



UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
Facultad de Ciencias Químicas
Departamento de Ciencias de la Tierra



**NUEVAS LOCALIDADES FOSILÍFERAS DEL TRIÁSICO DE
LA CORDILLERA DE DOMEYKO, REGIÓN DE
ANTOFAGASTA, CHILE: ESTRATIGRAFÍA, AMBIENTE DE
SEDIMENTACIÓN Y PALEOBOTÁNICA**



Memoria para optar al Título de Geólogo

Robinson Sebastián Reyes Polidori

Profesor Patrocinante: Dra. Verónica Laura Oliveros Clavijo
Profesional Guía: Sr. Mauricio Esteban Espinoza Vargas
Profesores Comisión: Dr. Alfonso Encinas Martin
Msc. Sylvia Cecilia Palma Heldt

Concepción, 2017

“No es casualidad que nuestro planeta se llame Tierra. Toda la vida terrestre depende de la frágil y friable corteza de suelo que recubre los continentes. Sin ella, los seres vivos nunca habrían salido de los océanos: no habría plantas, ni cosechas, ni bosques, ni animales... ni hombres”

Convención de Lucha contra la Desertificación
CCD, AEIC, 1995.



“La nación que destruye su suelo se destruye a sí misma”

Sentido común.

ÍNDICE

Página

RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Objetivos	3
1.3. Ubicación y accesos	3
1.4. Metodología de trabajo	6
1.4.1. Estudio bibliográfico	6
1.4.2. Salidas a terreno	6
1.4.3. Trabajo de gabinete	7
1.5. Fisiografía	7
1.6. Ley de Patrimonio	9
1.7. Agradecimientos	10
2. MARCO GEOLÓGICO	12
2.1. Contexto geotectónico	15
2.2. Rocas intrusivas	17
2.2.1. Complejo Plutónico Punta del Viento	17
2.3. Rocas Estratificadas	18
2.3.1. Formación La Tabla	18
2.3.2. Formación Quebrada del Salitre	18
2.3.3. Formación La Ternera	19
2.3.4. Formación Profeta	20
2.3.5. Ignimbrita Río Frío	21
2.3.6. Gravas de Atacama	21
3. ESTRATIGRAFÍA	22
3.1. Descripción de Columnas Estratigráficas	22
3.1.1. Columna Estratigráfica Afluente Quebrada Los Pozos 1	23
3.1.2. Columna Estratigráfica Afluente Quebrada Los Pozos 2	33
3.1.3. Columna Estratigráfica Quebrada del Salitre	34
3.1.4. Columna Estratigráfica Quebrada Paipote	40
4. PALEOBOTÁNICA	46
4.1. Análisis paleoflorístico	48
4.2. Información paleoclimática y paleogeográfica	55
5. FACIES	57
5.1. Descripción e interpretación de facies	57

5.2. Asociaciones de facies	65
6. DISCUSIÓN	72
6.1. Ambientes de sedimentación	72
6.2. Paleobotánica, paleoclima y paleogeografía	76
6.3. Edad	78
7. CONCLUSIONES	82
8. REFERENCIAS	85
ANEXO I : DESCRIPCIONES PETROGRÁFICAS	94
ANEXO II: DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES ..	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. 1. Mapa de ubicación y accesos a la zona principal de estudio	4
1. 2. Mapa de ubicación y accesos a los sectores de estudio complementarios	5
1. 3. Esquema morfoestructural de la zona de estudio	8
2. 1. Mapa geológico de la Quebrada Vaquillas Altas	12
2. 2. Mapa geológico de la Quebrada del Salitre	13
2. 3. Geología del extremo NE de la Quebrada Paipote	14
3. 1. Leyenda utilizada para las distintas secciones estratigráficas	23
3. 2. Levantamiento estratigráfico realizado en la Quebrada Los Pozos ...	24
3. 3. Discordancia de erosión en la base de la Columna QLP1	25
3. 4. Estratificación cruzada planar en la sección QLP1-3	27
3. 5. Primer nivel fosilífero de la Columna QLP1 con restos de <i>Neocalamites</i> y <i>Pterophyllum</i>	28
3. 6. Superficies de acreción lateral de forma sigmoidal	29
3. 7. Vista panorámica de los últimos tramos de la sucesión	30
3. 8. Paquete de arenisca gruesa a conglomerádica que alberga grandes tallos	31
3. 9. Grandes fragmentos vegetales asociados a troncos de especímenes arbóreos	32
3.10. Levantamiento estratigráfico realizado en un afluente de la Quebrada Los Pozos	33
3.11. Levantamiento estratigráfico realizado en la Quebrada del Salitre ...	36
3.12. Porción de un tallo asociado a <i>Neocalamites</i> sp., en posición de vida	37

3.13.	Impronta de una hoja asociada al género <i>Pterophyllum</i>	38
3.14.	Grandes tallos articulados del género <i>Neocalamites</i>	39
3.15.	Levantamiento estratigráfico desarrollado en la Quebrada Paipote ...	41
3.16.	Inicio del tramo QP1-3, con nivel de paleosuelo	42
3.17.	Taoflora de la sección QP1-3. Ejemplar de <i>Asterotheca rigbyana</i> ...	43
4. 1.	Dibujos esquemáticos de: (A), <i>Pterophyllum</i> sp. <i>a</i> y (B), fragmento basal de <i>Pterophyllum</i> sp. <i>b</i>	51
4. 2.	Base de un paquete de arenisca con hojas de <i>Pterophyllum valdivianum</i>	52
4. 3.	(A), impronta de una hoja de <i>Pterophyllum</i> y (B), pinna fructificada indeterminada	54
4. 4.	(A), pinnas de <i>Cladophlebis mendozaensis</i> y (B), fragmentos de <i>Asterotheca rigbyana</i>	55
5. 1.	Conglomerado basal en la columna QLP1.....	58
5. 2.	Lag de clastos en la columna QP1	59
5. 3.	CPV-15-346. Litarenita con más de 70% de cuarzo	60
5. 4.	Nivel con estratificación cruzada en artesa, columna QLP1	63
5. 5.	Interlaminación en niveles de arenisca muy fina, con restos de raíces	64
5. 6.	Flujo helicoidal, propio de cauces de alta sinuosidad	67
5. 7.	Modelo secuencia granodecreciente en ríos meandriformes	69
5. 8.	Elementos morfológicos de un sistema fluvial meandriforme	69
5. 9.	Modalidad de abandono de canales y su relleno progresivo	70
6. 1.	CPV-15-348. Mayoritariamente astillas y porciones de tallos silicificados en una toba lítica	74
6. 2.	Unidades fitogeográficas del Reino Triásico Gondwánico; áreas, provincias y localidades plantíferas	77
6. 3.	Acercamiento a la detallada impronta de <i>Pterophyllum</i> sp. <i>b</i>	79
6. 4.	Edades radiométricas U-Pb en circones detríticos, muestra CPV-15-342	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
4. 1. Cuadro con los principales géneros pertenecientes al Gondwana.....	48
5. 1. Tabla para la clasificación de facies en este trabajo	58
6. 1. Biocrón de los taxones identificados en el afluente de la Quebrada Los Pozos	79

RESUMEN

Se da a conocer el interesante e inédito hallazgo de macroflora triásica en la Sierra Vaquillas Altas, ubicada en la Cordillera de Domeyko de la Región de Antofagasta (25°17'S-69°16'W). La sucesión continental conserva buenos registros de improntas vegetales, como ninguna otra a centenas de kilómetros de distancia, y bajo condiciones que no se han observado en formaciones de la región, ni en regiones limítrofes.

La sucesión fosilífera descrita en un afluyente de la Quebrada Vaquillas marca el inicio de la sedimentación en el depocentro tras una interrupción que data desde el Pérmico Superior, siendo las rocas de este y otros afloramientos recientemente asignadas a la Formación Quebrada del Salitre, la cual posee un miembro inferior esencialmente volcánico. En contraste, después de la caracterización litoestratigráfica pertinente, se obtiene como resultado preliminar la detallada descripción de una columna compuesta por niveles de conglomerado, arenisca y fangolita, con la ausencia de estratos volcanogénicos y aporte efusivo coetáneo. Además, al sur y durante esta investigación, en las inmediaciones de la localidad tipo de la formación, área de Sierra Exploradora, también se describe una sucesión con niveles plantíferos triásicos de la cual no existían antecedentes y, posteriormente, se lleva a cabo una última campaña en la periferia de Cerro La Ternera, Región de Atacama, donde aflora la formación homónima, ampliamente conocida por su registro estratigráfico y contenido florístico del Triásico Superior, con el fin de recopilar más información complementaria y realizar una comparación exhaustiva de las unidades reconocidas en este trabajo y en otros anteriores.

El estudio paleobotánico de la sucesión principal se reduce a la identificación de varios géneros y especies que sin duda pertenecen a la parte alta del Triásico, donde destacan grandes ejemplares de *Pterophyllum*, entregando nuevas formas para el orden Cycadopsidae y datos interesantes respecto a las condiciones reinantes en el depocentro. Los hallazgos paleontológicos en localidades ubicadas más al sur, exponen claras diferencias en la composición de las paleocomunidades, las que disponen de información paleoclimática y paleogeográfica adicional y esclarecen más aun los argumentos para establecer la distinción entre las sucesiones.

Acorde a la caracterización litoestratigráfica y al análisis de facies realizado, la sucesión ubicada en la Sierra Vaquillas Altas evidenciaría un ambiente de sedimentación representado por un sistema fluvial meandriforme que poseería un cauce de carga tractiva dominada por arena muy fina y fango, asociándose a una llanura de inundación con abundantes depósitos finos que preservaron la flora. En Quebrada del Salitre, las características de los depósitos sugieren también un entorno fluvial de alta sinuosidad, aunque la acción de una energía mecánica menor, conservando ejemplares pequeños y hasta algunos en posición de vida; mientras que las facies sedimentarias de Formación La Ternera señalan diferencias sustanciales en la carga tractiva del sistema meandriforme y en su diversidad paleoflorística.

En general, las morfologías foliares tipo *Cycas* son características de condiciones más bien cálidas, lo que coincide con la idea de la predominancia de ambientes áridos a semiáridos para la región y con la propuesta de una gran unidad fitogeográfica del Gondwana en estas latitudes, donde reinaba un clima subtropical seco; sin embargo, la arquitectura de las hojas de ciertos *Pterophyllum* sugiere adaptaciones a entornos un poco más húmedos. Finalmente, los diversos taxones de Sierra Vaquillas señalan sin duda su pertenencia al Triásico Superior y una edad relativa derivada de sus biocrones que se acota al Cárnico-Nórico, aunque la corrección hecha por una datación radiométrica en la base de la sucesión, limita el inicio de la sedimentación a mediados del Nórico.

1. INTRODUCCIÓN

Durante el Pérmico tardío al Triásico, el bloque continental que hoy se conoce como América del Sur conformaba, junto al continente africano, una porción de terreno gondwánico que experimentaría el inicio de una importante tectónica extensiva, posterior a su fase final de ensamble como supercontinente (Charrier y otros, 2007) y que se asocia al comienzo de su fragmentación. Este evento generó un complejo sistema de cuencas de *rift* en el margen suroccidental de Gondwana (Charrier, 1979; Ramos y Kay, 1991), donde la evolución de los depocentros fue escasamente preservada, por lo general, en afloramientos geográficamente aislados y afectados intensamente por magmatismo y tectonismo del Cenozoico.

Esta configuración geotectónica ha permitido inferir tanto una interrupción de la subducción a lo largo del margen continental o, por lo menos, la considerable disminución de la misma (Charrier y otros, 2007), como también, en base a estudios petrográficos y geoquímicos recientes (Vásquez y otros, 2011; Coloma y otros, 2013; Oliveros y otros, 2014), la operación continua del proceso de subducción desde el Paleozoico hasta los inicios del establecimiento del arco magmático andino en el Jurásico Inferior. Además, evidenciando la complejidad de estos acontecimientos en el área de estudio, se ha sugerido para la Precordillera del norte de Chile importante desplazamiento en el rumbo, rotación de grandes bloques e inversión de las estructuras *sinrift* Mesozoicas (Arriagada y otros, 2006).

Las rocas triásicas de las regiones de Antofagasta y Atacama que representan esta geodinámica muestran abundantes cambios laterales y verticales de facies, a través de los cuales se han diferenciado, en general, depósitos aluviales, fluviales, lacustres y marinos, localmente interestratificados con volcanitas (Bell y Suárez, 1991). La intensa actividad volcánica contemporánea a estos depósitos relacionados a *rifting*, responsable de la intercalación de niveles volcánicos y volcanosedimentarios en las diferentes sucesiones continentales y marinas, ha sido un elemento clave para estudiar la evolución magmática y dinámica de las cuencas en el norte de Chile y con esto esclarecer el inicio de la subducción andina, correspondiente a la gran interrogante en la que se centra el proyecto Fondecyt N°1120715, dentro del cual se enmarca este trabajo.

Uno de estos depocentros, con considerable aporte volcánico, es representado en parte por la Formación Quebrada del Salitre, registrada principalmente en los levantamientos geológicos

elaborados por el SERNAGEOMIN en la Cordillera de Domeyko entre los 25°00' y 26°30' S; durante la investigación, en la Carta Sierra Vaquillas Altas, se observaron facies no descritas anteriormente, asociadas preliminarmente a niveles inferiores de la unidad y que contienen importantes vestigios de paleoflora triásica. Este trabajo, comprende tanto la caracterización litoestratigráfica de la sección basal de esta unidad, como la respectiva interpretación del ambiente de sedimentación, el estudio paleoflorístico y la determinación de su edad, teniendo como finalidad aportar a la reconstrucción del estadio inicial de depositación en la cuenca gondwánica y, en contraste a los antecedentes recopilados en otros afloramientos continentales de la precordillera, entregar datos adicionales respecto al paleoambiente y paleogeografía del periodo.

1.1. Planteamiento del problema

En la Sierra Vaquillas Altas, elemento morfoestructural principal de la carta geológica homónima (Venegas y otros, 2013), el miembro inferior de Formación Quebrada del Salitre se describe sobreyaciendo en discordancia angular a hipabisales paleozoicos. Se compone principalmente por intercalaciones de lavas y pequeños niveles sedimentarios donde no se reconocen organismos fósiles, pero dos análisis U-Pb en circones de un cuerpo subvolcánico andesítico y una toba cinerítica brechizada, arrojaron edades de $212,8 \pm 2,0$ y $214,2 \pm 2,0$ Ma, respectivamente. Por otra parte, el miembro superior que representa la transición a un ambiente marino, conserva material paleontológico afín que indica también una edad Triásico Superior. Sin embargo, según los antecedentes señalados en la Carta Exploradora (Cornejo y otros, 2009), ubicada inmediatamente al sur en la Cordillera de Domeyko, la edad máxima para esta sucesión datada por U-Pb en circones de una única intrusión por un domo riolítico en basaltos del miembro inferior, correspondería al Triásico Medio ($232,9 \pm 0,2$ Ma) y no se descarta una edad aún más antigua para las asociaciones de facies basales.

Tras lo expuesto anteriormente, se entiende que existe incerteza respecto a la edad del límite inferior de Formación Quebrada del Salitre, lo que sumado a la escasez de capas y fósiles guía tornan complicada la correlación estratigráfica, la que se dificulta aún más por la compleja evolución estructural que albergan las cuencas del norte de Chile (Bell y Suárez, 1991); existen breves menciones de fragmentos de tallos y frondes mal conservados para el miembro inferior de la formación en otras áreas de la Precordillera, solo un trabajo detallado de descripción,

clasificación taxonómica y deducciones paleoambientales para los niveles, que no se centra en su valor cronoestratigráfico (Herbst y Troncoso, 2012), y ninguna referencia a estructuras vegetativas triásicas para el sector de la Sierra Vaquillas Altas. Por lo tanto, el descubrimiento de una sucesión continental con restos vegetales, mejor conservados y tal vez diferentes en contraste a otros reportes paleontológicos de la región, sobreyaciendo en discordancia de erosión sobre rocas paleozoicas y sin tramos volcánicos expuestos hasta bien avanzada la sucesión, abren la posibilidad de plantear la existencia de una sección basal infrayacente al miembro volcano-sedimentario de la unidad, de realizar un estudio paleoflorístico y ampliar, respaldar o acotar su rango de edad, además de comparar la información obtenida con otras sucesiones detalladas en el norte de Chile.

1.2. Objetivos

Caracterizar litológica, estratigráfica y paleobotánicamente la sucesión asociada preliminarmente al límite inferior de la Formación Quebrada del Salitre, la que aflora específicamente a los 25°17' S con 69°16' W en una quebrada menor de la alta Precordillera, con la finalidad de aportar nueva información al periodo de apertura y desarrollo del depocentro gondwánico, tarea que involucra los siguientes objetivos específicos.

- Caracterizar litológica y estratigráficamente los tramos basales de la unidad y contrastar esta información con los recopilados en otros puntos de la Cordillera de Domeyko.
- Clasificar y/o determinar el material paleontológico, evaluar su potencial cronoestratigráfico e incorporar las muestras a la colección del Museo Geológico *Lajos Biró Bagoczky* de la Universidad de Concepción.
- Describir las facies sedimentarias, establecer sus asociaciones características y definir el ambiente de sedimentación para los distintos afloramientos estudiados.
- Discutir la posibilidad de correlacionar estas facies con las de otras cuencas triásicas e intentar extraer datos paleoambientales y paleogeográficos relevantes para el área.

1.3. Ubicación y accesos

El sector principal de estudio corresponde a la Quebrada Los Pozos, afluente de la Quebrada Vaquillas, localizada entre los 25°12' a 25°21' S y 69°12' a 69°20' W, aproximadamente a 122 Km al oeste de la ciudad de Taltal. La hondonada abarca alrededor de 50 Km² y se encuentra a

una altura promedio de 3500 m s. n. m. en el centro de la Carta Vaquillas Altas, la cual constituye el levantamiento geológico desarrollado por el SERNAGEOMIN en la parte del sur de la Segunda Región de Antofagasta y en una pequeña porción del norte de la Tercera Región de Atacama (Figura 1.1).

El acceso a este sector se realiza desde la carretera Panamericana Ruta 5 Norte, la que conecta al este de Taltal con la ruta B-885 y la localidad de Agua Verde. Siguiendo hacia el oriente, a la altura de la parte más distal de la quebrada, se debe abandonar la ruta y circular a través de caminos de antiguas salitreras y exploración minera, los cuales, a medida que se adentran en la Precordillera, han sido cubiertos y segmentados por aluviones, haciendo necesaria la conducción por fillos y bajíos, lidiando con material aluvial durante prácticamente toda una jornada.

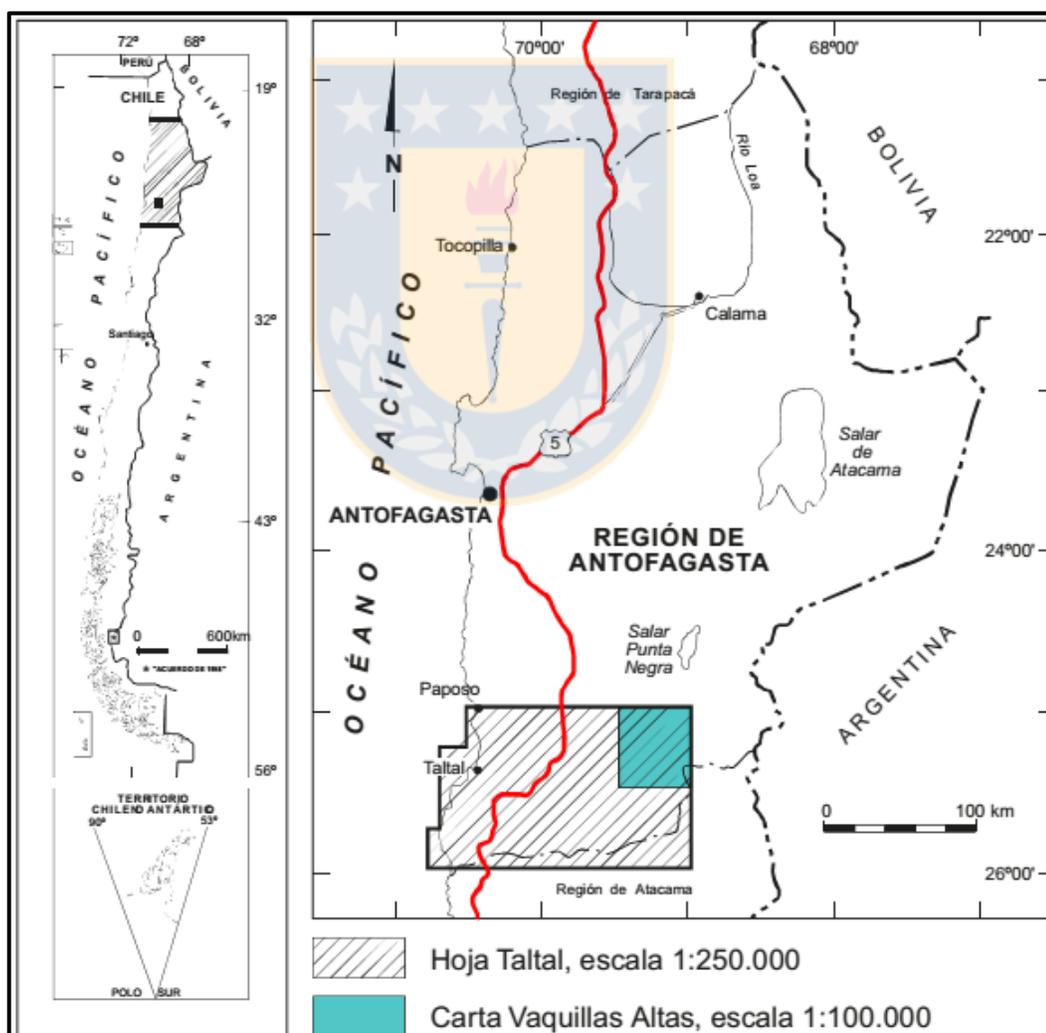


Figura 1.1. Mapa de ubicación y accesos a la zona principal de estudio. Modificado de Venegas y otros (2013).

Al sur, también en la Cordillera de Domeyko, se visitó un sector cercano a la localidad tipo de la formación bajo estudio, la Quebrada del Salitre, donde a los $25^{\circ}56'S$ con $69^{\circ}16'W$ y a una altura promedio de 3200 m s. n. m., se descubre un afloramiento fosilífero dentro del extremo suroccidental de la Carta Exploradora, desarrollada por el SERNAGEOMIN, ubicada 40 Km al norte de la ciudad de El Salvador en la Tercera Región de Atacama (Figura 1.2). Para acceder a la Quebrada del Carrizo, que conecta con la localidad, se cruza la ciudad al oriente y se toman huellas de exploración minera con dirección norte, erosionadas en gran parte también por aluviones, se limpia e improvisa camino hasta bajar a la hondonada, donde se recorre aproximadamente 10 Km a pie hasta alcanzar el sector.

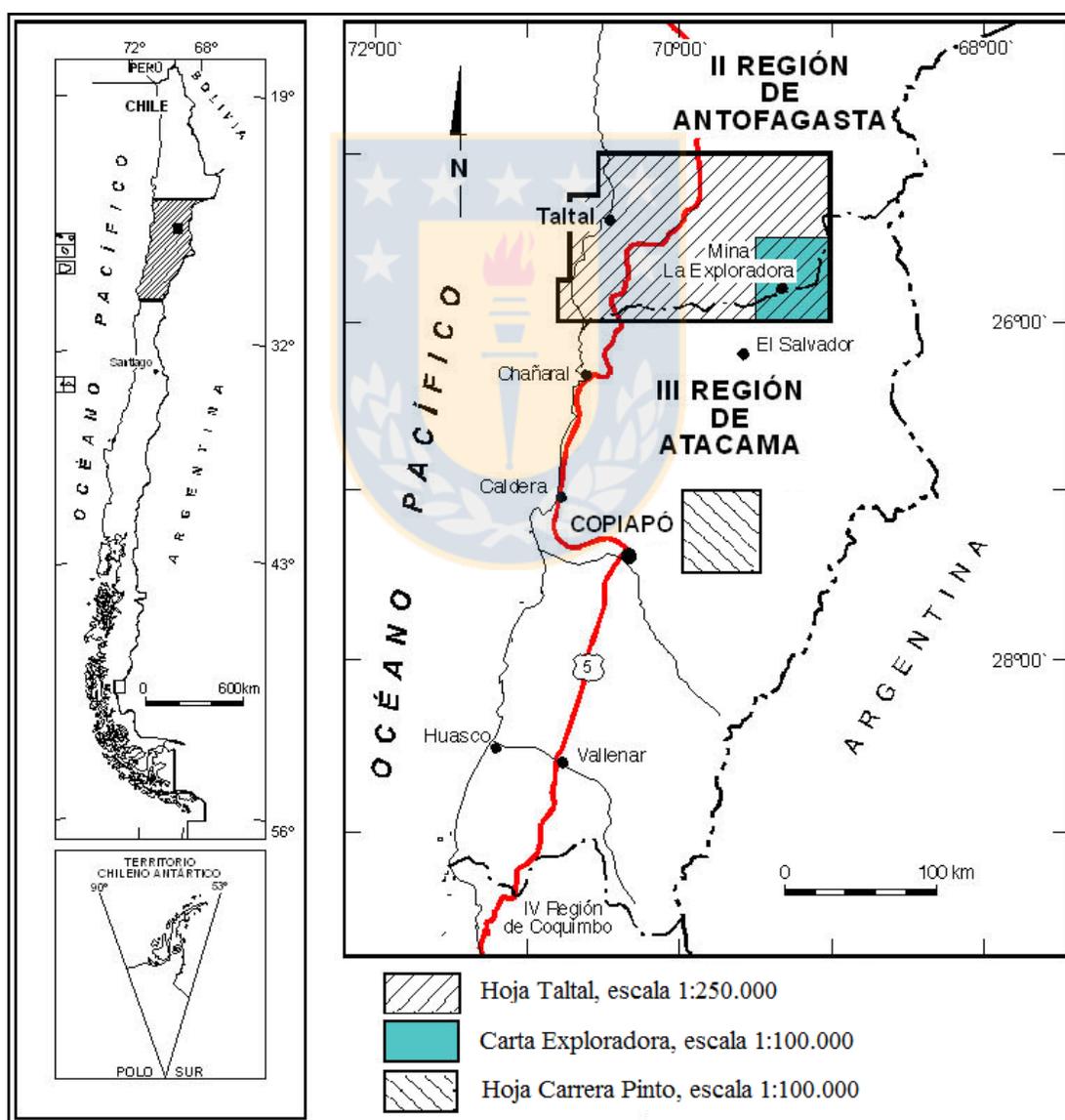


Figura 1.2. Mapa de ubicación y accesos a los sectores de estudio complementarios. Modificado de Cornejo y otros (2009).

