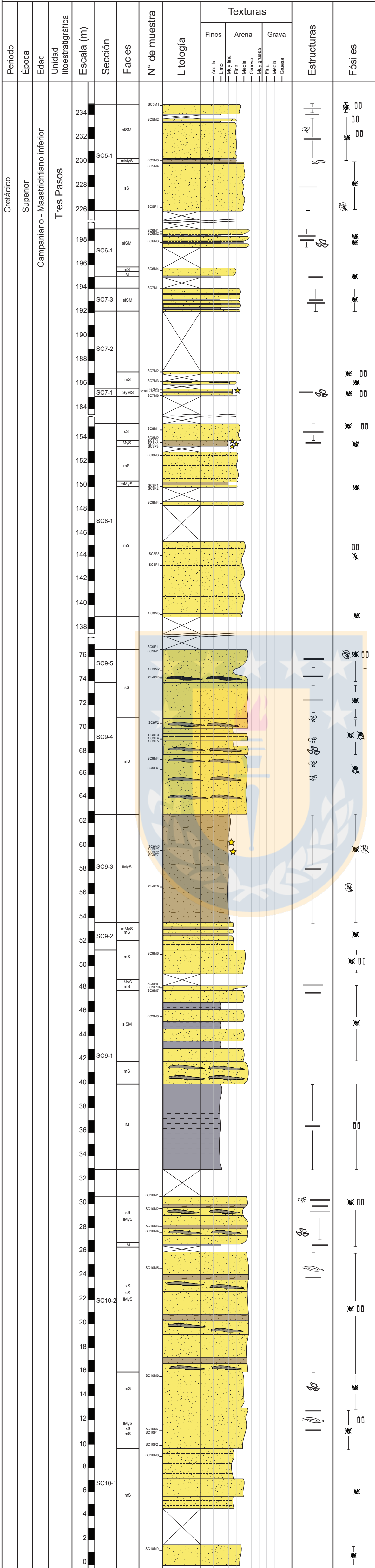


<b>Muestra SC10F1</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.137 m E / 4.358.601 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>División</b>	Spermatophyta	
<b>Clase/Orden</b>	-	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
3,5	1,8	-
<b>Descripción</b>	Ángulo del ápice agudo, de margen derecho, venación primaria actinódroma.	
<b>Observaciones</b>	Material fragmentado y mal conservado.	

<b>Muestra SC10F2</b>		
<b>Coordenadas</b> 18F 670.139 m E / 4.358.599 m N WGS 1984		
<b>Litología</b>	Arenisca	
<b>Datos del fósil</b>		
<b>Taxonomía</b>		
<b>Reino</b>	Plantae	
<b>División</b>	Spermatophyta	
<b>Clase/Orden</b>	-	
<b>Familia</b>	-	
<b>Genero/Especie</b>	-	
<b>Edad</b>	-	
<b>Medidas</b>		
<b>Largo (cm)</b>	<b>Ancho (cm)</b>	<b>Espesor (cm)</b>
3	2,5	-
<b>Descripción</b>	Venación primaria actinódroma, se infiere una posición marginal para el peciolo.	
<b>Observaciones</b>	Material fragmentado y mal conservado.	

### Columna General Sierra Contreras

Coordenadas 18F 670.997 m E / 4.359.917 m N - 18F 670.148 m E / 4.358.592 m N



### Simbología

- Concreciones
- Contacto neto
- Discontinuidad
- Estratificación
- Estratificación cruzada hummocky
- Laminación
- Lente
- Lente de restos vegetales
- Pliegue sedimentario
- Ammonite
- Turritélido
- Impronta de hoja
- Traza fósil
- Tronco
- Nivel de restos vegetales
- Fragmento fósil
- Muestra de palinomorfo
- Rip-up clast

### Leyenda

- Arenisca
- Arenisca fangosa
- Fangolita
- Fangolita arenosa
- Tramo cubierto