Más al sur, a los pies de la Precordillera, se visita un afloramiento abundante en paleoflora triásica registrado en la Hoja Carrera Pinto (Figura 1.2), mapeada por el SERNAGEOMIN (Sepúlveda y Naranjo, 1982), localizado en la naciente de la Quebrada Paipote, ladera sur ($27^{\circ}06' S$, $69^{\circ}43' W$), a unos 45 Km al este de Copiapó. El acceso al lugar es expedito, se sale por el sur de la ciudad y se toma la ruta en dirección a la minera Inca de Oro, que atraviesa la totalidad de la quebrada.

1.4. Metodología de trabajo

1.4.1. Estudio bibliográfico

Realizado desde fines de octubre del año 2015, en preparación a la primera salida a terreno de la investigación. Básicamente, consistió en la recopilación bibliográfica de artículos del área de estudio y cuencas gondwánicas adyacentes, centrándose en las publicaciones que ofrecieran información respecto a sucesiones fosilíferas continentales del Triásico. Posteriormente se le dio énfasis a la búsqueda de trabajos relacionados a paleoflora triásica de todo el margen occidental del supercontinente, pensando en la clasificación taxonómica que se llevaría a cabo a futuro y considerando también los escritos que hicieran mención a características climáticas y geográficas de aquel entonces; esta indagación continuó durante todo el año 2016 y comienzos del 2017.

1.4.2. Salidas a terreno

Entre el 1 y el 10 de noviembre del 2015 se viajó a la Región de Antofagasta para aproximarse a los afloramientos triásicos de la Sierra Vaquillas Altas. La ubicación de la sucesión basal de la unidad había sido registrada con anterioridad por geólogos pertenecientes al proyecto, advirtiendo la presencia de tallos vegetales mal conservados durante un reconocimiento preliminar del lugar. Se realizó la estratigrafía de detalle del sector, requiriendo tiempo adicional para el muestreo paleontológico de esta diversa tafoflora asociada a las facies más finas de la columna; además, se contribuyó al trabajo estratigráfico de otras secciones no fosilíferas y al muestreo de roca para los análisis geoquímicos y petrográficos pertinentes.

Desde el 13 al 23 de marzo del 2016, se viajó a la región de Atacama para visitar la Quebrada del Salitre y la Quebrada Paipote en busca de facies similares, portadoras de macroflora triásica. Se levantaron secciones estratigráficas en los puntos de interés, muestreando tanto roca como fósiles de plantas. La descripción y clasificación granulométrica de las rocas sedimentarias se desarrolló,

en ambas campañas, según Wentworth (1922, en Nichols, 2009) y Pettijhon (1987), mientras que la toma de fotografías se efectuó con una cámara marca Fujifilm modelo FinePix S4500.

1.4.3. Trabajo de gabinete

La información estratigráfica fue procesada con el programa Adobe Illustrator CS5, permitiendo proyectar digitalmente las sucesiones detalladas en terreno, establecer la posición de las distintas muestras y delimitar las facies descritas, estas últimas clasificadas según Miall (2006) para ambientes fluviales. Complementariamente, se describieron siete cortes transparentes (Anexo N°1) en el laboratorio de microscopía del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción, utilizando un microscopio marca Zeiss modelo Standar, evaluando la contribución de material correspondiente a la formación que infrayace a la unidad, como también el aporte del volcanismo contemporáneo, para así caracterizar al detalle la composición de las capas muestreadas. La metodología para la clasificación composicional y características petrográficas de las rocas siliciclásticas es detallada en el apartado de estratigrafía.

Además, se describieron y clasificaron taxonómicamente las muestras de flora fósil de los distintos afloramientos (Anexo II), fotografiando, etiquetando y almacenando la tafoflora en el Museo Geológico *Lajos Biró Bagoczky* del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción. Para la especificación se usó bibliografía adecuada, la que fue respaldada, a nivel de géneros, por el Dr. Philippe Moisan de la Universidad de Münster, Alemania, y presentada en el V Simposio de Paleontología en Chile 2016, realizado en la Universidad Andrés Bello, sede Concepción.

Para finalizar, se trabajó conjuntamente la información estratigráfica, litológica y paleontológica para establecer las condiciones de sedimentación y la edad de la sucesión, así como también se discute la posibilidad de correlacionarla, ubicar su posición geográfica e inferir las condiciones climáticas reinantes para esta área del margen suroccidental de Gondwana.

1.5. Fisiografía

La zona de estudio está flanqueada, desde el oeste, por el límite oriental de la depresión Central, ubicándose en un segmento de la cordillera de Domeyko, denominada localmente Sierra Vaquillas Altas, y es cercada al sureste por una parte de la cuenca preandina de Punta Negra, elemento morfoestructural que fracciona la geomorfología del área, ya que hacia el noreste se

observa en contacto con el límite occidental de la Cordillera de Los Andes o Cordillera Occidental; las principales morfoestructuras de la zona reflejan una clara división del esquema regional, representado por un dominio norte y un dominio sur (Figura 1.3). Las cumbres más elevadas de esta zona corresponden los cerros Punta del Viento (4.822 m s. n. m.) y Pastos Largos (4.815 m s. n. m.), mientras que el volcán Chaco es el único que supera el techo de los cinco mil (5.045 m s. n. m.). El margen occidental de la zona de estudio se caracteriza por presentar un clima ‘desértico normal’, variando hacia el este a un clima ‘desértico marginal de altura’ según la Dirección Meteorológica de Chile.

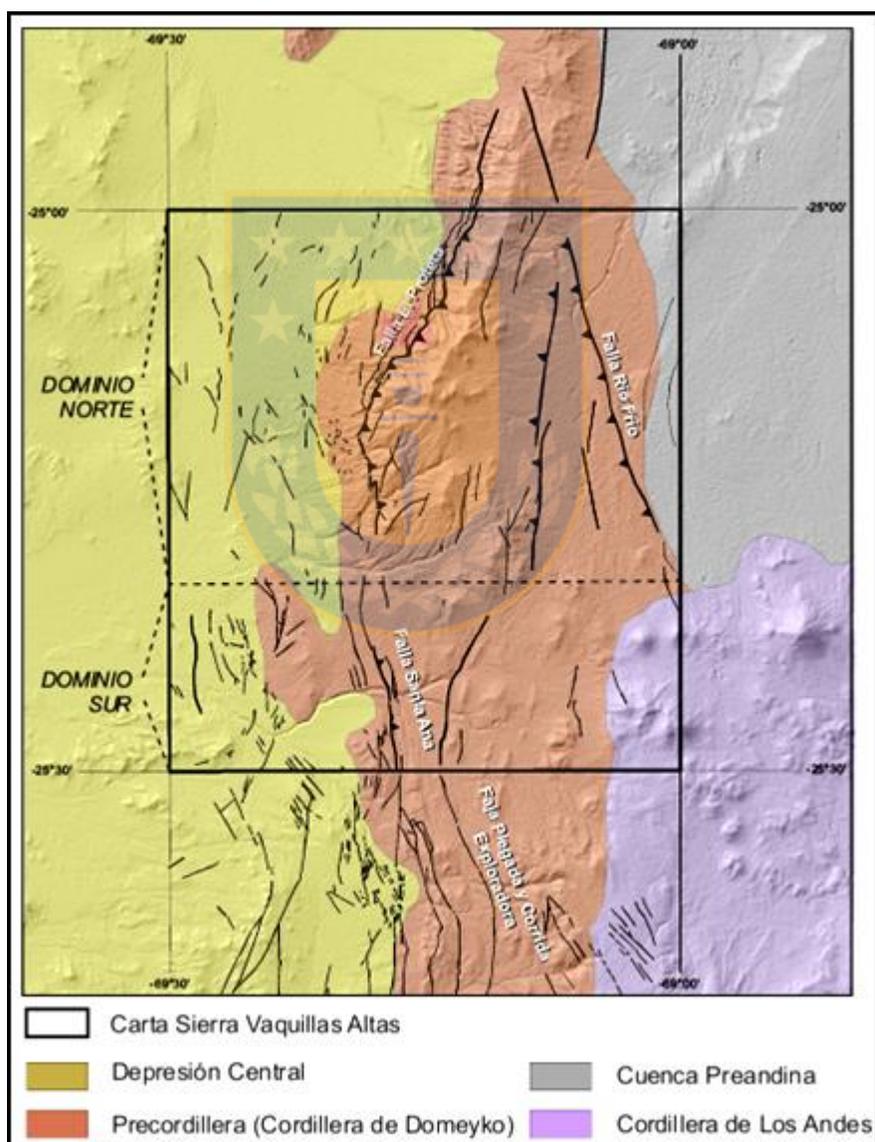


Figura 1.3. Esquema morfoestructural de la zona de estudio. Modificado de Venegas y otros (2013).

Desde la sierra al norte descienden numerosas quebradas hacia el oeste, algunas de las cuales presentan escorrentías superficiales esporádicas (Punta del Viento, Pastos Largos, Sandon y Vaquillas) asociadas al derretimiento de nieve en época invernal y al drenaje de las precipitaciones del ‘invierno altiplánico’ en época estival. Este último es el que permite, junto al cambio de clima en altura, fenómenos como el florecimiento de las laderas de las quebradas a fin de año y, en general, mayor vegetación y humedad relativa, y menor oscilación de la temperatura en comparación al sector oeste, el que además presenta menor diversidad faunística.

1.6. Ley de Patrimonio

A continuación, se citan ciertos artículos de la Ley N° 17.288 de Monumentos Nacionales y Normas Relacionadas, de 1970, con el propósito de contextualizar la colección de fósiles de la presente investigación.

- Ley 17.288, Título V. “De los monumentos arqueológicos, de las Excavaciones e Investigaciones Científicas correspondientes”.

Artículo 21°

“Por el solo ministerio de la ley, son Monumentos Arqueológicos de propiedad del Estado los lugares, ruinas, yacimientos y piezas antro-po-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°.

“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.”

- Decreto Supremo N° 484, de 1990. “Reglamento Sobre Excavaciones y/o Prospecciones Arqueológicas, Antropológicas y Paleontológicas”.

Artículo 20°.

“Se entenderá por operaciones de salvataje, para los efectos de este reglamento, la recuperación urgente de datos o especies arqueológicas, antropológicas o paleontológicas amenazados de pérdida inminente. Los conservadores y directores de Museos reconocidos por el Consejo de Monumentos Nacionales, los arqueólogos, antropólogos o paleontólogos profesionales, según corresponda, y los miembros de la Sociedad Chilena de Arqueología estarán autorizados para efectuar trabajos de salvataje. Estas personas tendrán la obligación de informar al Consejo de su intervención y del destino de los objetos o especies excavados, tan pronto como puedan hacerlo”.

Las operaciones de extracción de material paleontológico en la Quebrada Los Pozos, Quebrada del Salitre y Quebrada Paipote se encuentran dentro de los límites estipulados en el Artículo 20 del reglamento antes referido, acciones entendidas como “Salvataje Paleontológico”; esto se justifica, en las dos primeras localidades, por lo aislado e inhóspito del sector, lo que incluye su exposición a erosión y destrucción por aluviones y deslizamientos, gran distancia a zonas pobladas y altitud, mientras que en la última, principalmente por su reciente exposición a los aluviones que han afectado a la zona norte del país en los últimos años, siendo uno de los lugares catalogados como críticos. El grupo de investigadores, capacitado para la labor, tomó la decisión de conservar y resguardar el material en el Museo Geológico *Lajos Biró Bagoczky* de la Universidad de Concepción, reconocido por el Consejo de Monumentos Nacionales, ya que ante su pérdida inminente, la oportunidad de estudiar y compartir el hallazgo y la información que se extrajera a partir de su investigación, se disiparía.

1.7. Agradecimientos

Especial reconocimiento a mi profesora patrocinante, jefa del proyecto Fondecyt que financió esta memoria de título, Verónica Oliveros, al profesional guía que fue clave para la elaboración de este escrito, y a ambos, quienes además se convirtieron en excelentes compañeros de terreno, dándome la grandiosa oportunidad de participar en esta investigación, gracias por sus enseñanzas y correcciones, disposición, preocupación y buenas vibras.

Gracias a los docentes del Departamento de Ciencias de La Tierra, a mis compañeros del cerro, auxiliares y a todo personaje incidental, por compartir el conocimiento existente, tanto colectivo

como personal, y entregarme las herramientas adecuadas para su utilización, además de recuerdos ajenos a toda situación académica, los que son siempre bien recibidos. Sigo cultivando mi gratitud recordando las enseñanzas y numerosas conversaciones que compartí con mi profesora de paleontología, Sylvia Palma, logrando hallar la motivación para adentrarme en el gran campo de la paleobotánica, armado hasta con ancestrales colihues. Mi agradecimiento también al conservador del Museo Geológico *Lajos Biró Bagoczky*, Don Gerardo Flores, por sus opiniones e inclinación a estar siempre disponible cuando se necesita su ayuda.

Por otra parte, gracias por su voluntad y buena disposición al Dr. Philippe Moisan, hasta el año pasado académico de la Universidad de Münster, Alemania, y al Dr. Rafael Herbst, del Instituto Superior de Correlación Geológica (Insugeo-Conicet), de San Miguel de Tucumán, Argentina, pues a pesar de no conocerlos, accedieron a compartir sus saberes florales del Gondwana, ayudándome de forma remota en parte de esta investigación y manifestando su interés en aportar a la futura publicación de esta interesante información; un recordatorio particular al Sr. Herbst, tal vez el mayor exponente en Chile y Argentina de las últimas décadas en la rama de la paleobotánica, quien tras una larga estadía en este plano, trascendiera al siguiente.

Gracias a toda mi familia por su apoyo incondicional, en particular a mis padres, Claudia y Robinson, ya que sin su paciencia, ánimos e incansable interés de cuestionar y comprender, no me hallaría en esta dinámica y maravillosa encrucijada, atento a numerosos nuevos caminos por elegir. A mi hermana, Javiera, porque cada vez que encuentras un tesoro, me recuerdas ese respetuoso interés ante los infinitos procesos naturales de la tierra.

Me siento profundamente agradecido hacia mi compañera de vida. Tu amor y refulgente energía me ha guiado en momentos cruciales a través de este esquivo y hermoso sendero; a lo que a este trabajo se refiere, desde afanada fotógrafa a fiel editora, interesada en el estudio y misterios de la madre *terra*, partícipe hasta el final, ¡Gracias Camila!.

Por sobre todo y todos, gracias a la tierra misma, por tu absoluta complejidad, por tu capacidad de abrazar a cada ser en extraordinarios parajes y así envolverlos en la eterna energía universal, inundándolos con la profunda y poderosa presencia de la vida. Gracias totales por tu inspiración.

2. MARCO GEOLÓGICO

En el sector de la Quebrada Vaquillas Altas, en la Cordillera de Domeyko, se expone una sucesión continental portadora de paleoflora triásica asociada a la parte basal de la Formación Quebrada del Salitre, la principal unidad bajo estudio (Figura 2.1).

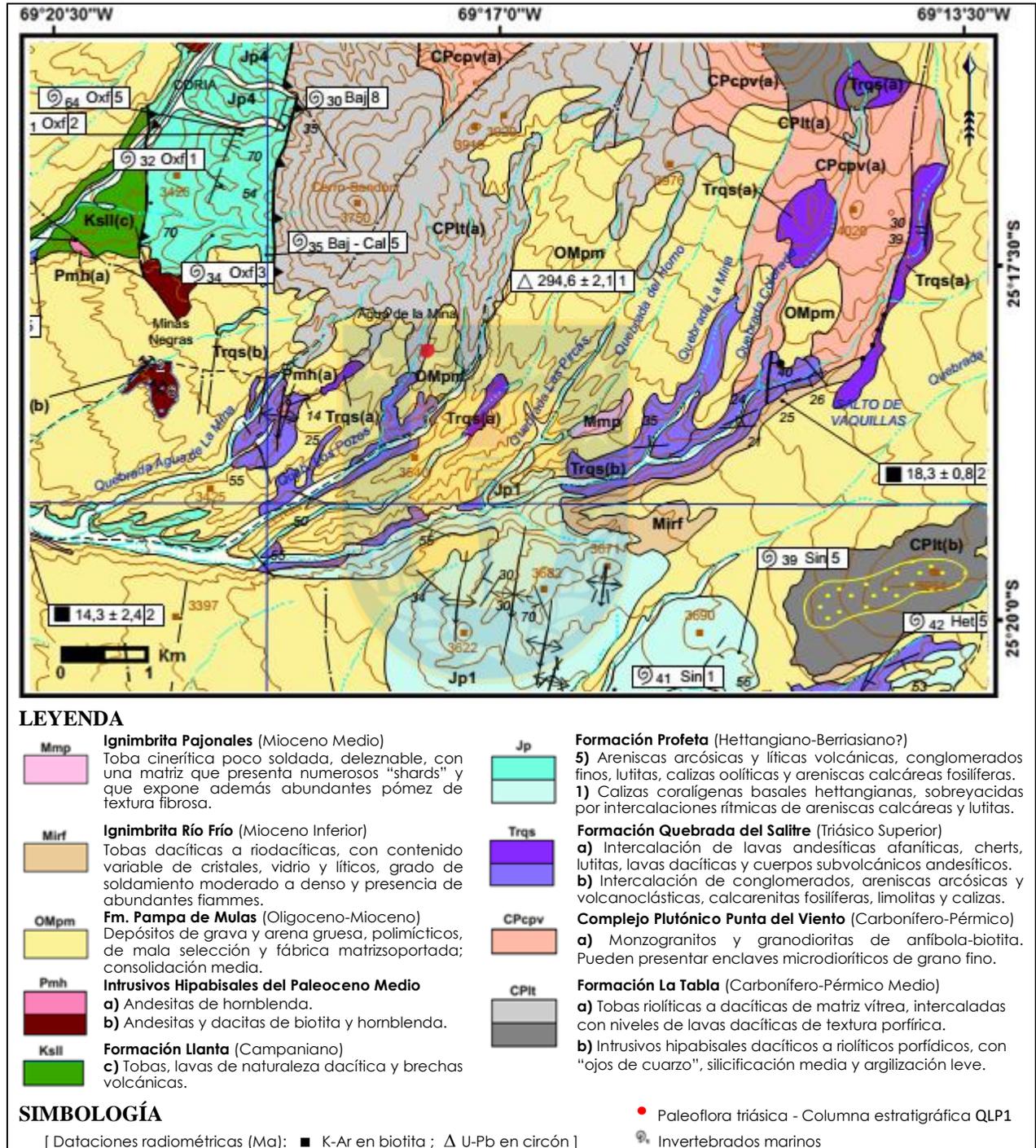


Figura 2.1. Mapa geológico de la Quebrada Vaquillas Altas. Modificado de Venegas y otros (2013).

Muchos son los autores que entregan diversas hipótesis sobre lo acaecido durante el Pérmico tardío y el Jurásico temprano en el occidente de Gondwana, reconstruyendo la evolución geotectónica y estableciendo la fuente de origen de las diferentes unidades geológicas del margen continental. Considerando lo anterior, con el fin de contextualizar la depositación de las rocas del área de estudio y proyectar una idea sobre la paleogeografía del Paleozoico-Mesozoico, se realiza una caracterización global de la tectónica predominante y se describe detalladamente tanto Formación Quebrada del Salitre, como las unidades sedimentarias e intrusivas con las que se encuentra en contacto, además de sus símiles correlacionables más importantes a nivel regional. Complementariamente, se muestra la geología del área que enmarca a la Quebrada del Salitre (Figura 2.2), la localidad tipo de la formación homónima, y en la cual se ha mencionado la existencia de flora triásica (Cornejo y otros, 2009); esta información fue corroborada, sobre todo, en el afloramiento señalado.

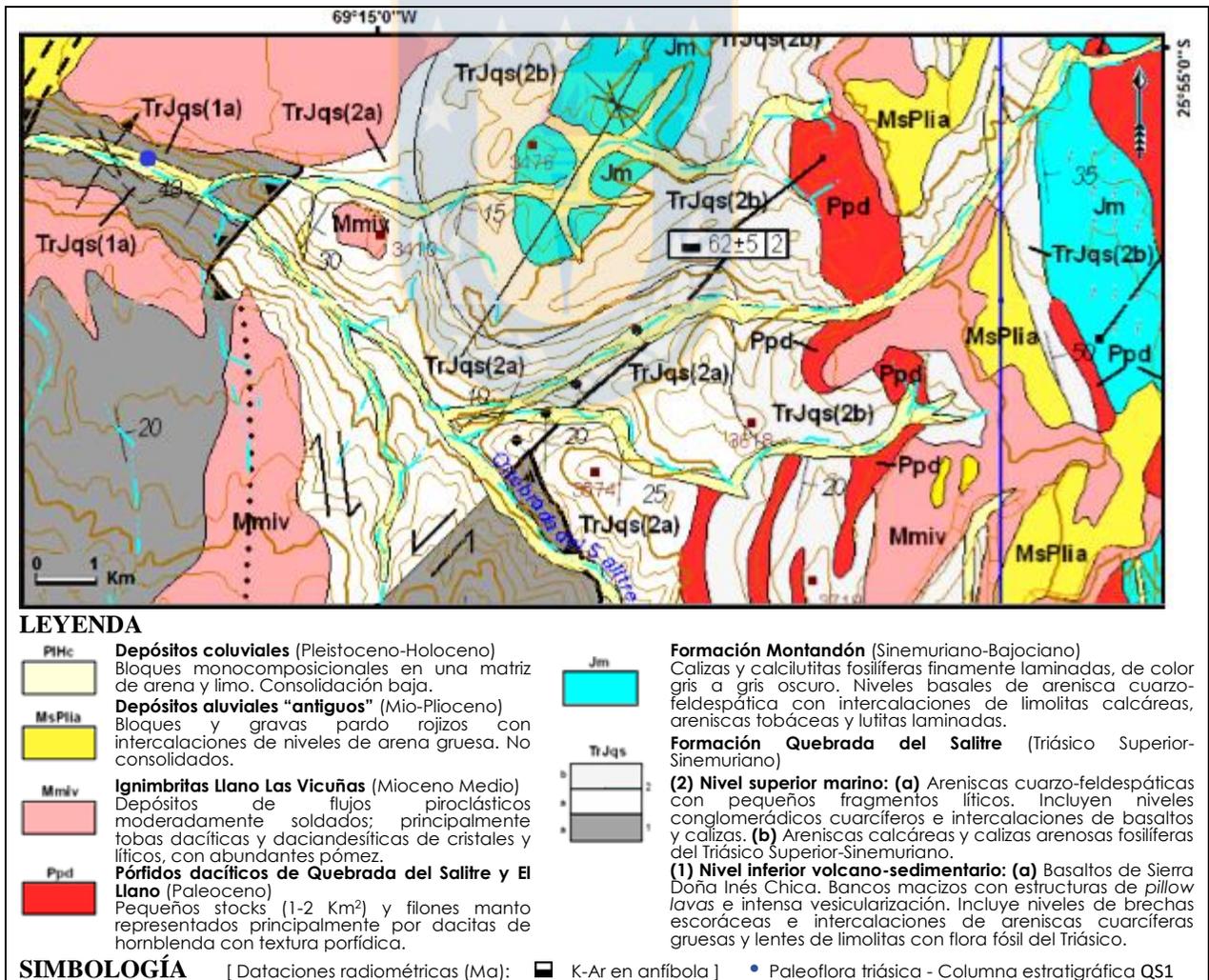


Figura 2.2. Mapa geológico de la Quebrada del Salitre. Modificado de Cornejo y otros (2009).

Por otra parte, a modo de elemento comparativo, se presenta la geología que enmarca la porción noreste de la Quebrada Paipote (Figura 2.3), sector aledaño a la localidad tipo de la Formación La Ternera, la Quebrada El Carbón, ubicada en las inmediaciones del Cerro La Ternera.

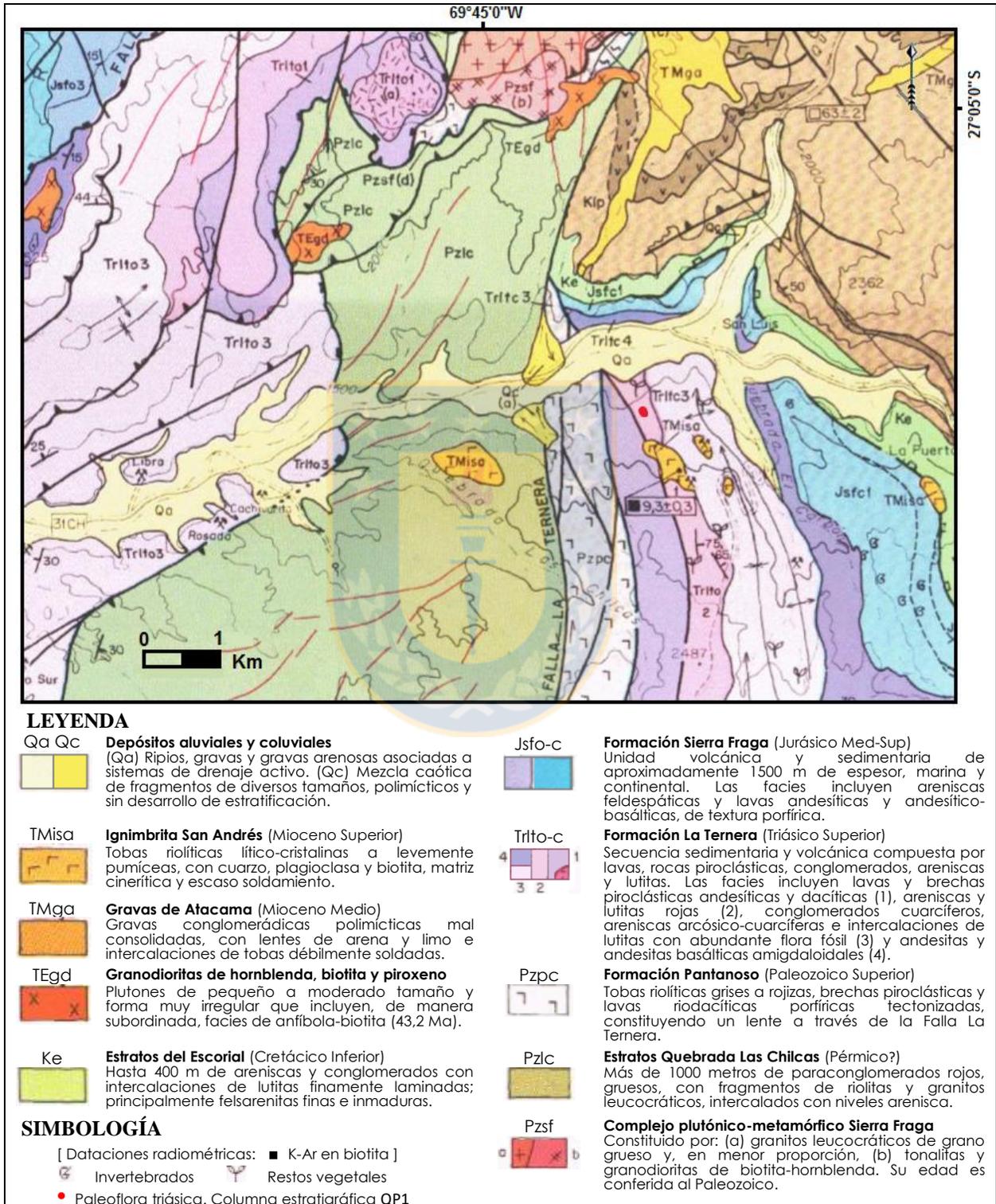


Figura 2.3. Geología del extremo NE de la Quebrada Paipote. Modificado de Sepúlveda y Naranjo (1982).

Esta unidad triásica, como se detalla más adelante, se ha correlacionado con la Formación Quebrada del Salitre y es ampliamente conocida por su contenido paleoflorístico, el que se pudo observar notoriamente en el punto destacado; en este y en los afloramientos mencionados con anterioridad, se realizaron las columnas estratigráficas especificadas en cada leyenda, caracterizadas en el capítulo correspondiente.

2.1. Contexto geotectónico

Las unidades del área de estudio contienen la historia de una larga y compleja evolución estructural en la que numerosos eventos de generación y deformación de material rocoso se superponen desde la era paleozoica. Las rocas más antiguas se asocian al magmatismo de arco desarrollado durante un periodo de alta tasa de convergencia y rápida deriva continental, enmarcado dentro de la segunda etapa del ciclo tectónico Gondwánico (Devónico tardío-Pérmico temprano) (Charrier y otros, 2007). Estos intrusivos del Carbonífero-Pérmico, son representados por el Complejo Plutónico Punta del Viento y su equivalente efusivo de tobas y cuerpos hipabisales, Formación La Tabla, siendo parte de un registro de actividad magmática de al menos 80 Ma, que constituye una gran franja que se extiende a lo largo de todo el borde occidental del supercontinente de Gondwana (Mpodozis y Ramos, 1989; Mpodozis y Kay, 1992).

Durante el lapso Pérmico-Triásico, los granitoides y cuerpos hipabisales fueron exhumados por un evento tectónico de carácter regional, el cual es representado tanto por la inconformidad como por la discordancia de las rocas triásicas de la Formación Quebrada del Salitre, sobre las paleozoicas. El proceso de exhumación que generó estas relaciones estructurales, las más antiguas del área de estudio, podría corresponder a la manifestación de la fase orogénica San Rafael (Pérmico inferior tardío) que afectó al margen austral del supercontinente y dio paso a la etapa final de consolidación del mismo (Cawood y Buchan, 2007), la que es evidenciada principalmente por cinturones orogénicos NNW-SSE e importante engrosamiento cortical (Mpodozis y Kay, 1992).

Posteriormente, las condiciones tectónicas reinantes entre el Pérmico tardío y el Jurásico inferior se atribuyen al denominado ciclo Pre-Andino (Charrier y otros, 2007), en el cual se describen los sucesos ocurridos después de la fase final de ensamble de Gondwana y antes del establecimiento del arco magmático del Jurásico temprano. Este ciclo involucró el desarrollo de condiciones

geotectónicas completamente diferentes a lo largo del margen en comparación al anterior ciclo Gondwánico y al posterior ciclo Andino, escenario que genera incertidumbre respecto a la naturaleza de la subducción a lo largo del margen continental, suponiéndose, por ejemplo, que al menos se encontraba considerablemente disminuida (Charrier y otros, 2007).

Tras la rápida deriva continental registrada en el ciclo anterior, las curvas de migración polares de África y Sudamérica muestran que en el lapso subsiguiente la traslación de Gondwana, como supercontinente consolidado, fue prácticamente estacionaria (Vilas y Valencio, 1978); esto favorecería la acumulación de calor en el manto superior, provocando la fusión de parte de la corteza inferior y la producción de abundante magmatismo extensamente distribuido a lo largo de la Alta Cordillera Chilena (Kay y otros, 1989; Mpodozis y Kay 1990) y de los Andes Argentinos (Llambías y Sato 1990; Llambías y otros, 1993; Llambías, 1999), procesos que junto al ambiente originado por el colapso del orógeno del Pérmico inferior y a importante adelgazamiento cortical, darían lugar a un régimen extensional generalizado (Spalletti, 1999), que marcaría el comienzo del rifting continental en Gondwana occidental.

Probablemente, la organización paleogeográfica durante este ciclo, que poseía elementos morfoestructurales aparentemente oblicuos al margen, estaría representada por una línea de costa con embahiamientos y penínsulas desarrollados por la apertura de una serie de cuencas discontinuas, subparalelas y elongadas en dirección NNW-SSE (Charrier, 1979; Uliana y Biddle, 1987; Mpodozis y Ramos, 1989; Mpodozis y Kay, 1990; Suárez y Bell, 1992; Stipanovic, 2001). Es así como los diferentes depocentros triásicos de la costa gondwánica se han agrupado para definir cinco cuencas tipo rift, que desde la zona austral se denominan como Temuco-Biobío, El Quereo-Los Molles, La Ramada, San Félix-Cuyana y La Ternera-El Profeta; esta última, al igual que el resto, se extendería en dirección SSE hacia territorio argentino, denominándose Cuenca El Bermejo (Charrier y otros, 2007). Es posible que esta distribución se deba a la existencia de zonas de debilidad NW, representadas por las suturas que unen los terrenos alóctonos acrecionados durante el Proterozoico y Paleozoico (Mpodozis y Ramos, 1989).

Las rocas triásicas bajo investigación, son ejemplo de los estadios iniciales del relleno de la Cuenca La Ternera-El Profeta y, tanto en ésta como en otros depocentros, las sucesiones sin-rift se componen generalmente de rocas volcánicas, volcanoclásticas y epiclásticas continentales, evidenciando una etapa de transición a un ambiente marino hacia techo. Según la detallada

estratigrafía secuencial realizada por Ardill (1996) y Ardill y otros (1998), la Cordillera de Domeyko registraría la evolución desde un ambiente litoral a infralitoral a fines del Triásico, hacia uno marino más profundo a inicios del Jurásico; este último es representado en el área por la Formación El Profeta y la evolución transicional es reconocida por una superficie de máxima inundación de carácter regional que corresponde a un marcador cronoestratigráfico entre los 24° y 26°S. La actividad magmática relacionada a estas cuencas fue principalmente silíceo (Charrier, 1979; Mpodozis y Kay, 1990) y asociada a volcanismo bimodal (Charrier, 1979; Chong y von Hillebrandt, 1985; Ramos y Kay, 1991; Charrier y otros, 2007); este magmatismo ha sido interpretado anteriormente, como lo expuesto por Suárez y Bell (1992), a modo de indicador de un régimen extensional relacionado a subducción que pudo asociarse a movimientos en el rumbo del margen activo y, por consiguiente, no se descarta la creación de espacios por mecanismos *pull-apart*. A pesar de lo escasos que son los afloramientos triásicos, además de encontrarse intensamente afectados por magmatismo y tectonismo del Cenozoico, los análisis geoquímicos realizados en la Alta Cordillera y Precordillera chilenas durante los últimos años, y recientemente por Oliveros y otros (2014), demuestran que las rocas magmáticas del ciclo Pre-Andino son principalmente de composición intermedia y poseen una clara señal calcoalcalina, sugiriendo subducción continua desde el Paleozoico tardío.

2.2. Rocas intrusivas

2.2.1. Complejo Plutónico Punta del Viento

Definido originalmente por Naranjo y Puig (1984) (*emend.* Venegas y otros, 2013), como un conjunto de cuerpos intrusivos con composiciones que varían entre granodioritas y sienogranitos, conforma el bloque más elevado de la Sierra Vaquillas Altas y constituye el eje central de la Precordillera en la zona. Composicionalmente, este complejo plutónico abarca monzogranitos y granodioritas de anfíbola-biotita, sienogranitos de biotita, monzogranitos y granitos gráficos de biotita, granitos porfídicos, dioritas de piroxeno-hornblenda y granitos indiferenciados. Además se ha registrado la existencia de diques de colores rosáceos, cuerpos filonianos y/o apófisis que intruyen a esta unidad.

Comprende una extensión areal de aproximadamente 150 Km², en general con afloramientos continuos, tal como la amplia franja que se observa en el flanco occidental de la Cordillera de

Domeyko. En algunos casos, las rocas plutónicas se yuxtaponen tectónicamente a las de Formación La Tabla, así como también se les observa en contacto por intrusión. Cubren al complejo, en inconformidad, las rocas siliciclásticas triásicas de la Formación Quebrada del Salitre y, restringidamente, lo sobreyacen algunas ignimbritas de edad Mioceno.

2.3. Rocas Estratificadas

2.3.1. Formación La Tabla

Establecida formalmente por García (1967), al sur de Sierra Doña Inés Chica, estudiada por Naranjo y Puig (1984), emendada por Cornejo y otros (1993) y referida también en la Hoja Potrerillos (Tomlinson y otros, 1999) y Carta Exploradora (Cornejo y otros, 2009), queda descrita genéricamente como una unidad de rocas volcánicas y subvolcánicas de composición ácida.

Su litología se describe mejor en la Carta Sierra Vaquillas Altas (Venegas y otros, 2013), donde se detallan como rocas volcánicas macizas, silicificadas, caracterizadas por el abundante contenido de cuarzo y que pueden presentar una débil estratificación localizada. Específicamente, se divide en tres litofacies, una compuesta por tobas de ceniza y lapilli, vítreas de cristales y líticos y lavas dacíticas, otra correspondiente a intrusivos hipabisales dacíticos a riolíticos con textura porfídica y una última que agrupa brechas, tobas de ceniza y lavas andesíticas.

La base de la formación no está expuesta, su techo subyace discordantemente a la Formación Quebrada del Salitre y se encuentra en contacto tectónico con esta misma, con la Formación Profeta y con el Complejo Plutónico Punta del Viento. Además se encuentra cubierta en discordancia por unidades cenozoicas, principalmente por la Ignimbrita Río Frío.

En la Carta Exploradora (Cornejo y otros, 2009) se consideran numerosas dataciones U-Pb que indican edades comprendidas entre el Carbonífero y el Pérmico Medio (300 a 260 Ma), mientras que en el trabajo realizado por Venegas y otros (2013), se obtuvieron siete edades U-Pb en circones con resultados entre 328 Ma y 259 Ma, y una edad $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en anfíbola de 293 Ma, asignándole a la unidad una edad comprendida entre el Mississipiano Superior y el Lopingiano.

2.3.2. Formación Quebrada del Salitre

Formalmente fue definida por Naranjo y Puig (1984) al sureste y noreste de la Sierra Exploradora, como una sucesión de rocas sedimentarias, tanto marinas como continentales, y

rocas volcánicas del Triásico Superior, edad definida por su contenido de fauna fósil y relaciones estratigráficas. Hoy se entiende por Formación Quebrada del Salitre (*emend.* Cornejo y otros, 1993) a la constituida por dos miembros o niveles, uno inferior con facies volcano-sedimentarias y uno superior con facies sedimentarias-marinas, descritos en la Carta Exploradora (Cornejo y otros, 2009) y en la Carta Sierra Vaquillas Altas (Venegas y otros, 2013), aunque también existen afloramientos más al sur, en la Hoja Potrerillos (Tomlinson y otros, 1999). El primero se encuentra representado principalmente por areniscas cuarcíferas gruesas, lentes de limolitas con flora fósil del Triásico Superior, conglomerados intercalados con felsarenitas, brechas de tonalitas paleozoicas, domos y sills. El segundo abarca, en general, areniscas cuarzo-feldespáticas con niveles conglomerádicos e intercalaciones de basaltos, además de calizas bioclásticas y coralígenas del Triásico Superior.

Esta unidad sobreyace, en discordancia angular, a la Formación La Tabla del Paleozoico, y en inconformidad, a granitoides del Complejo Plutónico Punta del Viento. En la zona de Sierra Vaquillas Altas existen sectores donde infrayace, tanto en discordancia angular como concordantes, a secuencias calcáreas del Hettangiano atribuidas a la Formación Profeta, como también la sobreyacen, en discordancia angular, las Ignimbritas Río Frío y las Gravas de Atacama, entre otras unidades menores.

A pesar de la aislada distribución de los afloramientos, se logra estimar un espesor mínimo de 400 m para la unidad en la Carta Vaquillas Altas. Esta formación se correlaciona principalmente, hacia el sur, con la Formación La Ternera (Sepúlveda y Naranjo, 1982), y hacia el norte con parte de la Formación Sierra de Varas (Marinovic y otros, 1995 *emend.* Contreras, 2014).

2.3.3. Formación La Ternera

En el flanco noroccidental del Cerro La Ternera, sector de Quebrada El Carbón, tributaria de la Quebrada Paipote, se define esta formación por Brüggén (1950), como una secuencia de lutitas, areniscas y conglomerados, con niveles de paleoflora rética y carbón. En trabajos posteriores, se establece definitivamente un miembro inferior sedimentario-volcánico y otro superior exclusivamente volcánico (Jensen, 1976; Mpodozis y Davidson, 1979), los cuales son mejor detallados en la Hoja Carrera Pinto (Sepúlveda y Naranjo, 1982).

En la parte baja del miembro inferior, se reconocen algunos niveles lenticulares de andesitas afáníticas amigdaloidales, seguidos por areniscas arcósicas de grano grueso y areniscas cuarcíferas con troncos fósiles indeterminados; además, se observan conglomerados, niveles de lutitas con flora fósil y lentes carbón. El miembro superior está representado por una secuencia, con al menos 300 m de espesor, de andesitas y andesitas basálticas amigdaloidales mal estratificadas, además de niveles métricos de forma lenticular, descritos como tobas de cristales.

La unidad ostenta en promedio un espesor de 1500 m y se dispone, en discordancia angular, sobre rocas carbonatadas del Carbonífero-Pérmico y en inconformidad sobre el Batolito Oriental del Paleozoico; mayoritariamente, cubren a la formación en concordancia, calizas del Sinemuriano-Bajociano y otras rocas jurásicas de ambiente marino y continental.

2.3.4. Formación Profeta

Definida por Chong (1973), al norte de los 25°S en la quebrada homónima, como una secuencia conformada por rocas siliciclásticas y bioclásticas, con predominio de niveles evaporíticos y areniscas rojas hacia la parte alta de la sucesión; últimamente, se han identificado cinco niveles estratigráficos para la unidad (Venegas y otros, 2013 *emend.* Naranjo y Puig, 1984)

El nivel basal, está compuesto por calizas coralígenas hettangianas, sobreyacidas principalmente por intercalaciones rítmicas de areniscas calcáreas; el segundo nivel corresponde, en general, a una intercalación de areniscas y fangolitas calcáreas, lutitas y conglomerados; en tercer lugar, sucede una intercalación de calizas, fangolitas calcáreas, lutitas y calcarenitas; el cuarto nivel se constituye de intercalaciones rítmicas de fangolitas, calizas, calcarenitas y lutitas calcáreas, cerrando con niveles evaporíticos oxfordianos; y el nivel superior, contiene areniscas arcósicas y líticas, además de conglomerados finos, lutitas, calizas oolíticas y areniscas calcáreas fosilíferas.

Las rocas basales se apoyan, tanto en discordancia angular como concordantes, sobre la Formación Quebrada del Salitre. La cubren, por lo general y en discordancia angular, las rocas volcánicas de la Formación Llanta (Campaniano) y subyace, en misma relación, a ignimbritas miocenas y a las Gravas de Atacama. Numerosos fósiles de invertebrados con valor cronoestratigráfico han sido estudiados previamente, otorgándole un intervalo de edad amplio y continuo a la Formación Profeta, que se extendería, probablemente, desde el Hettangiano al Berriasiano (Chong, 1973; Naranjo y Puig, 1984; Chong y Hillebrandt, 1985).

El espesor de la formación es complicado de estimar por consecuencia de la intensa deformación de los estratos, de todas maneras, tras la integración de numerosas secciones estratigráficas se precisa una potencia mínima de 2000 m. En el área, es posible correlacionar al oeste, su nivel basal con la Formación Pan de Azúcar (Naranjo y Puig, 1984), mientras que su segundo y tercer nivel se correlacionan al sur, con las formaciones Montandón y Asientos (Harrington, 1961).

2.3.5. Ignimbrita Río Frío

Fue descrita originalmente por Pino (1980), definida por Naranjo y Puig (1984), como una sucesión de tobas que representarían un único flujo piroclástico, con disposición subhorizontal, que forma extensos llanos, cuyos flujos están intercalados con o cubren las Gravas de Atacama, como en la Carta Sierra Vaquillas Altas (Venegas y otros, 2013), y a otros depósitos menores.

La unidad está representada por diversas tobas de características homogéneas, moderada a densamente soldadas, de color rosado y gris, que muestran un característico color pardo-anaranjado en la superficie de los afloramientos. En general presentan abundantes cristales de biotita y esquistos vítreas, en una matriz de ceniza, y también niveles con muchos fiammes grises. Los antecedentes y nuevos estudios presentados en Venegas y otros (2013), permiten afianzar el rango de edad establecido para los distintos flujos que conforman esta unidad, el cual se encuentra dentro del Mioceno Inferior (18-17 Ma).

2.3.6. Gravas de Atacama

Esta unidad se distribuye ampliamente en la vertiente occidental de la Precordillera y ha sido registrada por numerosos autores, denominándose informalmente como Gravas de Atacama. Los depósitos poseen hasta 80 m de espesor, clastos subredondeados mal seleccionados que alcanzan los 40 cm de diámetro, están pobremente estratificados y moderadamente consolidados, como se observan en el área de la Carta Exploradora (Cornejo y otros, 2009).

Su composición es variable, pero principalmente representa las litologías del basamento Paleozoico-Mesozoico, provenientes del sector oriental de la región. Según lo expuesto por Nalpas y otros (2008), la unidad es de origen aluvial-fluvial y representa depósitos de diferentes sistemas mayores de drenaje, activos durante el Mioceno. Alternan con niveles de arenas, capas de ceniza volcánica y toba y comúnmente con ignimbritas del Mioceno, las que han permitido datar este evento sedimentario en numerosas localidades.

3. ESTRATIGRAFÍA

En los sectores estudiados, las unidades litoestratigráficas son representadas por sucesiones siliciclásticas que se han depositado en un ambiente continental y pertenecen al periodo Triásico. Éstas se distribuyen en torno a diferentes hondonadas labradas en la Cordillera de Domeyko y, como se ha señalado con anterioridad, se ubican en la Quebrada Los Pozos, parte sur de la Región de Antofagasta, en la Quebrada Paipote, parte norte de la Región de Atacama, y en la Quebrada del Salitre, cercana al límite regional entre estas últimas. Con el propósito de caracterizar la litología de las sedimentitas triásicas y especificar la distribución de sus múltiples facies y niveles plantíferos, se levantaron secciones estratigráficas de detalle en todos los afloramientos fosilíferos, puntos que son señalados correspondientemente en cada sección delimitada dentro de la Carta Vaquillas Altas (Venegas y otros, 2013) (Figura 2.1), Carta Exploradora (Cornejo y otros, 2009) (Figura 2.2) y Hoja Carrera Pinto (Sepúlveda y Naranjo, 1982) (Figura 2.3).

Para la clasificación textural de las distintas rocas sedimentarias, tanto en terreno como en gabinete, y centrándose principalmente en las dimensiones de partícula arenita y rudita, se utilizó la categorización para rocas siliciclásticas compuestas de diferentes fracciones de tamaño según Udden-Wentworth (1922 en Nichols, 2009) y Pettijhon (1987), además del triángulo para la distinción entre areniscas-wackas-fangolitas de Pettijhon (1975 en Nichols, 2009), mientras que para la denominación en base a los componentes de las rocas, se emplearon los triángulos de clasificación composicional de Folk (1968).

3.1. Descripción de Columnas Estratigráficas

A continuación, se presenta la descripción detallada de los cuatro levantamientos estratigráficos realizados, dos en el área de estudio principal y otros dos en los sectores complementarios de investigación, ordenados de norte a sur.

Cabe destacar que para las descripciones se consideraron tanto las caracterizaciones petrográficas efectuadas en las campañas de terreno, las cuales se complementaron con las anotaciones de distintos geólogos y estudiantes memoristas, como también algunas verificaciones a través del microscopio óptico (Anexo I). Además, se adjunta la leyenda que contiene la simbología utilizada

para representar diversos rasgos de los esquemas estratigráficos (Figura 3.1); el significado de los códigos de facies empleados en cada sección se encuentra en el apartado respectivo.

Leyenda		
Litología	Estructuras sedimentarias	Fósiles
 Fangolita / Lutita	 Lentas	 Improntas
 Arenisca gruesa	 Lag de clastos	 Otros restos vegetales
 Arenisca media	 Estratificación cruzada en artesa	 Raíces / Paleosuelo
 Arenisca fina	 Estratificación cruzada planar	Granulometría f : finos Arf : Arenisca fina Arm : Arenisca media Arg : Arenisca gruesa ArC : Ar. Conglomerádica Cgg : Gravilla Cgr : Ripio
 Conglomerado (Ripio)	 Ripples	
 Conglomerado (Gravilla)	 Laminación paralela	
 Hipabisal	 Clastos imbricados	
 Tramo cubierto	 Gradación normal	

Figura 3.1. Leyenda utilizada para las distintas secciones estratigráficas.

3.1.1. Columna Estratigráfica Afluente Quebrada Los Pozos 1 (QLP1)

Ubicada en uno de los afluentes de la Quebrada Los Pozos, afluente a su vez de la Quebrada Vaquillas, con coordenadas UTM 19J / 0471999 m E - 7201943 m S y situada a una altura de 3636 m s. n. m. La sucesión siliciclástica está compuesta por fangolitas, areniscas y conglomerados, con un espesor total de 39,6 m (Figura 3.2).

Límite inferior: Discordancia de erosión entre el Paleozoico y Mesozoico (N23°W/38°SW, 157/38), (Figura 3.3). Un potente e irregular nivel gris rosáceo claro en superficie fresca, a púrpúreo en superficie alterada, subyace a la sucesión triásica. De este se obtiene la muestra CPV-15-341 (Anexo I), una toba vítrea que macroscópicamente ostenta fragmentos redondeados de cuarzo milimétrico y abundante feldespato en una matriz aparentemente cristalina.

Tramo QLP1-1

0,9 m de arenisca gruesa a conglomerado fino, muestra CPV-15-342 (Anexo I), que en superficie fresca exhibe un color gris blanquecino con tonos rosáceos y verdes claro, mientras que en superficie levemente alterada, se torna gris con tonos rosáceos más oscuros. El tamaño de sus granos varía entre 1 a 4 mm, con una moda de inferior al milímetro, poseen buena selección,



Figura 3.3. Discordancia de erosión en la base de la Columna QLP1.

0,7 m de conglomerado grueso que en superficie fresca muestra un color gris claro con tonos verdosos y en superficie alterada un pardo anaranjado, donde se observan clastos de hasta 15 cm y una moda de 8 cm. Estos poseen selección moderada, fábrica clastosoportada, granos subredondeados a redondeados y subsféricos. Predominan clastos que asemejan una cuarcita (o cuarzo arenita con buen empaquetamiento), así como también gran porcentaje de clastos provenientes de Formación La Tabla (siguiendo el contacto, hacia el noreste predominan los clastos de cuarcita y hacia el suroeste los clastos de pórfido dacítico); también se registran, en menor medida, clastos donde predominan minerales máficos, alterados a clorita, posibles microdioritas, y de lavas afaníticas oscuras. El paquete es granocreciente y hacia la base posee pequeños niveles que se asemejan al subyacente.

Tramo QLP1-2

7,0 m cubiertos.

Tramo QLP1-3

9,6 m de arenisca conglomerádica de color blanquecino con tonos grises intercalada con niveles finos limonitizados de color pardo anaranjado. Las partículas tamaño arena son finas, observándose solo un 10% de tamaño rudita, con clastos de hasta 7 cm y una moda de 1,5 cm. Posee selección moderada, fábrica clastosoportada y los granos son subredondeados subesféricos. La composición de los clastos es mayoritariamente cuarcífera, sin embargo entre los clastos tamaño rudita se reconocen principalmente los que asemejan cuarcitas, similares a los de tramos anteriores, como también de arenisca gruesa cuarcífera con buen empaquetamiento y, en menor medida, de dacita.

La secuencia es grano y estratodecreciente, comienza con un nivel de 2,0 m de arenisca conglomerádica, con laminación paralela, la cual aumenta su porcentaje de clastos tamaño rudita hacia techo y posee dos intercalaciones de finos limonitizados cada 0,6 a 0,7 m aproximadamente.

Le sigue un nivel de 1,0 m de arenisca conglomerádica de color gris blanquecino, con laminación paralela, con tamaño de grano que varía de 2 mm a 3 cm y una moda de 0,8 cm. Los clastos exhiben selección moderada, son subangulosos a subredondeados subesféricos y generan una fábrica clastosoportada.

El último paquete tiene un espesor de 6,6 m con intercalaciones de finos limonitizados cada 0,6 a 0,4 m. La arenisca conglomerádica presenta desarrollo de estratificación cruzada planar alrededor de los 3 m, con niveles donde varía opuestamente, seguidos de un nivel con estratificación ondulada (Figura 3.4).

Tramo QLP1-4

2,1 m cubiertos.

Tramo QLP1-5

1,2 m de finos. Nivel de 0,4 m de espesor de arenisca muy fina a fina de color gris claro a blanquecino con restos vegetales no identificables (tallos milimétricos fragmentados), con una

composición principalmente cuarcífera. Nivel de 0,4 m de espesor de fangolita de color gris oscuro en superficie fresca y gris claro en superficie alterada (alteración leve).

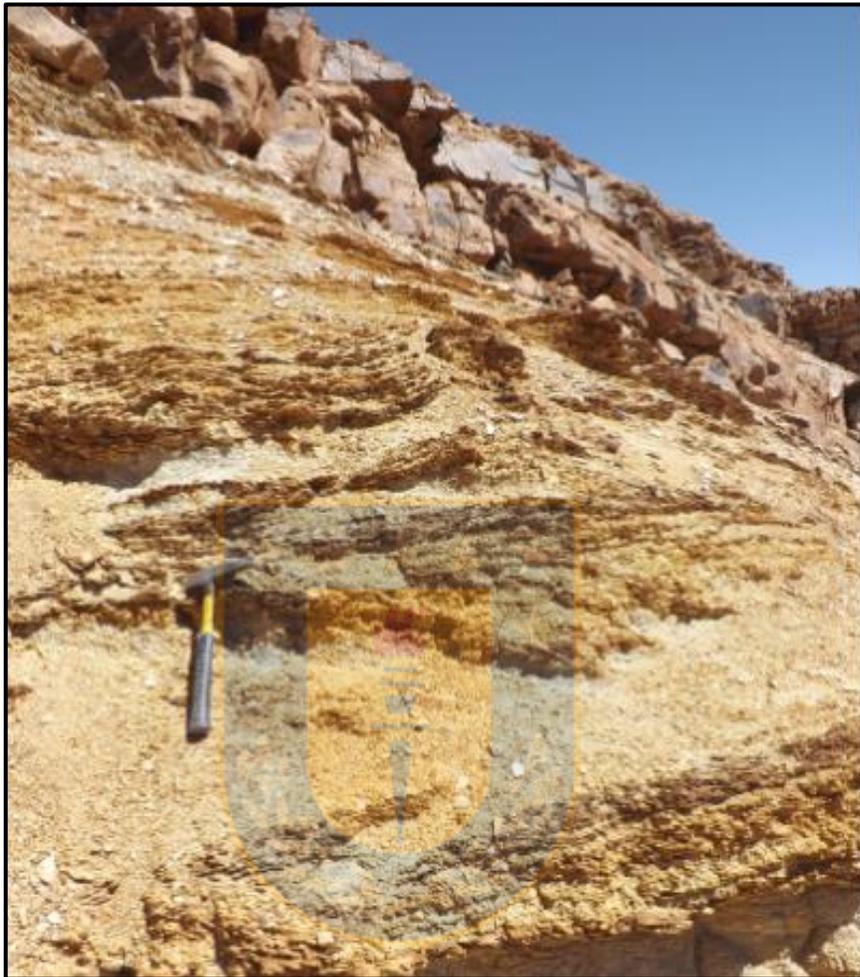


Figura 3.4. Estratificación cruzada planar y ondulada del tramo QLP1-3.

Le continúa un nivel de 0,4 m de espesor, constituido por arenisca muy fina a fina de color gris claro a blanquecino, con ejemplares de paleoflora correspondientes a las muestras QS/01 a QS/10 (Anexo II) (Figura 3.5). Además, los niveles presentan laminación paralela mal conservada, observada principalmente en los horizontes donde se concentran restos vegetales; su composición coincide con la arenisca del primer nivel del tramo.

Tramo QLP1-6

1,3 m de arenisca conglomerádica a gruesa de color gris blanquecino en superficie fresca y de color pardo anaranjado en superficie alterada, con un nivel predominantemente conglomerádico de unos 20 cm en su base, con clastos que no superan el tamaño grava. La arenisca posee buena

selección y una fábrica soportada por clastos subredondeados subesféricos, con buen empaquetamiento; el nivel es granodecreciente, variando a arenisca gruesa hacia techo.



Figura 3.5. Primer nivel fosilífero de la Columna QLP1 con restos de *Neocalamites* y *Pterophyllum*.

Las areniscas desarrollan estratificación cruzada en artesa, la cual se encuentra mal preservada y solo se observa en algunos sectores. La composición de los clastos y granos es mayoritariamente cuarcífera con escasos líticos oscuros, posiblemente volcánicos.

4,0 m de arenisca fina a media (CPV-15-362), clasificada como una sublitarenita, que grada a fangolita hacia techo, posee color blanquecino (debido a una argilización moderada) y restos vegetales concentrados hacia la base del nivel fino, como la muestra QS/11 (Anexo II); el afloramiento exhibe superficies de acreción lateral, algunas con una clara forma sigmoidal (Figura 3.6).

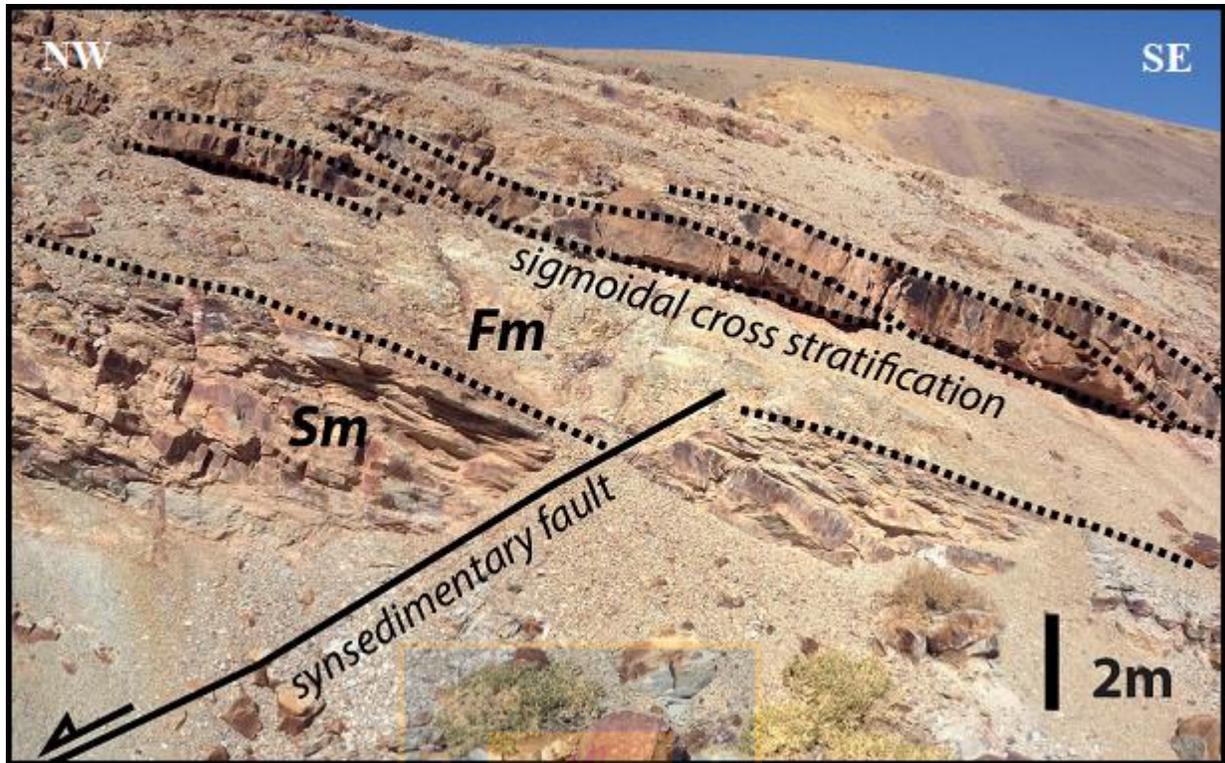


Figura 3.6. Superficies de acreción lateral sigmoidales. Modificado de Espinoza y otros (2017).

Tramo QLP1-7

0,9 m de arenisca media de color pardo oscuro con buena selección y fábrica clastosoportada de granos subredondeados subsféricos, constituida principalmente por cuarzo; destaca un bajo porcentaje de líticos alterados no identificables. Aleatoriamente suceden niveles de fangolita de 1 a 2 cm, muy alterados.

2,5 m de arenisca gruesa de color pardo oscuro, buena selección, fábrica clastosoportada, granos de subangulosos a subredondeados subsféricos, alto contenido de cuarzo y 5% de líticos oscuros y alterados, posiblemente volcánicos. Gradan a conglomerado fino hacia techo, dividiéndose en tres paquetes principales (Figura 3.7), con laminación gruesa mal preservada y que presentan restos vegetales centimétricos a decimétricos, tales como porciones de hojas de *Cycadophytas* y tallos que fueron asociados al género *Neocalamites*.

0,4 m de arenisca media de color gris verdoso en superficie fresca y color gris oscuro con tono rojizo en superficie alterada, buena selección y fábrica clastosoportada con granos de subangulosos a subredondeados subsféricos, mayoritariamente de cuarzo. Presenta desarrollo de estratificación cruzada planar.

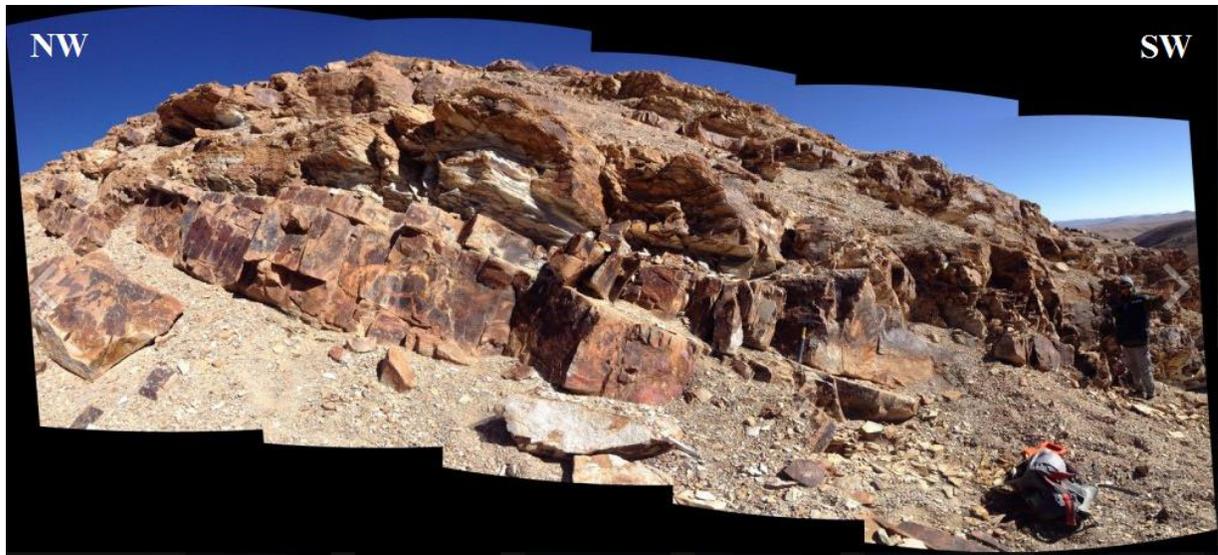


Figura 3.7. Vista panorámica de los últimos tramos de la sucesión, mayoritariamente paquetes de arenisca.

1,9 m de arenisca media de color pardo claro a oscuro con alteración moderada, buena selección y fábrica clastosoportada de granos subangulosos a subredondeados subesféricos, constituida principalmente por cuarzo, además de un 2% de líticos oscuros no identificables. Medidas de estratificación: (190/26), (N80°W/26°SW).

Tramo QLP1-8

Tramo que corresponde a una serie de niveles de arenisca que asemejan paquetes masivos, de granulometría variable, pero que constan de una laminación gruesa mal conservada hacia la base, que en ocasiones se preserva de mejor manera en torno a horizontes portadores de restos vegetales, como porciones decimétricas de grandes tallos (Figura 3.8).

0,5 m de arenisca gruesa de color pardo en superficie alterada y más claro en superficie fresca, con buena selección y fábrica clastosoportada de granos subangulosos a subredondeados subesféricos, mayoritariamente de cuarzo. En su base posee formas lenticulares, su estratificación es levemente sinuosa y alberga restos fósiles vegetales identificados como tallos de equisetales, probablemente correspondientes a los géneros *Phylloteca* y *Neocalamites*.

0,3 m de arenisca gruesa de color pardo claro a oscuro, con un 4% de clastos tamaño conglomerado fino, selección buena a moderada, fábrica clastosoportada de granos subangulosos a subredondeados subesféricos y con niveles centimétricos aislados de arenisca media a fina; en todos los niveles predomina el cuarzo.



Figura 3.8. Niveles de arenisca gruesa a conglomerádica que albergan grandes tallos.

0,5 m de arenisca gruesa de color pardo en superficie alterada y más claro en superficie fresca, con buena selección y fábrica clastosoportada de clastos subangulosos a subredondeados subesféricos, constituida principalmente por cuarzo.

0,2 m de arenisca gruesa parda oscura a clara, con aislados clastos tamaño conglomerado fino, selección buena a moderada y fábrica clastosoportada de granos subangulosos a subredondeados subesféricos y con niveles centimétricos esporádicos de arenisca media a fina; su composición es mayoritariamente cuarcífera.

0,3 m de intercalaciones centimétricas, con 5 a 8 cm de espesor, entre areniscas con características equivalentes a las descritas en los dos primeros niveles del tramo, con predominancia del primero.

1,4 m de arenisca media de color pardo claro a oscuro, con clastos aislados de tamaño conglomerado fino, abundante cuarzo, selección buena a moderada, fábrica clastosoportada de granos subangulosos a subredondeados subesféricos y con niveles aislados de espesor centimétrico de arenisca más fina, laminados y con presencia de paleoflora (QS 12 al 16).

2,2 m de arenisca gruesa de color pardo en superficie alterada y más claro en superficie fresca, con buena selección y fábrica clastosoportada de granos subangulosos a subredondeados subesféricos, representados principalmente por cuarzo. Aleatoriamente se observan grandes estructuras vegetales que asemejan la corteza y dimensiones de troncos de árboles (Figura 3.9).



Figura 3.9. Grandes fragmentos vegetales asociados a troncos de especímenes arbóreos.

0,6 m de arenisca media de color pardo, con zonas de tonalidades más claras, de buena selección y fábrica clastosoportada, además de 3% de líticos oscuros no identificables y un porcentaje aún menor de mica blanca. Se muestrea la roca para corte transparente y datación de micas detríticas (CPV-15-369). Se clasifica como una litarenita, constituyéndose principalmente por cuarzo y líticos metamórficos de cuarzo recristalizado y volcánicos ácidos.

0,4 m de arenisca gruesa de color pardo que varía su tonalidad acorde a la alteración, posee buena selección, fábrica clastosoportada y granos subangulosos a subredondeados subesféricos, mayoritariamente de cuarzo.

0,7 m de arenisca media de color pardo, claro a oscuro debido a alteración, con aislados clastos tamaño conglomerado fino y composición dominada por el cuarzo; posee selección buena a

moderada y fábrica clastosoportada de granos subangulosos a subredondeados subesféricos, además de niveles centimétricos y esporádicos de arenisca fina equivalentes.

Límite superior: cubierto. Material disgregable y muy meteorizado, asociado a salbanda de falla.

3.1.2. Columna Estratigráfica Afluente Quebrada Los Pozos 2 (QLP2)

Ubicada en uno de los afluentes de la Quebrada Los Pozos, afluente a su vez de la Quebrada Vaquillas, con coordenadas UTM 19J / 0472506 m E - 7201713 m S y situada a una altura de 3525 m s. n. m. La sucesión siliciclástica está compuesta por areniscas y conglomerados, exhibiendo un espesor total de 10.7 m (Figura 3.10).

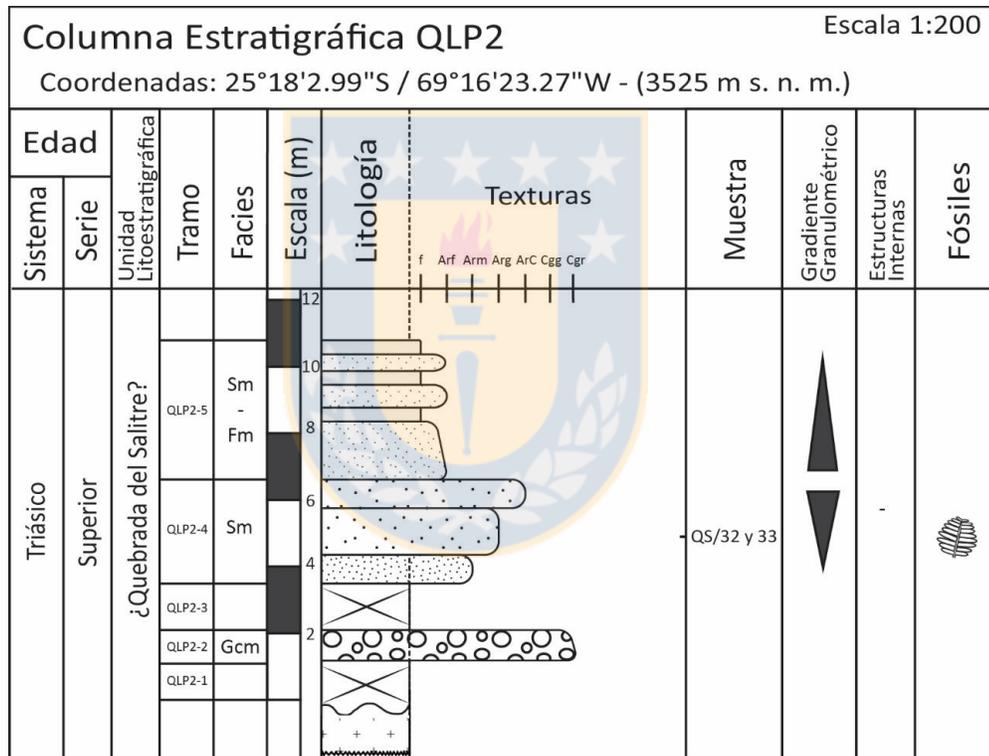


Figura 3.10. Sección estratigráfica realizada en un afluente de la Quebrada Los Pozos.

Límite inferior: Pórfido dacítico (Formación La Tabla). Se observan alrededor de 5 m de roca de color rosáceo más intenso en superficie alterada, variando a un tono grisáceo en su superficie más fresca, con ojos de cuarzo milimétricos y abundante feldespato (misma roca de la base de la columna QLP1).

Tramo QLP2-1

1,2 m cubiertos.

Tramo QLP2-2

0,9 m de conglomerado grueso de color gris en superficie fresca y que se torna pardo anaranjado en superficie alterada. El tamaño máximo de los clastos es de 10 cm, con una moda de 6 cm, gradando a conglomerado medio desde los últimos 0,4 m. Posee una selección moderada y una fábrica clastosoportada de granos subredondeados a redondeados subesféricos. Composicionalmente se constituye mayoritariamente por cuarzo, además de feldespato (8%), cristaloclastos de cuarzo y feldespato (7%), clastos del pórfido dacítico subyacente, clastos oscuros posiblemente andesíticos y otros indeterminados.

Tramo QLP2-3

1,4 m cubiertos.

Tramo QLP2-4

3,3 m de areniscas de color gris claro en superficie fresca y de color pardo anaranjado en superficie alterada, con buena selección, fábrica clastosoportada de clastos subredondeados subesféricos mayoritariamente de cuarzo, un bajo porcentaje de líticos oscuros, posiblemente volcánicos (5%), y otros indeterminados. El tramo está representado por 0,8 m de arenisca media, 1,4 m de arenisca gruesa, donde se reconocen escasos restos vegetales correspondientes a fragmentos de tallos y hojas mal conservados, identificados como las muestras QS/32 y 33, y finaliza con 0,9 m de arenisca conglomerádica.

Tramo QLP2-5

4,1 m de arenisca fina en la base, a muy fina hacia techo, de color gris en superficie alterada, con elevada meteorización, abundante cuarzo e intercaladas, a los 1,7 m, por un nivel de 0,4 m de fangolita de color gris oscuro, como también a los 2,8 y 3,7 m por niveles de finos equivalentes.

Límite superior: superficie de erosión actual.

3.1.3. Columna Estratigráfica Quebrada del Salitre (QS1)

Ubicada en la Quebrada del Salitre, con coordenadas UTM 19J / 0473072 m E - 7130388 m S y situada a una altura de 3140 m s. n. m. La sucesión siliciclástica está compuesta por fangolitas y areniscas y posee un espesor total de 21,7 m (Figura 3.11).

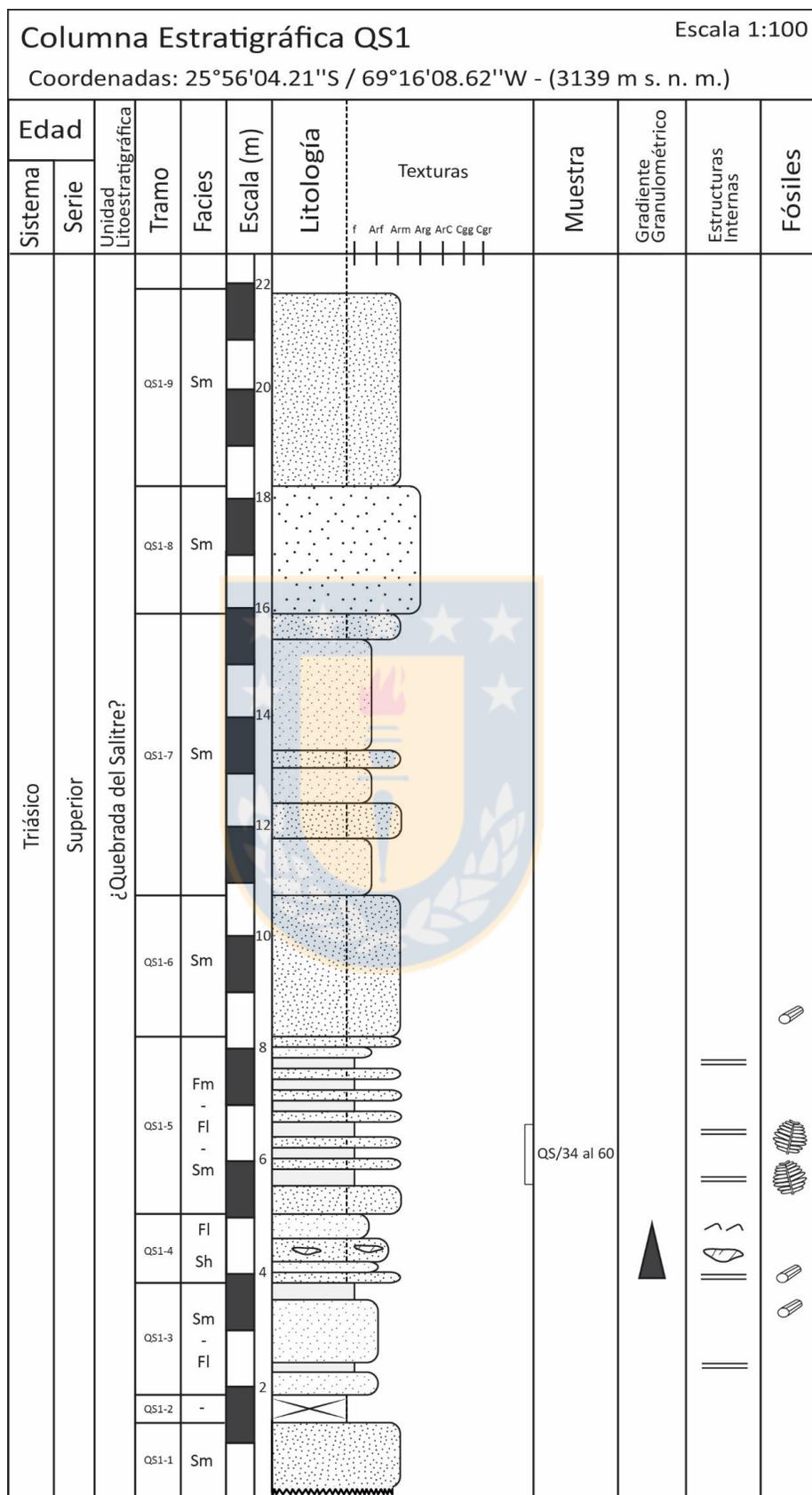


Figura 3.11. Levantamiento estratigráfico realizado en la Quebrada del Salitre.

Límite inferior: desconocido, tramo cubierto por material coluvial.

Tramo QS1-1

1,0 m de arenisca media de color gris claro en superficie fresca, variando a tonos oscuros en una superficie moderadamente alterada, con buena selección, fábrica clastosoportada de granos subredondeados a redondeados subesféricos y buen empaquetamiento. Se constituye principalmente por cuarzo, además de feldespato, líticos oscuros no identificables y aisladamente mica blanca.

Tramo QS1-2

0,5 m cubiertos.

Tramo QS1-3

0,4 m de arenisca fina de color gris en superficie con alteración moderada; se reconoce mayoritariamente cuarzo y escaso feldespato.

0,2 m de lutita de color gris oscuro en superficie relativamente fresca, adquiriendo tonos pardos en superficie alterada. Posee elevado grado de meteorización, provocando que la fisibilidad de la lutita se pierda casi en su totalidad generando un nivel poco competente conformado por pequeñas partículas de lutita poliédricas centimétricas a milimétricas.

1,1 m de arenisca fina de color gris en superficie moderadamente alterada. Contiene restos del género *Neocalamites*, mal conservados (fracturados y fácilmente disgregables).

0,3 m de lutita de color gris oscuro en superficie relativamente fresca, variando a tonos pardos en superficie alterada. Mismas características texturales del segundo nivel.

Tramo QS1-4

0,2 m de arenisca media de color gris claro en superficie fresca, tornándose oscura debido a una alteración moderada; posee buena selección, fábrica clastosoportada de granos subredondeados a redondeados subesféricos y un buen empaquetamiento. Su composición se constituye principalmente por cuarzo, además de feldespato, líticos oscuros no identificables y aisladamente mica blanca.

El tramo QS1-4 presenta restos de tallos del género *Neocalamites* mal conservados debido a la alteración, encontrándose muy fracturados; sin embargo, es posible observar uno de estos *in situ*, es decir, en posición de vida (Figura 3.12). Además, el nivel posee laminación paralela incipiente.



Figura 3.12. Fragmento de tallo de *Neocalamites* sp. en posición de vida.

0,2 m de arenisca fina de color gris oscuro, con abundante cuarzo y aisladas micas blancas.

0,4 m de arenisca media de color pardo anaranjado, con características texturales y composicionales equivalentes al primer nivel de este tramo. En la base se observan estructuras lenticulares decimétricas de granulometría fina y hacia techo dos pequeños horizontes, uno con ondulitas y otro que exhibe una superficie irregular de depositación.

0,4 m de arenisca fina de color gris oscuro en superficie alterada que presenta niveles centimétricos de arenisca muy fina de color negruzco; se reconoce principalmente cuarzo.

Tramo QS1-5

3,1 m de intercalación entre niveles decimétricos de arenisca media de color gris claro en superficie fresca variando a tonos pardos en superficie alterada y niveles de arenisca muy fina a

fangolita, de color gris oscuro en superficie fresca variando a tonos más claros en superficie alterada. Las características texturales y composicionales de la primera arenisca son equivalentes con la arenisca del tramo QS1-1, mientras que en la arenisca muy fina a fangolita se registra un 2% de mica blanca y abundantes restos de paleoflora, como fragmentos de tallos de equisetales, porciones de frondas (algunas con fructificaciones) y hojas de Cycadophytas (Figura 3.13), muchos de estos recolectados e identificados como las muestras QS/34 a 60 (Anexo II).



Figura 3.13. Impronta de una hoja del género *Pterophyllum*.

Tramo QS1-6

2,5 m de arenisca media de color gris en superficie fresca variando a parduzca en superficie alterada, con buena selección, fábrica clastosoportada de granos subangulosos a subredondeados subsféricos y buen empaquetamiento. Composicionalmente abunda el cuarzo, además se reconoce feldespato, líticos oscuros no identificables y mica blanca. El afloramiento es más competente que los anteriores, se encuentra menos meteorizado y posee restos de tallos en la base (Figura 3.14).

Tramo QS1-7

5,7 m de intercalación entre niveles de arenisca fina de color gris oscuro en superficie fresca, variando a tonos más claros en superficie alterada y niveles decimétricos de arenisca media de color gris claro en superficie fresca variando a tonos pardos oscuros en superficie alterada; el

tramo se asemeja al anterior, pero difiere en potencia y alteración. Desde los 1,6 m hasta los 2,5 m se observa evidente aumento de líticos oscuros no identificables (posiblemente volcánicos), aproximadamente desde 3% hasta un 10%, así como también se registran aislados restos vegetales no identificables debido a la meteorización de la roca (fragmentos de tallos), la cual es poco competente y fácilmente disgregable.

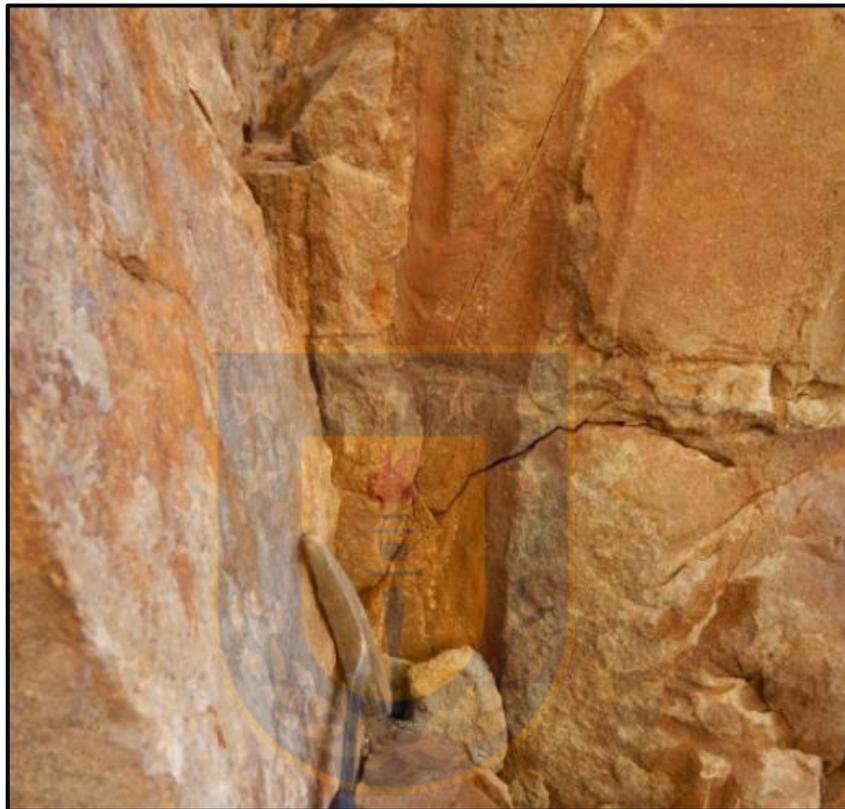


Figura 3.14. Grandes tallos articulados del género *Neocalamites*.

Tramo QS1-8

2,2 m de arenisca gruesa de color gris claro en superficie fresca variando a tonos pardos oscuros en superficie alterada, con buena selección, fábrica clastosoportada de granos subredondeados a redondeados subesféricos y buen empaquetamiento. Composicionalmente posee mayoritariamente cuarzo, así como también feldespatos y líticos oscuros no identificables.

Tramo QS1-9

3,5 m de arenisca masiva con tamaño de grano medio, color blanquecino en superficie fresca y color rosáceo claro con zonas pardas en superficie alterada. La roca está moderadamente fracturada y la alteración deja huellas pardo anaranjadas en las fracturas. Se compone

principalmente por cuarzo, además de feldespatos (alterado a arcilla) y líticos oscuros no identificables (alterados a clorita). Se observan también vetillas centimétricas de cuarzo.

Límite superior: tramo cubierto por material aluvial.

3.1.4. Columna Estratigráfica Quebrada Paipote (QP1)

Ubicada en la Quebrada Paipote, específicamente en un pequeño afluente dispuesto en la ladera sur, justo después de la intersección con las quebradas San Andrés y El Carbón, con coordenadas UTM 19J / 0428428 m E - 7000706 m S y situada a una altura de 1670 m s. n. m. La sucesión siliciclástica está compuesta, en general, por fangolitas, areniscas y conglomerados, sumando un espesor total de 39,7 m (Figura 3.15).

Límite inferior: cubierto por material aluvial.

Tramo QP1-1

1,0 m de arenisca media de color gris en superficie fresca y gris verdosa en superficie alterada, con buena selección, fábrica clastosoportada y granos subredondeados a redondeados subsféricos. Su composición corresponde principalmente a cuarzo, 8% de líticos oscuros no identificables y aisladamente feldespatos y mica blanca. Presenta un desarrollo moderado de laminación paralela, con horizontes centimétricos de finos oxidados de color pardo rojizo anaranjado con contenido de restos vegetales (fragmentos de tallos).

0,5 m de lutita que presenta un color gris oscuro en sus caras más frescas, tornándose gris en superficie alterada; el afloramiento se encuentra altamente meteorizado, siendo fácilmente disgregable en partículas poliédricas milimétricas, lo que oblitera la fisibilidad de la roca. Sin embargo, es posible observar restos vegetales no identificables (fragmentos milimétricos de tallos).

0,5 m arenisca media con tonalidades grises y horizontes centimétricos pardo-rojizos, constituida mayoritariamente por cuarzo y que alberga escasos fragmentos de tallos, siendo equivalente a la arenisca del primer nivel del tramo.

0,5 m de lutita gris con elevada meteorización que contiene fragmentos vegetales no identificables, equivalente al segundo nivel del tramo.

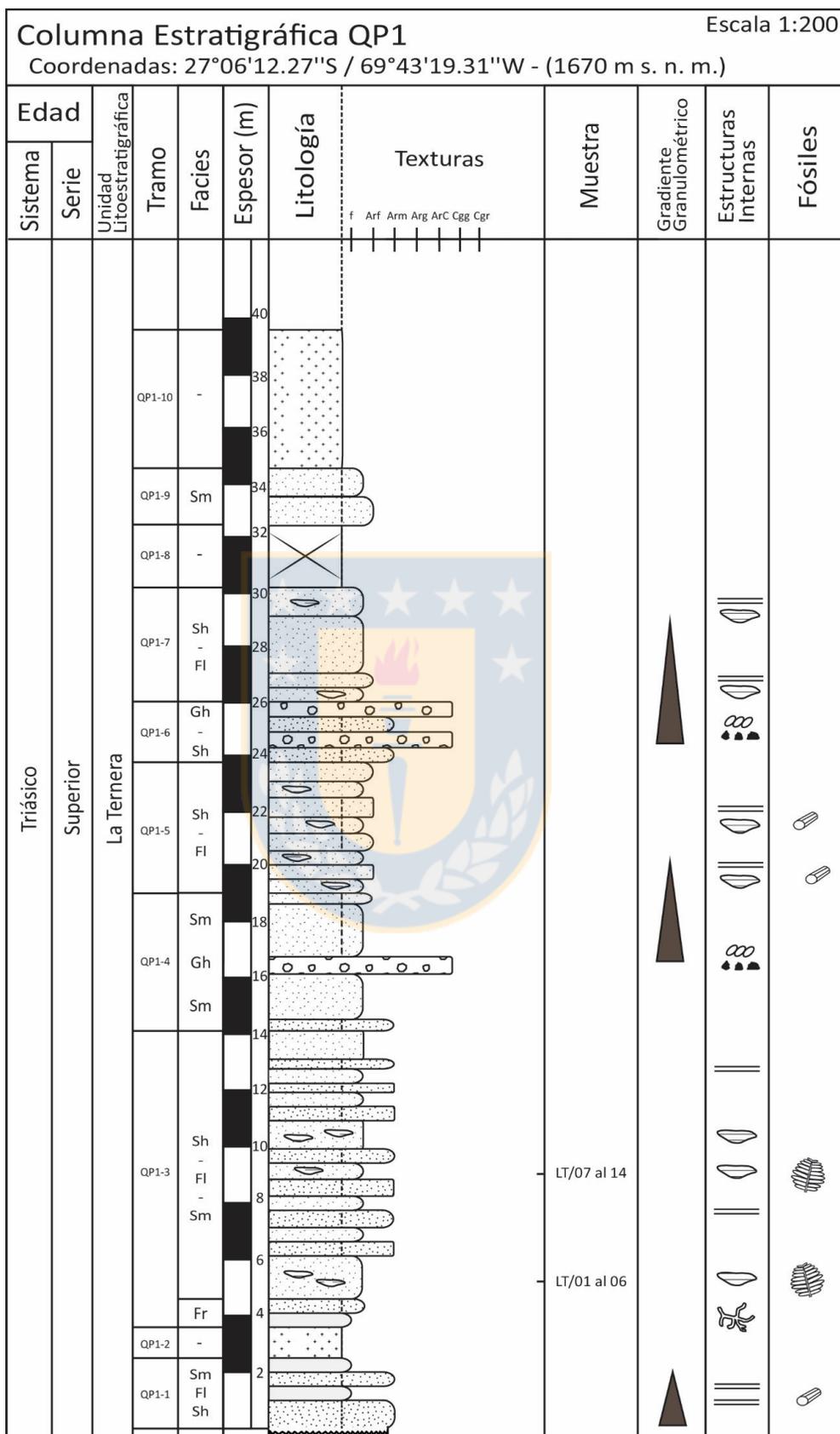


Figura 3.15. Levantamiento estratigráfico desarrollado en la Quebrada Paipote.

Tramo QP1-2

1,1 m de un posible dique subparalelo a estratificación y de espesor irregular en la horizontal, de color gris verdoso en superficie fresca y amarillo parduzco en superficie alterada. Se reconocen microlitos de plagioclasa y aisladamente máficos no identificables.

Tramo QP1-3

0,5 m de intercalación de arenisca muy fina de color gris con tonos oscuros en superficie alterada, que posee esporádicos horizontes centimétricos de fangolita, y arenisca media de color gris parduzco en su cara alterada. En general, el tramo está altamente meteorizado, la roca se halla fracturada y no es posible obtener fragmentos frescos; de todas maneras, se observan restos de raíces y tallos en la fangolita que da inicio al tramo, es decir, formación de paleosuelo (Figura 3.16), y se reconoce laminación paralela en algunos niveles de arenisca media.



Figura 3.16. Inicio del tramo QP1-3, con nivel de paleosuelo.

La arenisca muy fina posee además formas lenticulares que albergan abundantes improntas de flora fósil (Figura 3.17) y restos vegetales no identificables, mayoritariamente fragmentos de

tallos; las muestras de paleoflora corresponden a las rotuladas como LT/01 a LT/14 (Anexo II). Los lentes se componen de arenisca muy fina a lutita de color gris oscuro, con un marcado tono rojizo producido por oxidación, y presentan un tamaño máximo de 60 cm en la horizontal y 30 cm de espesor.

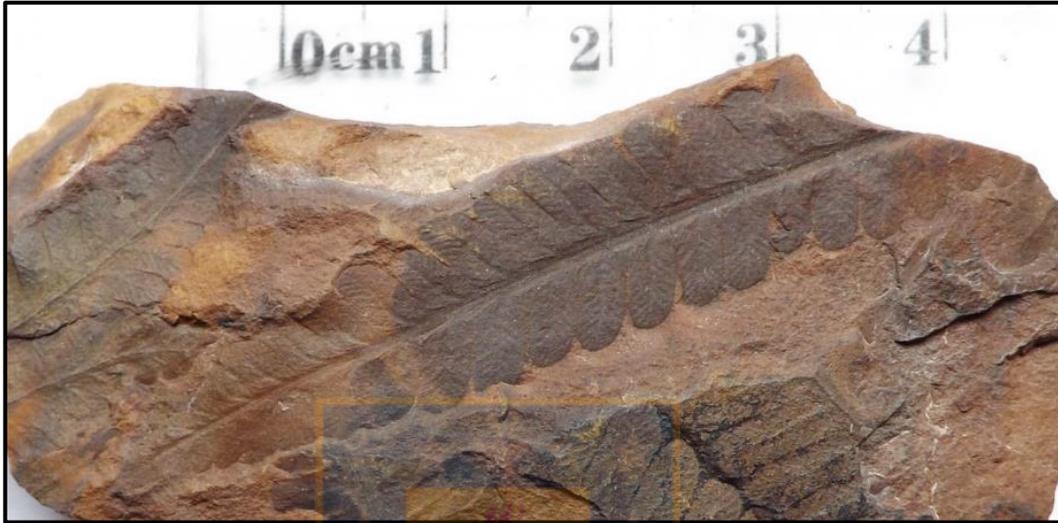


Figura 3.17. Tafoflora del tramo QP1-3. Ejemplar de *Asterotheca rigbyana*.

Tramo QP1-4

0,4 m de arenisca media de color gris en superficie fresca y gris verdosa en superficie alterada, con buena selección y fábrica clastosoportada de granos subredondeados a redondeados subsféricos. Su composición corresponde principalmente a cuarzo, además de líticos oscuros no identificables, como también y en menor medida, feldspatos y mica blanca.

1,6 m de arenisca muy fina de color gris y tonalidades oscuras en superficie alterada, con características texturales y composicionales similares a los niveles del tramo QP1-3, diferenciándose en que este no registra lentes con materia vegetal.

1,0 m de conglomerado fino de color pardo en superficie alterada, con buena selección y fábrica clastosoportada de granos subangulosos subprismoidales a subsféricos. Se compone de más de un 90% de cuarzo, además de líticos oscuros oxidados no identificables de menor tamaño, más angulosos y prismoidales en general.

1,9 m de arenisca muy fina de color gris con tonos oscuros en superficie alterada, equivalente a la arenisca del segundo nivel de este tramo.

0,4 m de arenisca media de color gris en superficie fresca y gris verdosa en superficie alterada, con buena selección y fábrica clastosoportada de granos subredondeados a redondeados subesféricos. Su composición está representada mayoritariamente por cuarzo, además de líticos oscuros no identificables y escasos feldespatos y mica blanca.

Tramo QP1-5

4,8 m de intercalación entre arenisca muy fina de color gris blanquecino en sus caras más frescas y gris en superficie alterada, arenisca fina de tonos pardos en superficie alterada y arenisca media de color pardo anaranjado en sus caras meteorizadas. En los niveles de arenisca muy fina se reconoce principalmente cuarzo, aislados restos vegetales, como fragmentos de tallos, y presenta laminación paralela en forma de niveles centimétricos claros y oscuros. Los niveles de arenisca fina tienen buena selección y fábrica clastosoportada, desarrollan formas lenticulares compuestas de arenisca muy fina a lutita de color rojizo oscuro y de menores dimensiones que los registrados anteriormente (30 x 10 cm). Los niveles de arenisca media se observan hacia techo, exhiben buena selección, fábrica clastosoportada de granos subredondeados subesféricos y predominancia de granos de cuarzo, poseen restos vegetales, como fragmentos de tallos de hasta 5 cm de ancho, y contienen aislados líticos oxidados no identificables.

Tramo QP1-6

2,2 m de niveles de conglomerado fino de tonos pardos en superficie alterada, intercalados por dos paquetes de arenisca media con características equivalentes a la del tramo anterior. Los niveles de conglomerado fino poseen de moderada a buena selección y fábrica clastosoportada de granos, en general, subangulosos a subredondeados subprismoidales a subesféricos, componiéndose principalmente por clastos de cuarzo lechoso, además de líticos tobáceos, líticos prismoidales que se asimilan a pómez aplastadas y otros de tonos oscuros, no identificables, debido a su elevado grado de alteración.

Tramo QP1-7

4,0 m de niveles de arenisca muy fina y arenisca fina con tonalidades grises, de características texturales y composicionales equivalentes a los presentes en los tramos QP1-3 y QP1-5, donde los de menor granulometría también exhiben formas lenticulares, de tamaño similar a las de QP1-5, pero con la diferencia de que los lentes no conservan restos vegetales.

Tramo QP1-8

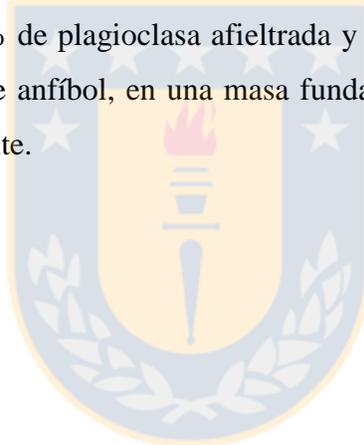
2,1 m cubiertos.

Tramo QP1-9

2,0 m de niveles de arenisca media y fina de color gris parduzco en superficie alterada, que se constituyen, al igual que en tramos anteriores, principalmente por cuarzo, pero no preservan restos vegetales ni estructuras sedimentarias, conformando un paquete masivo con elevada meteorización.

Tramo QP1-10

5,0 m de roca hipabisal reconocida como un filón manto, de color verde grisáceo en superficie fresca y pardo con tonos oscuros en superficie alterada, de textura inequigranular de grano medio, donde es posible observar 60% de plagioclasa afieltrada y 25% de máficos levemente alterados, identificando mayoritariamente anfíbol, en una masa fundamental que no ostenta características descriptibles macroscópicamente.



4. PALEOBOTÁNICA

El descubrimiento de niveles con flora triásica en la sección basal de la Formación Quebrada del Salitre permitió la colección de diversos ejemplares en un estado de preservación favorable, destacándose algunos con buena exposición de características diagnósticas clave, lo que hizo necesaria la confección de este apartado para estudiar y analizar el material tafonómico de la Sierra Vaquillas y aportar al conocimiento paleobotánico de los yacimientos triásicos del norte de Chile.

La recopilación de antecedentes y la exploración paleobotánica detallada de yacimientos del Triásico del Norte Chico de Chile, comenzaba con los escritos de Herbst y otros (1998) y Herbst y Troncoso (2000), los que incluyen una acabada caracterización de material correspondiente a la Formación La Ternera, del Triásico Superior, registrada en los levantamientos geológicos de la Región de Atacama; el primer artículo formó parte de un programa de revisión de las taofloras triásicas a lo largo de Chile, orientado a completar y actualizar la información disponible en ese entonces, contando con el patrocinio principal de Fondecyt y la ayuda de la National Geographic Society. Varias de las publicaciones que se citan en este capítulo, en cuanto a la clasificación taxonómica, se enmarcan dentro de esta interesante investigación, así como también otras que derivaron de la misma.

Durante el levantamiento geológico de la Carta Exploradora (Cornejo y otros, 2009), área que abarca tanto la Región de Antofagasta como la de Atacama, y particularmente en las inmediaciones de la Sierra Doña Inés Chica, se registran niveles sedimentarios asociados a la Formación Quebrada del Salitre, de algunas decenas de metros de espesor, intercalados en la parte superior de una secuencia basáltica y formados por bancos de cuarzoarenitas y delgados lentes de limolitas de color amarillo claro, portadores de troncos silicificados y fragmentados e impresiones incompletas de tallos y hojas. Los restos vegetales, señalados también para la unidad por Chong y Hillebrand (1985), Bell y Suárez (1991) y Tomlinson y otros (1999), no se encuentran descritos y no existe siquiera mención a taxones, salvo por una sola asignación al Triásico, indicada como *Neocalamites?* sp., realizada por Cornejo y Mpodozis (1996); no obstante, en la leyenda del mapa a escala 1:100.000, se nombra a esta flora como del Triásico Superior.

Herbst y Troncoso (2012), ofrecen la primera descripción minuciosa de los taxones encontrados en afluentes de la Quebrada Doña Inés Chica (26°07' S, 69°20' W), ubicada en la Provincia de Chañaral, Región de Atacama, junto a las consideraciones paleoambientales que es posible inferir. La flora no es muy diversificada y exhibe similitudes con la de la Formación La Ternera, mapeada al sur en la misma región, compartiendo un importante porcentaje de taxones genéricos y varios específicos; los géneros reportados corresponden a *Neocalamites*, *Pterophyllum*, *Cladophlebis*, *Sphenobaiera* y *Umkomasia*, mientras que se identificaron las especies *Neocalamites carrerei*, *Dictiophyllum tenuifolium*, *Gleichenites cachivaritensis*, *Dicroidium odontopteroides*, *D. lancifolium*, *Linguifolium gracile*, *L. tenison-woodsi* y *Heidiphyllum elongatum*. Los autores recalcan que las plantas serían definitivamente triásicas y, acorde a los datos de Suárez y Bell (1991), se permiten acotar el rango al Triásico Superior.

Más al norte, en plena Región de Antofagasta y como se estableció en la problemática, no existe mención a restos de paleoflora para la Carta Vaquillas Altas (Venegas y otros, 2013). Sin embargo, a menor latitud, en el levantamiento geológico de la Hoja Toconao (Ramírez y Gardeweg, 1982), se identificaron géneros como *Neocalamites*, *Taeniopteris*, *Pterophyllum* y *Dicroidium*, asociados a los denominados Estratos de El Bordo y que fueron asignados al Triásico.

A continuación, se presenta el análisis paleoflorístico de los restos vegetales descubiertos en las inmediaciones de la Quebrada Los Pozos, con el propósito de asignarles valor cronoestratigráfico y compararlos con los niveles fosilíferos detallados para la Quebrada del Salitre y otros ya estudiados, correspondientes a los visitados en la Quebrada Paipote y los registrados por distintos autores en la región. La totalidad de los ejemplares está representada por improntas y solo algunos dejan vestigio, en la localidad principal, de lo que podría constituir restos de materia carbonosa original; estos se encuentran depositados en el Museo Geológico Lajos Biró Bagoczky, del Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Concepción, bajo los acrónimos QS/01 a QS/60, representando a la Quebrada Los Pozos y la Quebrada del Salitre (Formación Quebrada del Salitre), y LT/01 a LT/14 de la Quebrada Paipote (Formación La Ternera). La información relativa al número de muestra, localidad, coordenadas, taxonomía, abundancia y descripción exhaustiva del material paleontológico se encuentran en el Anexo II del presente trabajo; la sistemática utilizada para su clasificación es la referida en diversas publicaciones,

citadas más adelante, que aportaron en la identificación de la flora, mientras que la litología asociada deriva principalmente del capítulo de estratigrafía y del Anexo I de esta memoria.

4.1. Análisis paleoflorístico

El reino Gondwánico Triásico se define, en parte, por las denominadas “Floras de *Dicroidium*”, las que se distinguen debido a que gran parte de sus componentes presentan una distribución endémica, siendo la familia *Corystospermaceae* la que caracteriza al supercontinente (Artabe y otros, 2003). El clásico miembro de esta familia, *Dicroidium*, que es un componente subordinado en el registro de la Quebrada Los Pozos, aparece, se diversifica y extingue durante este periodo, mientras que el resto de los géneros listados, *Neocalamites*, *Pterophyllum*, *Heidiphyllum* y *Cladophlebis*, en cambio, guardan un grado de relación con el Jurásico (Tabla 4.1). Dentro del Triásico, la presencia de formas que integran con frecuencia floras jurásicas, como *Pterophyllum*, permiten suponer una ubicación bastante alta dentro del primero (Troncoso y Herbst, 2000).

Tabla 4.1. Principales géneros gondwánicos según distribución temporal. Modificado de Artabe y otros (2003).

1º Grupo	géneros que alcanzan su máxima distribución durante el Pérmico y se extienden al Triásico como elementos relictuales	<i>Phyllothea</i> , <i>Asterothea</i> , <i>Chansithea</i> , <i>Glossopteris</i> , <i>Saportaea</i> , <i>Rhipidopsis</i> , <i>Chiropteris</i> y <i>Voltziopsis</i> .
2º Grupo	géneros que aparecen en el Pérmico y se diversifican en el Triásico	<i>Lepidopteris</i> , <i>Sphenobaiera</i> y <i>Ginkgoites</i> .
3º Grupo	géneros que aparecen, se diversifican y extinguen durante el Triásico	<i>Pleuromeia</i> , <i>Rienitsia</i> , <i>Tranquilia</i> , <i>Dicroidium</i> , <i>Zuberia</i> , <i>Diplasiophyllum</i> , <i>Johnstonia</i> , <i>Xylopteris</i> , <i>Pteruchus</i> , <i>Umkomasia</i> , <i>Rhexoxylon</i> , <i>Tranquiloxyton</i> , <i>Linguifolium</i> y <i>Rissikia</i> .
4º Grupo	géneros triásicos que persisten durante el Jurásico	<i>Neocalamites</i> , <i>Cladophlebis</i> , <i>Dictyophyllum</i> , <i>Pseudoctenis</i> , <i>Kurtziana</i> , <i>Baiera</i> , <i>Sphenobaiera</i> y <i>Heidiphyllum</i> .
5º Grupo	géneros que aparecen en el Triásico y alcanzan su acmé durante el Jurásico	<i>Marattia</i> , <i>Millerocaulis</i> , <i>Ashcaulis</i> , <i>Goepfertella</i> , <i>Scleropteris</i> , <i>Nilssonia</i> , <i>Ctenis</i> , <i>Pterophyllum</i> y <i>Pagiophyllum</i> ..

En la literatura, al encontrarnos con descripciones de hojas pinnadas, algunas de gran tamaño, generalmente son agrupadas bajo el nombre de *Cycadophyta*, ya que cuando no se ha preservado la cutícula como elemento diagnóstico resulta difícil adscribirlas ya sea a las *Cycadales* o a las *Bennettitales* (Herbst y Troncoso, 2000). Ahora, para diferenciar géneros sobre bases exclusivamente morfológicas y no confundir sus caracteres intermedios o transicionales, y particularmente en lo que concierne a este trabajo, entre *Pseudoctenis* y *Pterophyllum*, se utiliza la morfología de la base de las pinnas y la posición de estas sobre el raquis como elemento principal, además de la relación largo/ancho de las pinnas y la venación, ya sea simple, dicotómica, anastomosada o todas sus combinaciones. *Pseudoctenis*, según Du Toit (1927) y Gnaedinger (1999), es caracterizado por pinnas pro- y decurrentes en su base, por ende,

arqueamiento basal de las venas, y generalmente una porción de ala laminar entre pinnas; *Pterophyllum*, por otra parte, posee bases simétricas, con sus pinnas insertas lateralmente o hacia arriba en el raquis, sin cubrirlo, y sin ala laminar entre pinnas.

Si bien los elementos de la división Cycadophyta no son dominantes en las paleofloras triásicas conocidas en Chile, sino elementos subordinados de presencia más o menos constante, son relativamente abundantes en algunos afloramientos aledaños al Cerro La Ternera (Herbst y Troncoso, 2000), como también en el área de la Quebrada Doña Inés Chica (Herbst y Troncoso, 2012). Hacia el sur, Gutiérrez (1980 en Troncoso y Herbst, 2007), colecta inicialmente en el Cerro Ranguilí, ubicado en la Región del Libertador Bernardo O'Higgins, ejemplares del género *Pterophyllum*, sin llegar a su clasificación específica; Tavera (1960), es el primero en mencionar restos del género para los sedimentos triásicos del Cerro Calquinhue, Región del Biobío, niveles que contienen abundante evidencia de la especie más común para el orden Cycadopsidae (*auctorum*) en Chile, *Pterophyllum azcaratei*, especialmente detallada por Herbst y Troncoso (2000) y Leppe y Moisan (2003), mientras que el mismo autor (Tavera, 1971), registra el género para el sector del Lago Riñihue, Región de Los Ríos, en sedimentos asignados al Triásico Superior, que fueron estudiados posteriormente por Herbst y otros (2005), definiendo dos nuevas especies, *Pterophyllum valdivianum* y *Pterophyllum tralcanensis*.

Para los niveles plantíferos del afluyente de la Quebrada Los Pozos existen evidentes diferencias en cuanto a su composición cualitativa, pero la descripción de cada una de estas no estaría completa si no se agrega información relativa a la representación cuantitativa de cada taxón. Respecto a la colecta en sí, esta fue condicionada por lo escarpado del afloramiento, su difícil acceso, la altitud a la que se encontraba el sector y el tiempo disponible, ya que acorde a la planificación, que escapaba al descubrimiento, solo fue posible laborar durante solo una jornada. Además, la abundancia específica relativa está influida por factores como: la distancia de los individuos fuente a la cuenca de depositación, el carácter perennifolio o caducifolio de cada especie, la cantidad de hojas producidas por cada organismo, la energía del medio de sedimentación asociada a la capacidad de preservación de cada tipo foliar, entre otros (Herbst y otros, 2005). Por lo tanto, y en general, los ejemplares de la familia Apoclamitaceae son dominantes en la sucesión, y si bien son buenos indicadores paleoambientales, suceden comúnmente para el Triásico, se fosilizan con facilidad y no poseen valor cronoestratigráfico; se

consideran importantes los elementos del Phylum Cycadophyta, por ello el énfasis en la metodología de su diferenciación, debido principalmente a su inesperada abundancia y potencial asignación cronológica.

En seguida, se exponen las observaciones correspondientes a las características diagnósticas y comentarios respectivos del material que constituye el hallazgo de la Quebrada Los Pozos, organizado decrecientemente en cuanto a la cuantificación de cada grupo florístico y, además, se incluye una breve reseña a lo colectado y clasificado en la Quebrada del Salitre y la Quebrada Paipote.

Orden	Equisetales	Dumortier, 1829
Familia	Apocalamitaceae	Radczenko, 1957
Género	<i>Neocalamites</i>	Halle, 1908

Material estudiado. QS/04, QS/08, QS/09, QS/19 a 22, QS/23 a 30. **Comentarios.** Este género es muy frecuente en todo el Triásico Gondwánico, pero el material estudiado, a pesar de agrupar tallos articulados de distintas dimensiones, numerosas hojas y un diafragma nodal, es muy fragmentario, optándose por una nomenclatura abierta. De todas maneras, se reconoce una serie de hojas desprendidas del cilindro vascular, la mayoría acintadas, uninervadas con fina estriación longitudinal, como las descritas para *Neocalamites carrerei* en Herbst y otros (1998), la especie más abundante para esta parte del supercontinente; por otra parte, tallos y hojas que difieren de lo predominante, podrían corresponder a otro taxón por su semejanza con algunos representados en Bomfleur y otros (2013). Según lo recopilado por Leppe (2005), el rango de edad para *Neocalamites carrerei* se extendería desde el Triásico Medio (Anisiano) hasta por lo menos el Jurásico Inferior.

Orden	Cycadopsidae	<i>auctorum</i>
Familia	-	
Género	<i>Pterophyllum</i>	Brongniart, 1828

Material estudiado. QS/01. **Comentarios.** La hoja presenta pinnas espaciadas, de bordes simétricos, los que en su base nacen levemente oblicuos, siguiendo una forma que es ligeramente oval pero alargada, donde la venación emerge desde todo el ancho, se mantiene paralela, no presenta dicotomía y termina en un ápice redondeado a truncado-casi recto, exhibiendo una densidad de 45 a 50 venas/cm (Figura 4.1). Sus características son únicas entre el material

colectado y no se encontraron símiles en la literatura, por lo que su nomenclatura se deja temporalmente abierta como *Pterophyllum* sp. a.

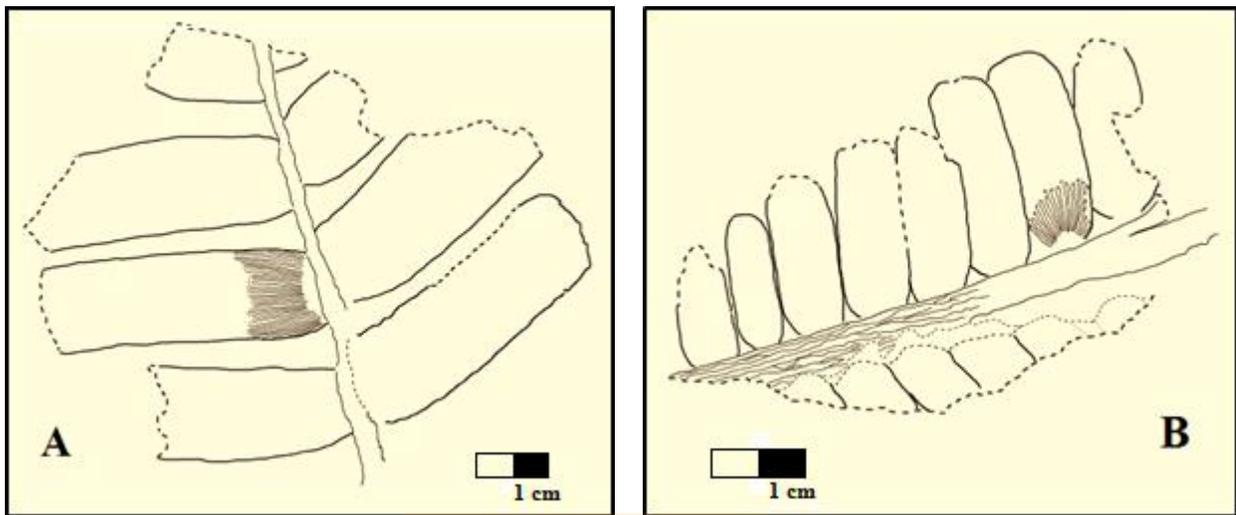


Figura 4.1. Dibujos esquemáticos de: (A), *Pterophyllum* sp. a y (B), fragmento basal de *Pterophyllum* sp. b.

Material estudiado. QS/02, QS/03. **Comentarios.** La hoja presenta grandes pinnas insertas en un raquis estriado longitudinalmente, espaciadas un par de milímetros en su base, las que hacia arriba se ensamblan debido a su forma oval-alargada, hasta terminar en un ápice redondeado.

La venación emerge levemente oblicua desde todo el ancho basal, se mantiene paralela y no presenta dicotomía; la densidad es de unas 45 a 50 venas/cm. La muestra QS/02 podría corresponder a una porción basal de la hoja (Figura 4.1, B). Su morfología desconcierta entre el resto del material y la bibliografía, sobre todo su gran tamaño, por lo que no se reconoció nada semejante durante la revisión pertinente y, en consecuencia, su nomenclatura se deja temporalmente abierta como *Pterophyllum* sp. b.

Material estudiado. QS/07, QS/13, QS/33. **Comentarios.** Las hojas presentan pinnas que se insertan en el raquis en un ángulo de entre 70 a 80°, con venación que emerge desde todo el ancho de una base recta y simétrica, manteniéndose paralela, sin divisiones y desarrollando una densidad de 40 venas/cm aproximadamente. Este tipo de hojas fueron las más observadas en los afloramientos, pero se tornaba difícil extraerlas por la exposición del material (Figura 4.2). Preliminarmente se pensaba en conferir los ejemplares a algunas especies de *Pterophyllum* que se describen en Herbst y otros (2005), como lo son *Pterophyllum tralcanensis* y *Pterophyllum valdivianum*, pero debido a la caracterización minuciosa del tamaño de las hojas, morfología y

venación de las pinnas, los elementos se agrupan para representar bien a *Pterophyllum valdivianum* del Triásico Superior.

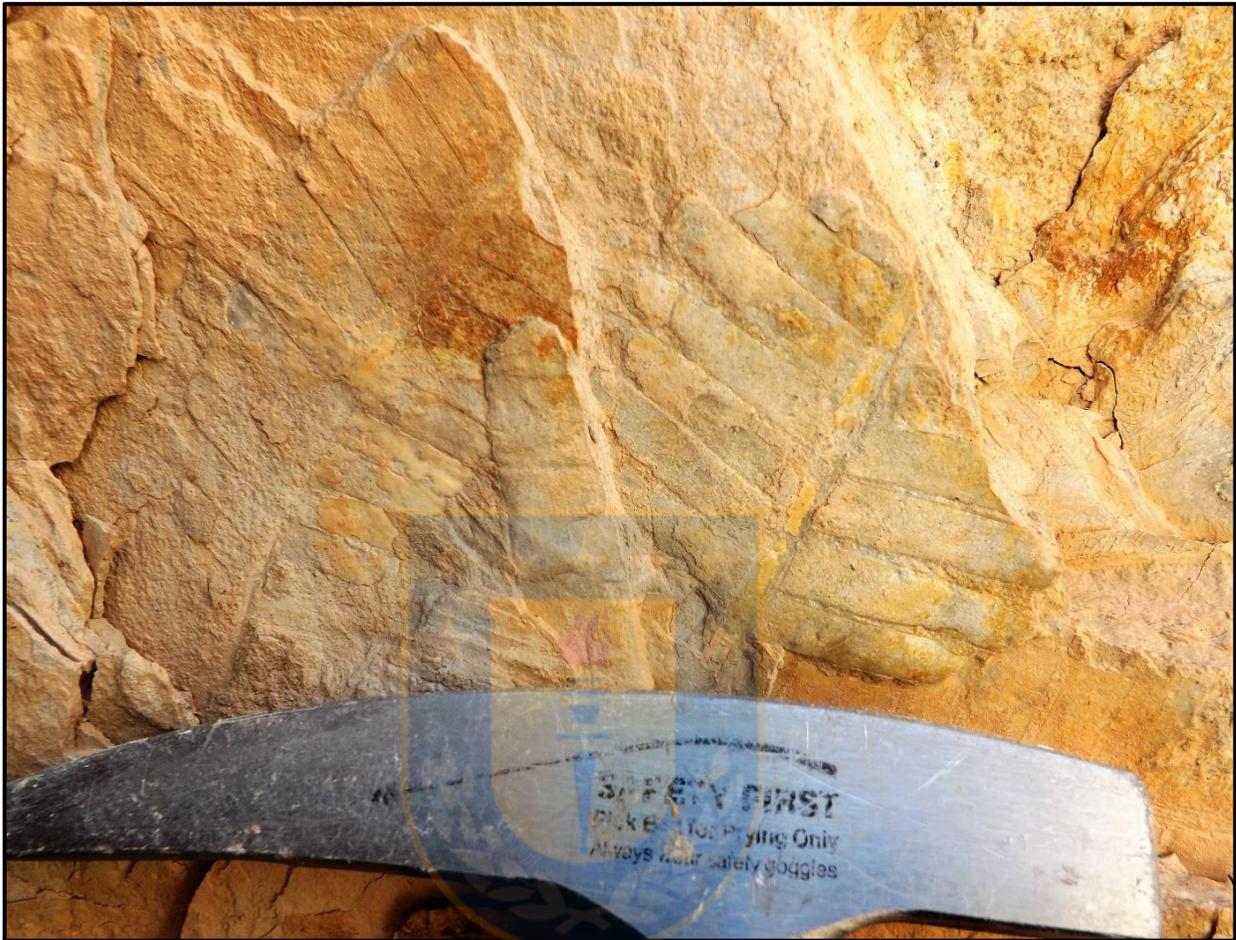


Figura 4.2. Base de un paquete de arenisca con hojas de *Pterophyllum valdivianum*.

Material estudiado. QS/14 a QS/16. **Comentarios.** Las hojas destacan porque sus pinnas se insertan en el raquis en un ángulo de entre 70 a 80°, no poseen constricción basal, son levemente falcadas, algunas exhiben una estría central milimétrica y, en ocasiones, ápices algo aguzados; tras lo observado en terreno y gabinete, corresponderían a ejemplares similares a los descritos por Herbst y Troncoso (2012). Sin embargo, por la morfología de sus pinnas y a pesar de exhibir una venación no muy bien conservada, QS/15 podría corresponder a la especie más distribuida para este orden en Chile, confirmando el elemento como *Pterophyllum* cf. *azcaratei* (Herbst y Troncoso, 2000), al cual se le ha asignado una edad Triásico tardío (Ladiniano - Rético) (Leppe y Moisan, 2003).

Orden Corystospermales Petriella, 1981
 Familia Corystospermaceae Thomas, 1933
 Género *Dicroidium* Gothan, 1912

Material estudiado. QS/12, QS/20 y QS/32. **Comentarios.** Un género escaso en la localidad, pero conocido por tener una variadísima expresión fenotípica y ser probablemente el taxón más ampliamente distribuido en la flora gondwánica. La muestra QS/12 se asocia a *Dicroidium odontopteroides*, posiblemente a la variedad *odontopteroides* (Morris) Gothan, 1912, por ser en general una pinna con pínulas subopuestas, oval-alargadas y con venación, aunque escasamente visible, odontopteroídea; la edad para esta especie tiene un rango que va desde el Triásico Inferior al Rético, mientras que la variedad homónima se acota al Triásico Superior. Por otra parte, el fósil QS/20 exhibe pínulas que se insertan en ángulo agudo al raquis, se les observa subopuestas y sin espaciamiento entre ellas, con forma subróbica y venación, difícilmente observable, odontopteroídea. Los restos se definen como *Dicroidium* cf. *crassum*, (Menéndez) Petriella 1979, señalando el rango Anisiano tardío – Nórico (Leppe, 2005).

Orden Coniferales Engler, 1897
 Familia Voltziaceae Arnold, 1947
 Género *Heidiphyllum* Retallack, 1981

Material considerado. QS/20. **Comentarios.** Los vestigios corresponden sin duda a la especie *Heidiphyllum elongatum* (Morris) Retallack, 1981, conocida por su alta diversidad morfológica y difusión en numerosos yacimientos triásicos de casi todo el Gondwana. Fue reconocida por sus largas hojas lineares a lanceoladas, con alrededor de 10 venas paralelas por hoja, bifurcadas solo en la base. Se le ha citado como del Triásico Medio – Rético (Leppe, 2005), como también han extendido su edad hasta el Jurásico temprano (Niemeyer y otros, 2008).

Orden Osmundales Link, 1833
 Género *Cladophlebis* (Brongniart) Frenguelli, 1947

Material considerado. QS/11. **Comentarios.** La muestra contiene tres pinnas paralelas, las que prolongadas probablemente constituían la porción de una fronda. Estas presentan pínulas de bordes lobulados, una vena central y venas laterales que se bifurcan doblemente y terminan en un lóbulo o crena; la venación se encuentra solo en algunas pínulas, pobremente preservada. El material se identifica como *Cladophlebis* cf. *mendozaensis*, (Geinitz) Frenguelli 1947, descrito al sur del área para la Formación La Ternera (Herbst y otros, 1998), siendo un género ampliamente

distribuido para el Triásico de Chile y el mundo. Su biocrón se extendería desde el Triásico Superior al Jurásico Inferior, rango de edad que ha derivado de las asociaciones de este y otras especies como *Cladophlebis kurtzi*, Frenguelli 1947, y *Cladophlebis mesozoica*, Kurtz ex Frenguelli 1947, tal como en la Formación La Ternera y Formación Tralcán en Chile (Triásico Superior), y Formación Los Rastros y Formación Potrerillos en Argentina (Triásico Medio - Superior), entre muchas otras.

En las inmediaciones de la Quebrada del Salitre, y como se indicó con anterioridad, también se descubrieron niveles portadores de paleoflora que, en general, se condicen con los detallados unos kilómetros más al sur en la carta geológica adyacente por Herbst y Troncoso (2012), relacionados principalmente por numerosas improntas del género *Pterophyllum* (Figura 4.3, A); estas impresiones foliares exponen tamaños y caracteres diagnósticos similares, como hojas del orden de centímetros de ancho que despliegan pínulas milimétricas, insertas por todo el ancho de su base. Además, se confirió un elemento a la especie *Cladophlebis kurtzi*, reconociendo también a otros representantes de este grupo, y se identificaron los géneros *Neocalamites* y *Dicroidium*, ejemplares del orden Ginkgoales y algunas fructificaciones indeterminadas, probablemente desarrolladas por pteridospermas (Figura 4.3, B).



Figura 4.3. (A), impronta de una hoja de *Pterophyllum* y (B), pinna fructificada indeterminada.

Distinto fue lo recopilado en una de las localidades triásicas más estudiadas del norte de Chile, Cerro La Ternera, particularmente en la Quebrada Paipote, donde aflora parte de la formación homónima. Aquí se muestrearon niveles fosilíferos donde la litología contrastaba en gran medida con lo observado más al norte, capas más finas, algo carbonosas, distintas asociaciones de estructuras sedimentarias y facies disímiles, por ende, un ambiente de depositación diferente.

Esto último se ve reflejado en los taxones que establecieron las paleocomunidades, ya que formaron otros grupos simbióticos; se identificaron a las especies *Heidiphyllum elongatum*, *Cladophlebis mendozaensis* y *Asterotheca rigbyana* (Figura 4.4), además de otros componentes de los géneros *Neocalamites*, *Cladophlebis*, *Taeniopteris* y *Dictiophyllum* y algunos del orden Ginkgoales, todos en estado fragmentario pero con buena preservación de detalles.



Figura 4.4. (A), pinnas de *Cladophlebis mendozaensis* y (B), fragmentos de *Asterotheca rigbyana*.

4.2. Información paleoclimática y paleogeográfica

En base a la bioestratigrafía de la sucesión principal y como se puede observar en la columna QLP1 (Figura 3.3), el primer nivel fosilífero se ubica casi a 22 m de la base, diferenciándose por albergar gran cantidad de porciones vegetales agrupadas como *Neocalamites* sp. Este material es fragmentario y no se hallaron tallos en posición de crecimiento, lo que conjuntamente a la baja cantidad de materia carbonosa en la roca y a que estas plantas son características de ambientes palustres a suelos muy higromórficos (Herbst y Troncoso, 2012), es decir, zonas inundables donde se ha estipulado prosperan las esfenófitas, sugieren la alta probabilidad de que se trate de elementos parautóctonos al medio sedimentario.

En contraste, el nivel también contiene una importante suma de ejemplares correspondientes al género *Pterophyllum*, el que exhibe arquitecturas foliares comparables sólo con algunas Cycadophyta actuales, como sus hojas con pinnas coriáceas de borde entero y venación paralela sin vena central, además de su tamaño, que si bien en promedio es menor, *Pterophyllum* sp. b iguala en dimensiones a algunas de proporciones menores; estas últimas características se especifican en el artículo de Herbst y Troncoso (2012) para los *Pterophyllum* de la Quebrada

Doña Inés Chica, pero difieren en el tamaño de las hojas, las que son más pequeñas. Se menciona asimismo que las Cycadophyta actuales viven todas en climas tropicales cálidos, preferentemente en los sectores más secos, por lo mismo, la menor área foliar y mayor borde relativo de sus parientes del Triásico, que según Artabe y otros (2001) estarían preadaptadas a climas cálidos a subtropicales, indicarían la posibilidad de un ambiente más seco que húmedo, siendo arreglos evolutivos que responden a un contexto donde el agua podría ser un factor limitante, lo que es congruente a la situación planteada para los equisetales.

Cabe destacar que durante este trabajo, en el nivel fosilífero detallado para la Quebrada del Salitre en la columna QS1 (Figura 3.12), compuesto por capas de arenisca gris oscura y lutitas, se observaron tallos de *Neocalamites* en posición de vida (Figura 3.13), indicando una similitud al ambiente dominado por los meandros pantanosos definido al sur para la Quebrada Doña Inés Chica (Bell y Suárez, 1991), un paisaje quizás desigual para la sucesión levantada en la Quebrada Los Pozos, donde tal vez las Cycadophyta formaron paleocomunidades casi puras en zonas libres de árboles (Artabe y otros, 2003), como matorrales esclerófilos, muchas veces costeros, en sabanas, laderas escarpadas rocosas y menos frecuentemente en praderas, la mayoría de ellas en suelos muy delgados y arenosos (Herbst y Troncoso, 2012).

Petriella (1985) y Artabe y otros (2001), proponen que las Corystospermaceae, como el género *Dicroidium*, que se halla junto a *Cladophlebis* en el segundo nivel fosilífero y junto a *Pterophyllum* y *Heidiphyllum* en el cuarto y último nivel, ubicado a los 35 m de la sucesión, poseen caracteres adaptativos propios de plantas meso-xeromórficas y de climas estacionales. *Heidiphyllum*, por su parte, es un género muy frecuente en los afloramientos triásicos chilenos, llegando al 25% de la frecuencia total de especímenes en algunos litosomas (Leppe y otros, 2003; Troncoso y otros, 2000). Se ha establecido que formó bosques mixtos en ambientes lacustres y fluviales (Zamuner y otros, 2001), correspondiendo, en general, con áreas costeras del Gondwana Triásico, y se ha considerado a la especie *Heidiphyllum elongatum* como un árbol caducifolio, lo cual podría ser índice de un déficit hídrico, a lo menos estacional (Herbst y Troncoso, 2012).

5. FACIES

Para utilizar debidamente el término *facies* en este apartado, es necesario considerar su acepción concreta, es decir, aquella que hace referencia al volumen del material estratificado y a su caracterización por una combinación específica de litología, texturas, estructuras sedimentarias, geometría, distribución de paleocorrientes, contenido fosilífero y color (Vera, 1994); el cuerpo de roca es delimitado por estas características tanto vertical como lateralmente, diferenciándose de otros cuerpos que poseen una mixtura distinta de particularidades que definen otra facies.

A pesar de que aplica recurrentemente, para Hallam (1981 en Vera, 1994), es innecesario hacer la división del término en litofacies y biofacies, es decir, separar las características litológicas de las que proporciona la paleontología, debido a que el fósil es parte del cuerpo rocoso. En este trabajo, si bien se consideraría necesario para realizar una labor más estructurada, por ejemplo, en el caso de poseer numerosas y diversas biofacies marinas, se opta por describir cada facies en su sentido integral, ya que la diversidad paleontológica se encuentra limitada a paleoflora continental.

La clasificación de las distintas facies se realiza en base a lo establecido por Miall (2006), quien ha corregido y modificado desde los años setenta un sistema convencional de códigos ampliamente utilizado en ambientes fluviales, como se entiende el contexto general de la sedimentación. El método consiste en la individualización de las mismas a través de caracteres, considerando una primera letra mayúscula para indicar granulometría y letras minúsculas para indicar textura y/o estructuras, incluyendo además una interpretación general para cada código definido (Tabla 5.1); la información tabulada se describe en detalle posteriormente.

5.1. Descripción e interpretación de facies

Facies de conglomerado masivo clastosoportado (Gcm)

Representada únicamente en la Sierra Vaquillas, columnas QLP1 (Figura 3.2) y QLP2 (Figura 3.10), en el primer tramo de las sucesiones. Consiste en conglomerados polimícticos clastosoportados de color gris claro a verdoso, dispuestos en dos niveles decimétricos que constituyen un paquete granodecreciente con una superficie erosiva en su base. Sus clastos son en general subesféricos subredondeados, con dimensiones que fluctúan, principalmente, entre 3 mm y 8 cm, pero también se observa una matriz de arena y clastos que alcanzan un máximo de 15 cm;

por consiguiente, su tamaño varía de gravilla a ripio, poseen de moderada a mala selección y no desarrollan estructuras sedimentarias ni imbricación evidente (Figura 5.1). Se destaca la predominancia de clastos de composición cuarcífera y dacítica, provenientes del basamento.

Tabla 5.1. Clasificación de facies en este trabajo. Elaborada usando Miall (2006) y Nichols (2009).

Código	Granulometría	Textura y estructuras	Interpretación
Gcm	Conglomerado	Capas masivas tabulares, moderada a mala selección de los clastos, ausencia de material fino	Canales y/o barras en abanicos aluviales
Gh	Conglomerado	Estratificación cruda, laminación gruesa, base erosiva, imbricación de clastos	Depósitos de lag, rellenos menores de canal
Sm	Arenisca fina a gruesa	Paquetes masivos	Estructuras de barras
Sh	Arenisca fina a conglomerádica	Laminación paralela, lineación por corrientes	Flujo planar de alto régimen
Sp	Arenisca media a conglomerádica	Estratificación cruzada planar	Migración de estructuras transversales 2-D
St	Arenisca media a conglomerádica	Estratificación cruzada en artesa; niveles que no superan el metro de espesor (decimétricos)	Migración de estructuras 3-D
Fm	Fangolita a arenisca muy fina	Niveles masivos; espesor centimétrico a decimétrico	Depósitos en llanura de inundación
Fl	Fangolita, arenisca muy fina	Laminación paralela fina; pequeños <i>ripples</i>	Depósitos planares en llanura de inundación
Fr	Fangolita a arenisca muy fina	Niveles masivos con raíces (<i>paleosoil</i>)	Desarrollo de suelo en llanura de inundación



Figura 5.1. Conglomerado basal en la columna QLPI, Quebrada Los Pozos, Sierra Vaquillas Altas.

De antemano, cabe destacar que esta facies no es incorporada a ninguna asociación realizada más adelante para la columna QLP1 y se interpreta de manera individual, ya que representa el tramo

inicial de la sección, encontrándose aislada hacia techo por un importante tramo cubierto. Entonces, considerando las características particulares de este conglomerado basal, principalmente la forma, potencia y aspecto masivo del cuerpo, su base erosiva, proveniencia de los componentes y su fábrica clastosoportada con elementos medianamente seleccionados y retrabajados en una matriz de arena, correspondería posiblemente a depósitos registrados en asociaciones de canal y/o de barras en lóbulos activos de abanicos aluviales (Selley, 2000; Miall, 2006; Nichols, 2009). La génesis de estos niveles y su evolución a facies de distinta naturaleza, se relacionan probablemente a las condiciones geotectónicas que dieron inicio a la sedimentación en la cuenca, referidas posteriormente en la discusión.

Facies de conglomerado con estratificación irregular e imbricación (Gh)

Identificada en las columnas QLP1 (Figura 3.2) y QP1 (Figura 3.15), corresponden a conglomerados polimícticos tamaño gravilla, con dimensiones que varían entre 2 a 4 cm, de color gris claro y una fábrica clastosoportada de partículas subredondeadas subesféricas, dispuestos en estratos decimétricos con límites irregulares (Figura 5.2). Destacan sus bases erosivas, desarrollo de imbricación y gradación a niveles de areniscas.



Figura 5.2. Lag de clastos en la columna QP1; Formación La Ternera, Quebrada Paipote.

Estos niveles de poco espesor con superficies de erosión, bien seleccionados y con clastos imbricados se interpretan como característicos para depósitos de lag y/o rellenos menores en canales fluviales (Selley, 2000; Miall, 2006).

Facies de arenisca masiva (Sm)

Reconocida en la columna QLP1 (Figura 3.2), QLP2 (Figura 3.10), QS1 (Figura 3.11) y QP1 (Figura 3.15), agrupa a aquellas areniscas masivas de granulometría fina a gruesa y que presentan, en general, un color gris a pardo de tonalidades claras que varía con el grado de alteración y que se disponen en paquetes decimétricos a métricos tabulares. Sus clastos son mayoritariamente subredondeados a redondeados subesféricos y poseen buena selección. En las columnas QLP1 y QLP2 las areniscas se clasifican como sublitarenitas y litarenitas, compuestas esencialmente por cuarzo (Figura 5.3), mientras que para las columnas QS1 y QP1 la madurez de estas es menor, presentando además feldespatos, líticos oscuros alterados y en ocasiones mica blanca.

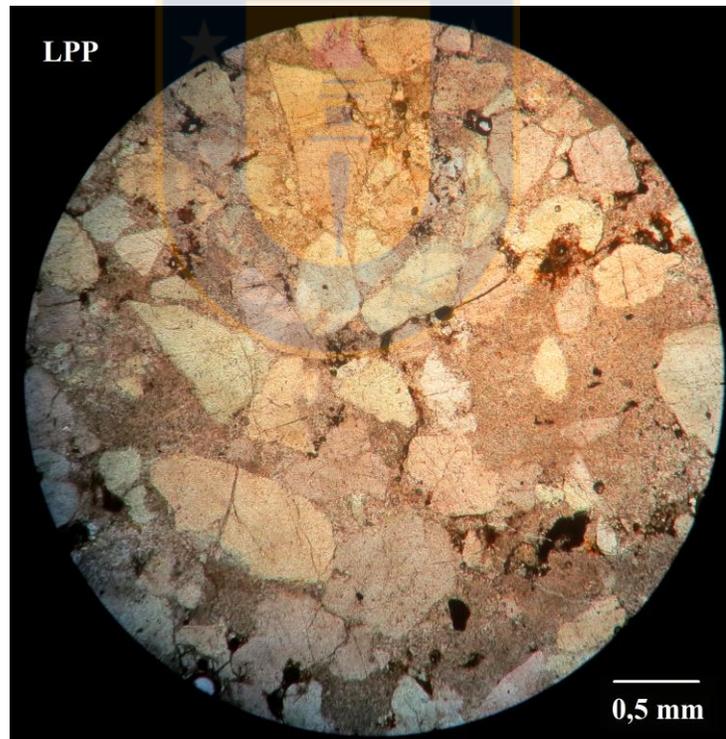


Figura 5.3. CPV-15-346. Litarenita con más de 70% de cuarzo.

Esta facies, al no asociarse a algún elemento arquitectural específico, es interpretada apartadamente por Miall (2006), quien hace referencia a la posibilidad de la mala preservación de las estructuras sedimentarias del depósito, lo que seguramente ocurre en ciertos estratos de estas sucesiones, como

por ejemplo, en los tramos superiores de la columna QS1, muy expuestos y meteorizados. Sin embargo, estos paquetes de arenisca masiva representarían, en general y acorde al contexto, flujos sedimentarios asociados principalmente a barras en canales fluviales.

Facies de arenisca con laminación paralela y restos vegetales (Sh)

Representada en las columnas QLP1 (Figura 3.2), QS1 (Figura 3.11) y QP1 (Figura 3.15), abarca al conjunto de areniscas laminadas, con láminas tanto centimétricas como también más gruesas, clasificadas granulométricamente desde finas a conglomerádicas, que poseen colores que varían del gris claro al oscuro y alteraciones que las motean de tonalidades pardas, y preservadas en paquetes decimétricos a métricos tabulares. Sus clastos son, en general, subredondeados subesféricos y están bien seleccionados. Los paquetes se componen, en todas las localidades, predominantemente de cuarzo, mientras que en las columnas QS1 y QP1 su madurez es menor, ya que contienen feldespato y mica blanca, además de un bajo porcentaje de líticos.

Tanto en la columna QLP1, hacia el techo de la sucesión, como en la columna QS1, se registran algunos niveles con restos vegetales en horizontes finamente laminados, correspondientes a fracciones de tallos en ambas localidades y, además, en Sierra Vaquillas Altas (QLP1), se encuentran porciones de hojas y frondes de variados géneros.

Acorde a las litofacies comunes que podemos encontrar en ambientes fluviales (Selley, 2000; Miall, 2006), la caracterizada por laminación paralela y/o partición o lineación por corrientes en general constituye niveles en asociaciones de canal. Tales estructuras se generan bajo un alto régimen de flujo que hace posible el transporte de granos finos a medios, aunque también se desarrollan en areniscas gruesas y hasta gujarrosas, cuando el flujo alcanza velocidades cercanas a 0,4 m/s y las partículas comienzan su desplazamiento; esto permite también, dependiendo de los cambios en la energía, que la corriente acarree material vegetal de distinto tamaño como hojas, tallos y troncos.

Facies de arenisca con estratificación cruzada planar (Sp)

Identificada solo en la columna QLP1 (Figura 3.2), corresponde a niveles decimétricos de arenisca de color gris parduzco, con una granulometría media a conglomerádica y que se encuentran expuestos como paquetes tabulares con estratificación cruzada planar con horizontes donde varía opuestamente (Figura 3.4). La morfología de sus clastos es en general subredondeada subesférica,

y tienen buena selección. Composicionalmente predomina el cuarzo, hacia techo los niveles son mayoritariamente cuarcíferos, mientras que hacia la base estos reciben aportes de la formación subyacente.

Los *sets* de estratificación cruzada planar se generan por la migración de dunas 2-D (Miall, 2006), proceso que sucede cuando material es transportado hacia los flancos, por tracción y suspensión intermitente, apilando *foresets* en ángulos que varían de 15 a 35° y comúnmente formando una carpeta de *ripples* de pequeña escala por sobre estos, asociada al decaimiento de la energía del flujo. Se les encuentra preservados en arenas de grano muy fino a muy grueso, siendo los niveles de 0,5 a 1,5 m los más comunes para areniscas fluviales, con sus límites superior e inferior típicamente netos, como se observan en la sucesión de Quebrada Los Pozos.

Facies de arenisca con estratificación cruzada en artesa (St)

Reconocida solo en un tramo de la columna QLP1 (Figura 3.2), con un espesor que bordea el metro y límite inferior asociado a un lag conglomerádico, representado por arenisca gruesa de color gris claro, con buena selección y forma subredondeada a redondeada subesférica de los granos. Se compone mayoritariamente de cuarzo, acompañado por un bajo porcentaje de líticos oscuros, posiblemente volcánicos. El nivel es granodecreciente y preserva, en algunos sectores, posibles evidencias del desarrollo de estratificación cruzada en artesa (Figura 5.4).

Este tipo de estratificación cruzada se desarrolla por la migración de dunas 3-D en arenas finas a muy gruesas, las cuales tienden a ocurrir a velocidades de flujo mayores que las de estructura bidimensional y se observan principalmente como sets curvos que rara vez alcanzan un ángulo de manto cercano al de reposo. La forma de la estratificación muestra invariablemente hacia la base un límite irregular o de erosión con el nivel inferior y raramente los *sets* presentan una potencia superior al metro en areniscas fluviales (Miall, 2006); en este tipo de ambientes se les describe principalmente en asociaciones de canal, como por ejemplo, en la formación de barras en ríos trezados y meandriformes (Selley, 2000; Miall, 2006; Nichols, 2009).

Facies de fangolita masiva (Fm)

Referida en las columnas QLP1 (Figura 3.2) y QLP2 (Figura 3.10), agrupa a las rocas de grano fino que no desarrollaron y/o conservaron estructuras sedimentarias. En general, corresponden a fangolitas de color gris claro con tonalidades pardas debido a los efectos de la meteorización, las

que comúnmente se presentan en niveles centimétricos a decimétricos tabulares y de granulometría que en ocasiones alcanza el rango de las arenas muy finas, los que permiten inferir una composición dominada por el cuarzo.



Figura 5.4. Nivel de arenisca con desarrollo incipiente de artesas en la columna QLP1, Quebrada Los Pozos.

La interpretación de esta facies abarca coberturas fangosas de aspecto masivo, las cuales se encuentran frecuentemente entre sucesiones de grava y arena como niveles centimétricos a decimétricos, representando depósitos de llanura de inundación y abandono de canales en sistemas fluviales y aluviales (Selley 2000; Miall, 2006; Nichols, 2009)

Facies de fangolita y arenisca muy fina, laminadas y con restos vegetales (F1)

Representada en las columnas QLP1 (Figura 3.2), QS1 (Figura 3.11) y QP1 (Figura 3.15), por rocas como fangolita y lutita gris oscura, fangolita de color gris claro y arenisca muy fina blanquecina, como niveles centimétricos a decimétricos tabulares. Considerando cada caso particular, en la Quebrada Los Pozos (QLP1), estos niveles son decimétricos y conforman un paquete de un par de metros de areniscas cuarcíferas muy finas con un nivel de fangolita gris clara, con restos de grandes hojas de Cycadophytas y tallos de equisetales; en la Quebrada del Salitre (QS1), existen niveles

decimétricos de lutita y centimétricos de arenisca muy fina de tonalidades grises muy oscuras, los cuales albergan abundante paleoflora a modo de horizontes de materia vegetal superpuesta, con ejemplares de mucho menor tamaño que en QLP1; en la Quebrada Paipote (QP1), se observa una interlaminación de niveles centimétricos y hasta milimétricos de arenisca muy fina de color blanquecino a gris claro azulado (Figura 5.5), probablemente con elevado contenido de cuarzo, que posee lentes de fangolita gris rojiza oscura con flora fósil, ejemplares de tamaño intermedio en comparación a las localidades anteriores.



Figura 5.5. Interlaminación en niveles de arenisca muy fina, con restos de raíces.

La interlaminación de arenisca muy fina, limo y fango, según Miall (2006), es común en las llanuras de inundación y en depósitos de abandono de canal, representando la depositación del material en suspensión por corrientes de tracción débil. Algunas de estas láminas pueden presentar restos vegetales, como improntas y raíces, y su espesor varía dependiendo del suministro de sedimento y de las razones de subsidencia en la cuenca.

La diferencia en el tamaño de la tafoflora en las tres localidades indica, probablemente, que los horizontes fosilíferos fueron depositados por flujos tractivos de distinta energía, mientras que el

color más oscuro de la roca sugiere una componente importante de materia vegetal y una menor madurez de la capa rocosa, lo que permitiría diferenciar internamente esta facies.

Facies de fangolita a arenisca muy fina, con desarrollo de paleosuelo (Fr)

Esta denominación la adquiere un nivel decimétrico, de forma tabular, ubicado en la sección tres de la columna QP1 (Figura 3.15), caracterizado por una fangolita con sectores centimétricos que gradan a arenisca muy fina y que exhibe un color gris claro con tonalidades oscuras. La particularidad de la base de esta sucesión son las numerosas raíces y raicillas de color pardo anaranjado, provocado por la oxidación de la materia vegetal, las cuales indican la polaridad de la capa (Figura 3.16).

Una cama de raíces es común en llanuras de inundación vegetadas, representando desarrollo de suelo incipiente o un paleosuelo como tal, en un medio húmedo; la litología principal puede ser arena fina, limo o fango con cualquier estratificación primaria, como laminación paralela, obliterada parcial o totalmente por el emplazamiento de las raíces y bioturbación. Las raíces pueden preservar su composición carbonosa original o puede ser reemplazada por calcita o siderita (Miall, 2006).

5.2. Asociaciones de facies

Las sucesiones continentales se encuentran comúnmente formadas por intercalaciones de distintos entornos sedimentarios, tales como los constituidos por asociaciones de facies típicas para desiertos, estuarios, glaciares, medios volcánicos y, frecuentemente, fluviales y lacustres. Por lo general, esta diversidad se ve reflejada en secciones integradas de gran espesor, aunque si de levantamientos poco potentes se tratase, es posible la interpretación de su ambiente de sedimentación analizando agrupadamente las facies y reconociendo elementos arquitecturales, al ampliar el rango de visión. Muchos de estos elementos corresponden a macroformas, y si bien se necesitan variados antecedentes para su identificación, como su morfología, límites, litología, ordenamiento interno y paleocorrientes, en un contexto fluvial corresponden principalmente a canales y barras mayores, donde en general se desarrollan barras de punta, barras laterales, mantos de arena (*sand flats*), *flood sheets*, lóbulos de flujos gravitacionales, entre otros (Miall, 2006).

Entonces, a partir de las facies definidas anteriormente, a continuación se exponen sus asociaciones y algunas macroformas identificadas en las localidades de Quebrada Los Pozos, Quebrada del Salitre y Quebrada Paipote, las que junto a ciertos aspectos genéticos relevantes, permitirán esclarecer las condiciones de sedimentación de cada sucesión fosilífera a través de la interpretación de su registro, y así poder compararlas con los antecedentes disponibles para las formaciones de La Ternera y Quebrada del Salitre.

Depósitos de relleno del canal activo

La asociación de facies característica que pondría en contexto los distintos procesos sedimentarios registrados en los levantamientos estratigráficos, corresponde a la compuesta, de base a techo, por las *facies de conglomerado con estratificación irregular e imbricación* (Gh), *facies de arenisca con estratificación cruzada en artesa* (St), *facies de arenisca con laminación paralela y restos vegetales* (Sh), culminando con *facies de arenisca muy fina a fangolita laminada y con restos vegetales* (Fl) y/o *facies de fangolita masiva* (Fm). Este ordenamiento de facies, caracterizado por ser grano y estratodecreciente, lo que evidencia el decaimiento en la energía de la corriente, representa la formación de *point bars* en canales de ríos meandriformes, cubiertos por depósitos de la llanura de inundación (Fl, Fm), descritos posteriormente (Selley, 2000; Miall, 2006; Nichols, 2009). Por sobre el nivel de facies St-Sh, las secuencias también pueden registrar la *facies de arenisca con estratificación cruzada planar* (Sp) o tipo ripple (Arche, 2010) y, considerando lo observado en estas secciones, la *facies de arenisca masiva* (Sm), actuando como un flujo menor que pudo o no preservar su estructura original (Miall, 2006).

En el tramo QLP1-3 de la sección descrita en la Quebrada Los Pozos (Figura 3.2) es donde mejor se observa la evolución Gh-St/Sh-Fm. La facies Gh representa el clásico lag conglomerádico con base erosiva que marca el inicio del relleno en el canal fluvial; este puede tener solo algunos clastos de espesor o presentarse como niveles métricos con estratificación cruda (Selley, 2000); por sobre y variablemente, se observan paquetes de arenisca conglomerádica a media con estratificación cruzada en artesa (St) y laminación paralela (Sh), es decir, estructuras de alto régimen de flujo, seguido de niveles de arenisca muy fina a fangolita masiva (Fm) que preservan restos vegetales. De todas maneras, muchas veces esta secuencia no se encuentra completa debido a los cambios en el trayecto del afluente, proceso que corta los meandros y provoca el abandono, a veces progresivo, del canal, obliterando la asociación de facies.

El flujo helicoidal, propio de cauces de alta sinuosidad, al disminuir su velocidad sobre la barra interior provoca estos cambios en el tamaño de grano, formas del lecho y estructuras sedimentarias nombradas con anterioridad, generando además un elemento arquitectural característico denominado superficie de acreción lateral o estratificación cruzada ϵ , creado tras la consecutiva progresión del sedimento hacia el margen interno del meandro (Selley, 2000; Miall, 2006; Nichols, 2009; Arche, 2010) (Figura 5.6); estas superficies se reconocen en la sucesión de la Quebrada Los Pozos (Figura 3.6), siendo altamente diagnósticas de un ambiente dominado por un río meandriforme.

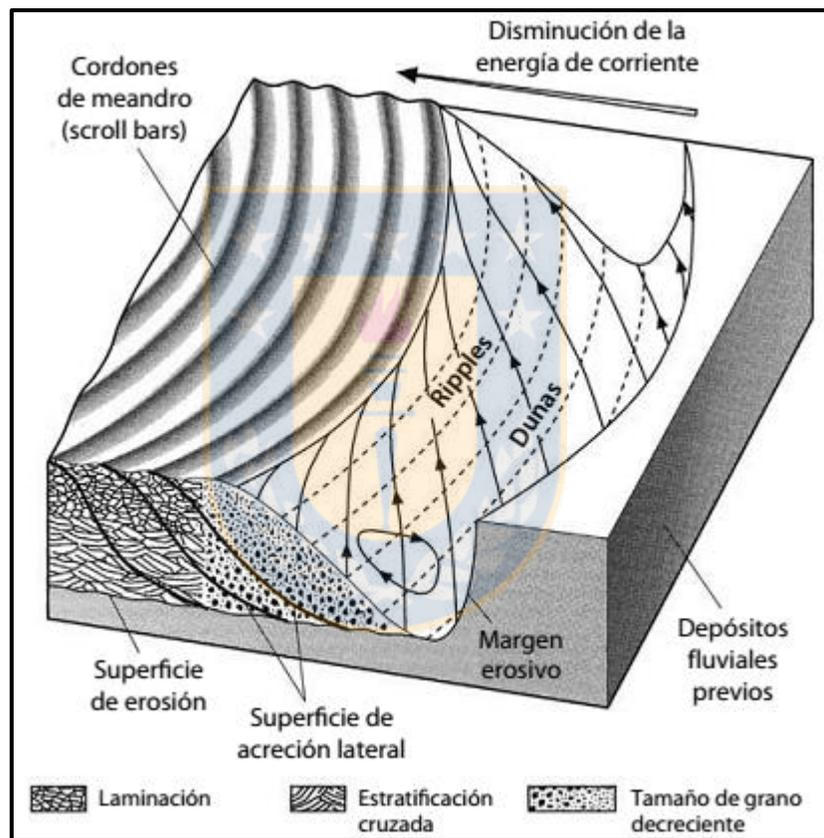


Figura 5.6. Helicoide que exhibe una trayectoria superficial hacia el margen externo (cóncavo), donde continúa con sentido descendente y un recorrido basal ascendente por el margen interno (convexo). Arche (2010).

Depósitos de la llanura de inundación

Consisten en niveles de granulometría fina, identificados en todas las localidades, que proporcionan información relevante sobre las condiciones de sedimentación que prevalecieron en las subcuencas triásicas; se encuentran mayoritariamente asociados a estructuras arenosas, por lo general,

dispuestos en paquetes granodecrecientes e intercalaciones. En este caso, la llanura de inundación (*floodplain*) se considera un subambiente de sistema fluvial meandriforme que preserva los depósitos formados tras desbordamientos importantes del cauce (Selley, 2000).

Comúnmente, cuando las aguas procedentes de estas inundaciones sedimentan la fracción fina que estaba en suspensión, se desarrollan niveles de decantación laminados o masivos de poco espesor, pero de extensión lateral que puede alcanzar fácilmente decenas y hasta cientos de metros (Arche, 2010); ejemplo de estos depósitos son la *facies de fangolita y arenisca muy fina, laminadas y con restos vegetales* (Fl) y la *facies de fangolita masiva* (Fm), las que pueden asociarse también a la *facies de fangolita a arenisca muy fina, con desarrollo de paleosuelo* (Fr) (Miall, 2006), ya que la llanura suele ser colonizada por vegetación, particularmente en climas húmedos (Arche, 2010), lo que explicaría, en parte, la conservación de improntas en todas las sucesiones.

Niveles como éstos se observan, en la sucesión de Quebrada Los Pozos, tramo QLP1-5, como asociación *Fm-Fl-Fm*, mientras que en el tramo QLP1-6, la facies *Fm* (con restos de flora fósil) cubre una asociación de *point bar* a modo de patrón ideal de acreción lateral-vertical, como el que modifica Arche (2010) (Figura 5.7). Por otra parte, en la columna levantada en la Quebrada del Salitre, tramo QS1-4, se describieron horizontes en asociación *Fm-Fl*, estos últimos con pequeños ripples indicando la disminución del régimen y, similarmente, en la sección de la Quebrada Paipote, tramo QP1-3, también se observan niveles asociados como *Fr-Fl*, siendo ambas agrupaciones, típicas de *floodplain*.

No obstante, este medio de sedimentación es especialmente dinámico y la llanura de inundación posee muchos elementos morfológicos adicionales generados por distintos procesos (Figura 5.8), de los cuales cabe señalar, además de los *fine floodplain deposits*, el desarrollado en las proximidades del sistema como consecuencia de la ruptura del dique (*levée*) ubicado junto al canal durante las avenidas, lo que provoca la canalización aguas afuera del sedimento arenoso y forma un cuerpo conocido como lóbulo de derrame (*crevasse splay*). En general, su base es plana, su techo levemente ondulado, posee una potencia que rara vez supera el metro y una extensión métrica, mostrando facies de mayor energía hacia la parte central, donde se pueden presentar las facies *Sh-Sm* (arenisca con laminación paralela y arenisca masiva), las que evolucionan lateralmente a estructuras de menor energía como *Sp* (arenisca con estratificación cruzada) y se asocian en la vertical a las facies *Fm*, *Fl* y *Fr* (Arche, 2010).

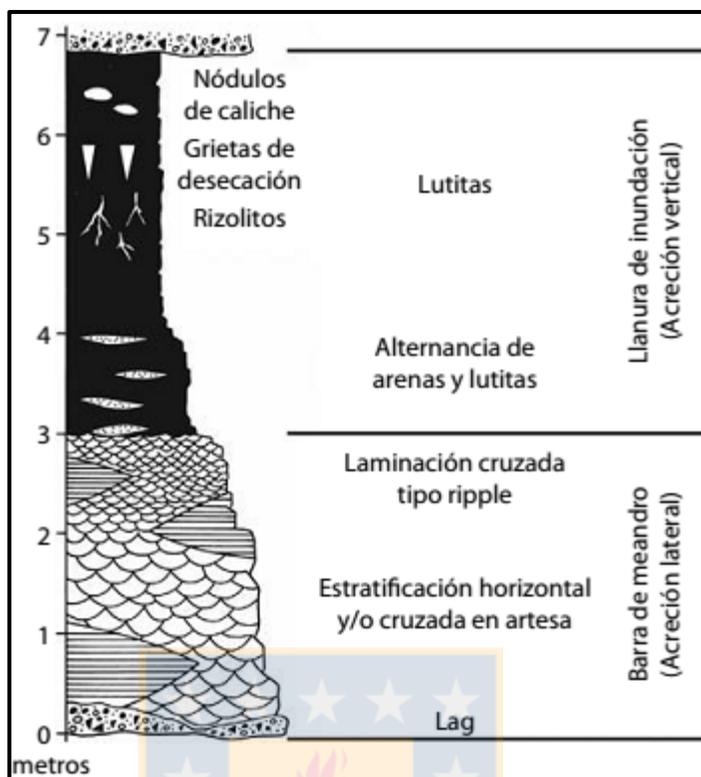


Figura 5.7. Modelo de secuencia granodecreciente característica de los depósitos de acreción lateral y vertical en ríos meandriformes (Arche, 2010).

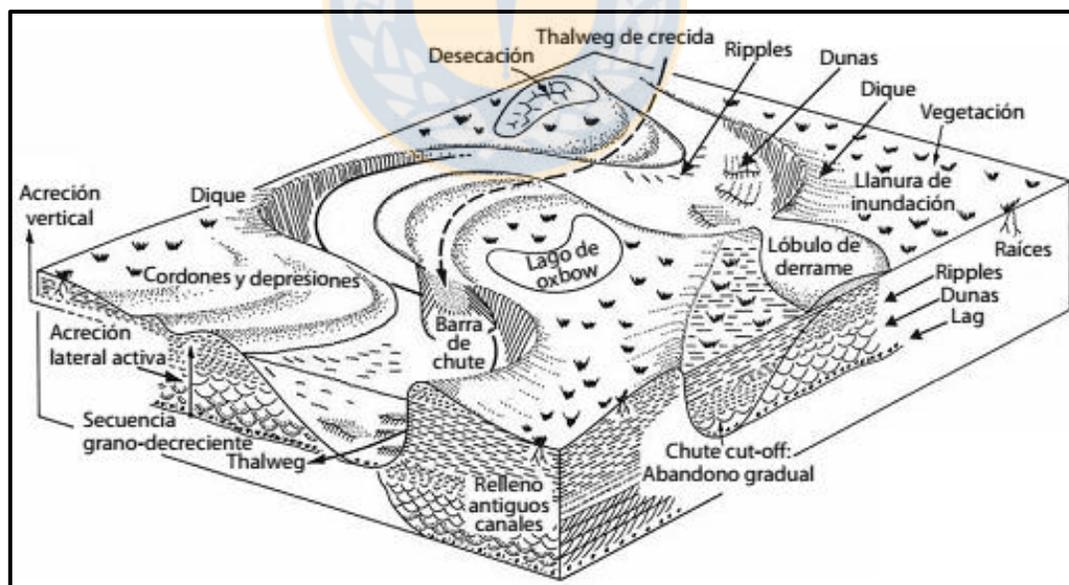


Figura 5.8. Bloque diagrama que muestra los principales elementos morfológicos de un sistema fluvial meandriforme (Walker, 1984; en Arche, 2010).

Si bien la morfología de los lóbulos no fue totalmente reconocida, lo que se atribuye probablemente a la mala preservación de las macroformas en los afloramientos, las facies *Sh* y *Sm* con bases planas

son abundantes en todas las localidades y en algunos tramos poseen un límite superior levemente irregular, encontrándose comúnmente delimitadas por depósitos finos de llanura de inundación tanto hacia la base como hacia techo. Asociaciones que podrían representar estos eventos se detallan en el levantamiento de Quebrada del Salitre, específicamente en el tramo QS1-3, como *Fl-Sh-Sm-Fl*, y en la columna de Quebrada Paipote, en particular en el primer tramo, como *Fl-Sh-Fl*.

Depósitos de canal en fase de abandono gradual

Allen (1965) propuso dos mecanismos a través de los cuales se suele producir el abandono de un canal meandriforme, ya sea de modo gradual o brusco (Figura 5.9), y según lo observado en las localidades, es muy probable que el primer proceso se haya registrado. Este último, conocido como *chute cut off* se desencadena cuando, después de una crecida, parte del flujo empieza a transcurrir por una de las depresiones (*swales*) situadas entre los cordones de meandro de la parte alta de la barra y, progresivamente, un mayor volumen de flujo se va trasladando a este nuevo canal (*chute canal*) con la consiguiente disminución gradual de la corriente en el antiguo canal principal, que se va abandonando progresivamente hasta quedar inactivo (Arche, 2010). Así, aparece un paquete de considerable espesor formado por arena con estructuras sedimentarias tractivas que indican una menor energía y en algunos casos, los niveles de arena alternan con episodios en los que el agua permanece estancada en el tramo del canal abandonado cada vez más prolongados, produciéndose depósitos de granulometría fina (Viseras y otros, 2006).

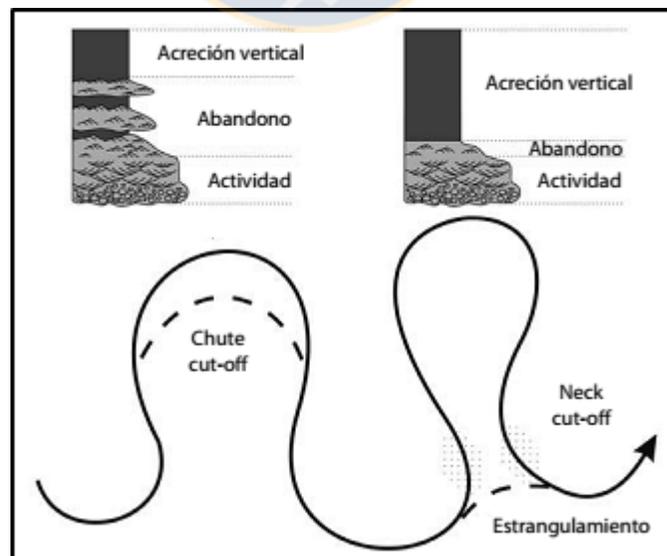


Figura 5.9. Modalidades de abandono de canales en cauces meandriformes y secuencias resultantes de su relleno progresivo (Arche, 2010).

Asociaciones representativas de esta evolución gradual se identifican en la columna de Quebrada Los Pozos, claramente en el tramo QLP1-3, por las facies *Sh-Fm-Sp-Fm-Sm*, donde los niveles de fangolita masiva (*Fm*) se hacen cada vez más potentes hacia techo y las estructuras arenosas sugieren un decrecimiento de la energía del flujo. Un escenario similar se observa en el levantamiento de Quebrada del Salitre, donde una secuencia de canal activo incompleta en el tramo QS1-4, del tipo *Sh-Sm-Fl*, es cubierta por una intercalación de arenisca y lutita que define una repetición de las facies *Sm-Fl* y *Sm-Fm*, en la que disminuye el espesor de los niveles de arenisca (tramo QS1-5). Por otro lado, en la Quebrada Paipote, se detalla una sección mayoritariamente desordenada, con asociaciones *Sh-Fl-Sm* (tramos QP1-3 y QP1-5) entre *Gh-Sh* y *Gh-Sm* (tramos QP1-4 y QP1-6), a modo de abandono de canal tras una secuencia incompleta de relleno que exhibe lags conglomerádicos (*Gh*) con bases erosivas.



6. DISCUSIÓN

6.1. Ambientes de sedimentación

Entre las escasas sucesiones triásicas que albergan flora gondwánica al sur del área de estudio, la más investigada corresponde a la parte alta del miembro sedimentario de Formación La Ternera, una potente sección que alcanzaría alrededor de 500 m de espesor en la zona de la Quebrada Paipote (Suárez y Bell, 1992) y donde se realizó un punto de trabajo complementario, detallado más adelante. En un afluente menor de esta hondonada, la Quebrada del Carbón, los autores describen una columna con proporciones similares de fangolita, arenisca y conglomerado, abundante en flora fósil, horizontes de carbón, paleosuelo y troncos fósiles *in situ*, información interpretada como llanuras de inundación pantanosas y vegetadas entre canales arenosos de un río entrelazado distal. Sin embargo, Blanco (1997), menciona que las facies fluviales y los depósitos de *floodplain* pertenecerían a un sistema de tipo meandriforme.

En la Quebrada La Cachivarita, tributaria también de la Quebrada Paipote, Herbst y otros (1998), tras el análisis sedimentológico de una sucesión plantífera que se encontraría en una posición estratigráfica inferior respecto al afloramiento de la Quebrada del Carbón, sugieren que la frecuente intercalación de sedimento fino, que preservó la paleoflora, con facies arenosas y conglomerádicas, indicaría un entorno lacustre somero a profundo próximo a un abanico aluvial, el cual habría generado corrientes poco encauzadas, como depósitos de múltiples canales y flujos en manto distales (*sheet floods*), que alcanzaron las inmediaciones del lago.

En esta investigación, tras la interpretación de las asociaciones de facies identificadas en la sección fosilífera detallada en un pequeño afluente de la Quebrada Paipote, paralelo a la Quebrada del Carbón (Figura 2.3), es posible señalar que la litología predominante, numerosos niveles de arenisca muy fina a fangolita, representaría depósitos de llanura de inundación que preservaron lentes lutíticos con abundante flora fósil, formas que tal vez correspondan a pequeñas depresiones donde se concentró la materia orgánica (*ponds*), y hasta un nivel de paleosuelo, relacionado a una zona vegetada. También, se observan ocasionales lags conglomerádicos con clastos imbricados y bases erosivas, indicativos de la incisión de canales fluviales, que gradan a estructuras arenosas intercaladas, mayoritariamente, con niveles de granulometría fina; esta evolución se interpreta como el abandono gradual de canales en un sistema meandriforme, tal como estipula Blanco

(1997), y que, posiblemente, generaría también esporádicos lóbulos de derrame en la llanura de inundación. Entonces, considerando los antecedentes expuestos con anterioridad, la sección se ubicaría en la parte alta del miembro sedimentario de Formación La Ternera, destacando además que sus cambios verticales y desordenados de facies han sido uno de los factores que sugieren un tectonismo activo durante la sedimentación (Suárez y Bell, 1992).

Más al norte, en cuanto al estudio de algunos afloramientos de Formación Quebrada del Salitre ubicados en las inmediaciones de la Quebrada Doña Inés Chica, Bell y Suárez (1991) señalan que las asociaciones de facies corresponderían a un sistema fluvial meandriforme, de pendiente suave, que atravesaba una llanura de inundación en un área cercana a un delta costero que, en el Jurásico temprano, fue inundado por la distintiva transgresión marina de esta región del Gondwana. Según lo registrado durante esta campaña en una columna de la mismísima Quebrada del Salitre, aledaña a la hondonada anterior, existiría una predominancia de abundantes niveles de lutita con improntas fósiles de pequeñas proporciones pero en buen estado de conservación, destacando también especímenes en posición de vida y la preservación de grandes tallos que exhiben poco o nulo transporte. Además se registran, en un tramo de la sección, niveles de arenisca con estructuras de alto régimen de flujo que decrecen en energía hacia techo, los que junto a una subsecuente intercalación con facies finas, expondrían el relleno incompleto y posterior abandono de un canal fluvial. A pesar de que la columna es poco potente y las asociaciones se encuentran cubiertas por paquetes masivos de arenisca que no entregan información relevante, lo más probable es que el ordenamiento del abundante material fino rico en materia orgánica y las areniscas fluviales, represente una llanura de inundación por donde un río meandriforme de carga esencialmente lutítica esbozó su trayectoria.

Los miembros sedimentarios con flora fósil de las formaciones anteriormente nombradas se hallan siempre sobreyaciendo o entre miembros volcánicos y/o volcanosedimentarios, y, en general, también registran niveles lávicos y piroclásticos. En contraste, considerando los datos composicionales de las rocas estudiadas en la Sierra Vaquillas Altas, localizada unos cien kilómetros al norte de la Quebrada del Salitre y, en una primera instancia, asociada al miembro inferior volcánico de la formación homónima (Venegas y otros, 2013), en particular el análisis microscópico de las areniscas CPV-15-346, CPV-15-362 y CPV-15-369 (Anexo I), se infiere que el aporte efusivo de composición ácida, derivaría principalmente de la roca subyacente, reconocida

como Formación La Tabla, y no así de la contribución de un volcanismo contemporáneo, lo que se puede respaldar además en la ausencia de estratos volcanogénicos, por lo menos, en la sucesión que marcaría el inicio de la sedimentación triásica en esta área.

Sin embargo, esta parte de la cuenca ha sido caracterizada por depósitos piroclásticos distales y flujos lávicos intermedios a ácidos (Venegas y otros, 2013), reconocidos en la Quebrada Los Pozos sobreyaciendo a la sucesión basal, aunque separados por una discordancia angular y subsecuentes fallas hacia el fondo de la hondonada debido a una compleja evolución estructural, donde se detalló en el marco de otro estudio, un nivel de toba con alto contenido de materia vegetal silicificada de tamaño milimétrico (CPV-15-348, Anexo I), sugiriendo una interacción de la flora del periodo con una importante actividad efusiva posterior relacionada a la morfología y forma de preservación de los restos (Figura 6.1).

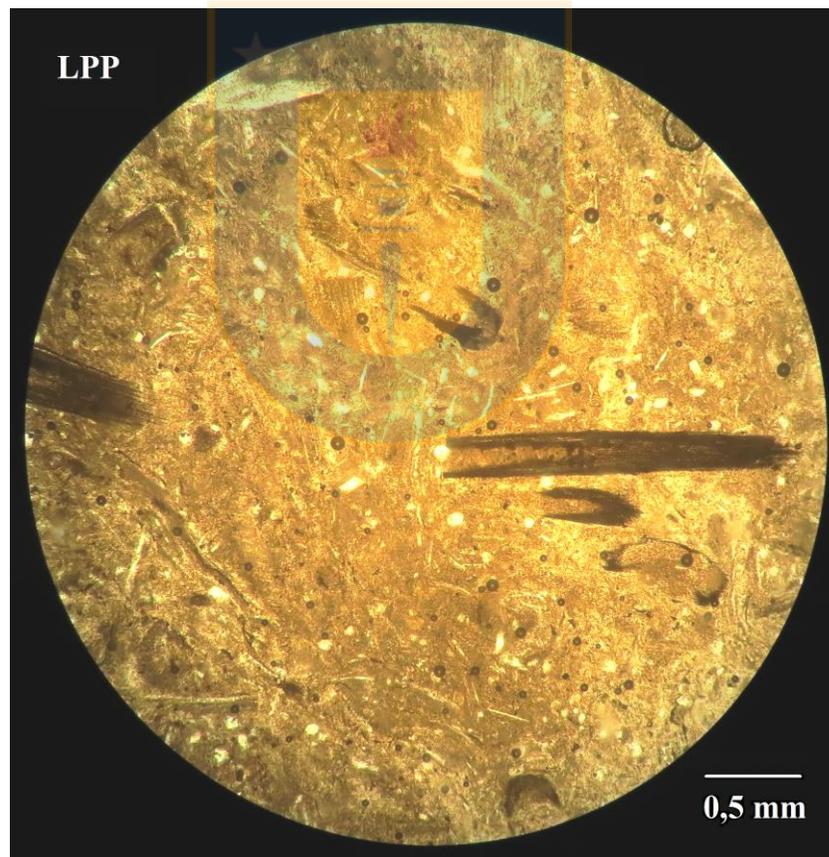


Figura 6.1. CPV-15-348. Mayoritariamente astillas y porciones de tallos silicificados en una toba lítica. Quebrada Los Pozos.

Por otra parte, cabe destacar que las sucesiones de Quebrada Paipote y Quebrada del Salitre poseen mayor cantidad de facies ricas en materia orgánica, como numerosos niveles de lutitas, y una

composición que contrasta con las muestras macro y microscópicas de la Quebrada Los Pozos, las cuales tienden a ser cuarcíferas. Entonces, es posible inferir que el retrabajo de los sedimentos que conforman estas areniscas fue mayor, siendo correcto asignarlas texturalmente como submaduras a maduras, mientras que composicionalmente se consideran bastante maduras por su alto contenido en cuarzo.

Ahora, al considerar los procesos que dieron origen a la sección estratigráfica del afluente principal de la Quebrada Los Pozos, se ha interpretado que su conglomerado basal, aislado del resto de la columna por un importante tramo cubierto, se habría generado por depósitos de abanico aluvial; estos niveles conglomerádicos estarían asociados a la apertura de la subcuenca Sierra de Varas (*Sierra de Varas sub-basin*), y también estarían registrados en unidades del margen este del área (Espinoza y otros, en prensa). La asociación de facies característica de esta sucesión está representada por una típica secuencia granodecreciente de *point bar*, la que además conserva de manera sobreimpuesta superficies de acreción lateral sigmoidales, altamente diagnósticas de un cauce meandriforme; además, se observan niveles intercalados de arenisca y fangolita, con una gradación y estructuras particulares que evidencian el depósito formado por el abandono progresivo de un canal. Estos eventos deposicionales se encuentran entre niveles de fangolitas identificados como *fine floodplain deposits* clásicos de un sistema fluvial meandriforme, los que preservaron una exclusiva macroflora fósil. Variablemente se constatan también esporádicos *crevasse splays* que habrían depositado parte de paleoflora en la planicie de inundación adyacente al río, indicando una posible naturaleza efímera de este, condicionada, tal vez, a un clima estacional.

Finalmente, tomando en cuenta las diferencias entre esta localidad y las expuestas con anterioridad, es altamente probable que esta sucesión *sinrift* represente un entorno medianamente distinto, donde figuraría un cauce meandriforme con carga tractiva dominada por arena muy fina y fango, alejado de la fuente volcánica y/o con ausencia de actividad extrusiva coetánea y con el desarrollo de una flora bastante particular, como se plantea con posterioridad. De hecho, tomando en cuenta el estudio las múltiples sucesiones triásicas registradas durante este proyecto en las sierras de la precordillera, cabe destacar que se ha planteado la reasignación de los afloramientos ubicados en la parte sur de la subcuenca Sierra de Varas (Espinoza y otros, en prensa), asociados previamente a la Formación Quebrada del Salitre (Venegas y otros, 2013), a la Formación Sierra de Varas (Marinovic y otros, 1995; Contreras, 2014), los que incluirían la sección de la Quebrada Los Pozos.

Esto último, debido a que tras el análisis de las asociaciones de facies expuestas en otra área de la Sierra Vaquillas se reporta la presencia de un ambiente lacustre, el cual no se encuentra en la localidad tipo de la Formación Quebrada del Salitre (Naranjo y Puig, 1984), argumento que se suma a la ausencia de las típicas rocas volcánicas de composición ácida, al rango de edad que es más joven que una significativa porción de la formación puesta en duda, y a su ubicación en un depocentro estructuralmente separado (Espinoza y otros, en prensa).

6.2. Paleobotánica, paleoclima y paleogeografía

Las evidencias expuestas en la única investigación de la región que permite realizar inferencias sobre clima y geografía a través de un análisis paleoflorístico, es la desarrollada para la Formación Quebrada del Salitre en la Quebrada Doña Inés Chica por Herbst y Troncoso (2012), siendo coincidentes en señalar que las características de la flora apuntan al dominio de un clima con al menos una estación de sequía en un ambiente meso o xeromórfico, es decir, netamente árido o estacional, este último, con lluvias concentradas en invierno y un verano prácticamente sin precipitaciones. Particularmente, en esta localidad y en el área de estudio, las numerosas morfologías foliares tipo *Cycas*, inclinan a pensar en condiciones más bien cálidas; por otra parte, la flora complementaria de la Quebrada del Salitre y Quebrada Paipote, ha sido descrita como poseedora de caracteres adaptativos propios de plantas meso a xeromórficas y de climas estacionales, algunas de éstas, ligadas a áreas más costeras del Gondwana Triásico.

Adicionalmente, Suárez y Bell (1987), quienes han realizado estudios en las distintas formaciones triásicas a cretácicas de esta parte del norte de Chile, convienen que la presencia de evaporitas continentales y costeras, junto con una serie distintiva de facies sedimentarias, indicarían que condiciones semiáridas a áridas prevalecieron en esta área durante el lapso Triásico Superior a Cretácico Inferior; las inferencias climáticas realizadas se reducen a temperaturas de climas subtropicales, los cuales podrían dar cuenta de todas las consideraciones ya señaladas. En esto también coinciden Artabe y otros (2003), argumentando la necesaria división de la gran unidad triásica de primer rango conocida como la “Flora de *Dicroidium*”, en dos unidades de segundo rango o subunidades denominadas las áreas tropical y extratropical, caracterizadas respectivamente por las Microfloras de Onslow e Ipswich, y a su vez, esta última separada en dos provincias designadas como del sureste y suroeste de Gondwana (Figura 6.2), donde la flora del margen oeste del supercontinente coexistiría bajo un clima subtropical seco.

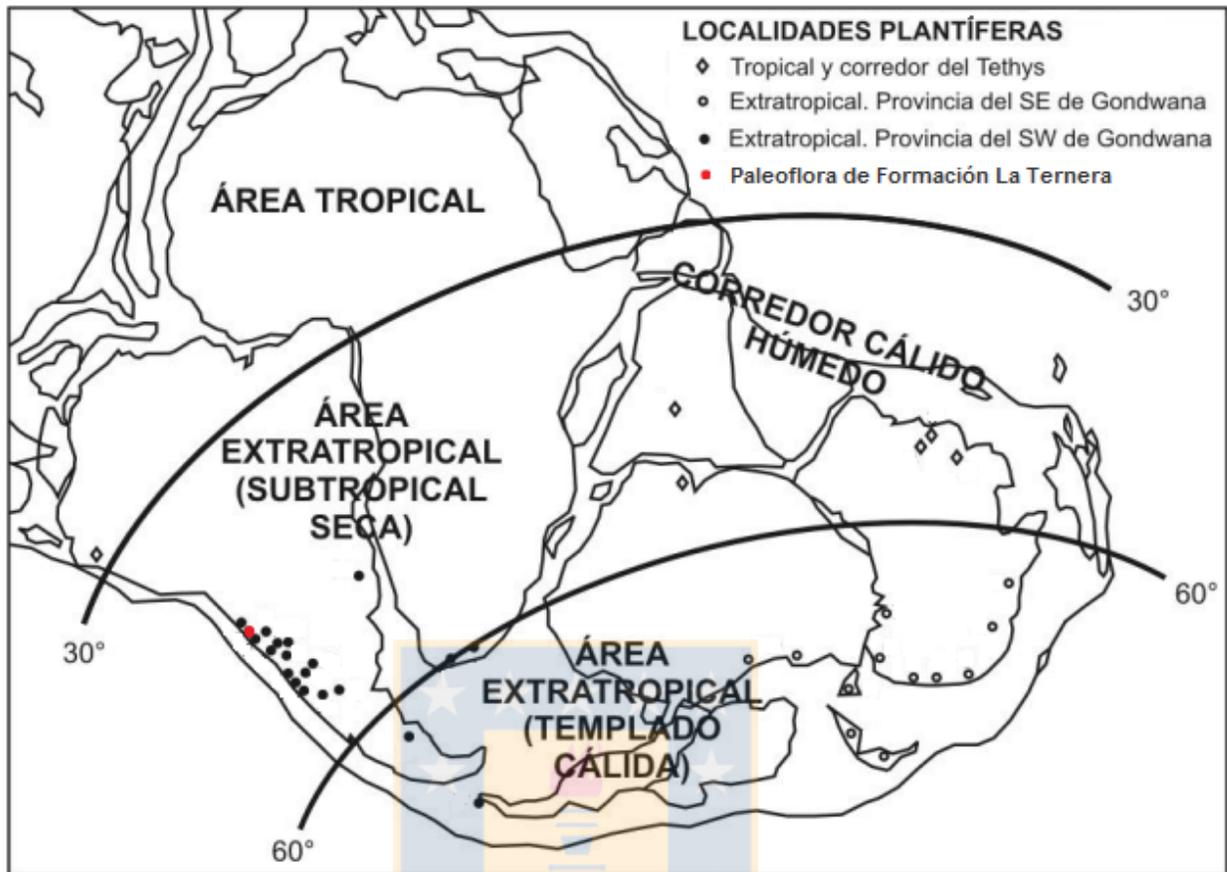


Figura 6.2. Unidades fitogeográficas del Reino Triásico Gondwánico; áreas, provincias y localidades plantíferas. Modificado de Artabe y otros (2003).

Es probable que el tipo de vegetación del punto geográfico estudiado, en contraste a las otras localidades fosilíferas, además de responder esencialmente a diferencias del tipo climático, condicione también sus caracteres adaptativos a variaciones en el microrelieve, lo que significaría cambios en la humedad del ambiente, en el aporte de agua al medio y en la energía de sedimentación, principalmente. Así como hoy en día muchas formas arbustivas y arbóreas de una especie manifiestan diversificaciones foliares en base a las determinaciones susodichas, tanto de mar a cordillera como a diferentes latitudes del margen sudamericano, a lo largo del borde continental en el SW de Gondwana también se generaban múltiples microclimas en los distintos depocentros, y por ende numerosos espacios para una dinámica expresión florística en los parajes Triásicos.

Es sabido, además, que la gran cuenca pre-Andina de esta latitud es denominada “La Ternera-El Profeta” (Charrier y otros, 2007), sin embargo, abarca una gran extensión que escapa a los límites de las diferentes subcuencas que por sí solas poseen límites internos y particularidades únicas,

como la existencia de claras diferencias entre la flora de la Sierra Vaquillas Altas y la flora de los depósitos del Triásico Superior más cercanos, como el sobresaliente tamaño de algunas Cycadophyta del primero, condicionado tal vez a las barreras geomorfológicas establecidas por los depocentros, un valle o a simples variaciones en el microrelieve de una pequeña zona. Cabe destacar que la especie *Pterophyllum valdivianum*, definida para la Formación Tralcán más de dos mil kilómetros al sur y reconocida en los niveles fosilíferos de la Quebrada Los Pozos, no expone diferencias significativas a pesar de la distancia entre las localidades, salvo las observadas en algunas hojas que exhiben pinnas unos milímetros más grandes, además de la simbiosis con otras especies de grandes dimensiones, lo que puede asociarse a los parámetros antes nombrados y/o a la mayor cercanía del grupo al área tropical gondwánica.

Es importante mencionar que las *Cycas* que componían esta paleocomunidad manifiestan escasas similitudes con las registradas también en este trabajo en la Quebrada del Salitre y con las estudiadas por Herbst y Troncoso (2012) en la Quebrada Doña Inés Chica, como se ha detallado con anterioridad. No obstante, definitivamente destacan por su tamaño promedio y relación con nuevos componentes para este orden, a lo menos una nueva especie, clasificada preliminarmente como *Pterophyllum* sp. *b*, una hoja de grandes dimensiones y pinnas parcialmente ensambladas, cubiertas a lo largo por una definida y densa venación paralela (Figura 6.3); su definición podría permanecer a la espera del hallazgo de más ejemplares.

6.3. Edad

Tras la minuciosa revisión del material fosilífero, expuesta en el apartado de paleobotánica, se torna útil elaborar una tabla interpretativa que considere las edades relativas de cada taxón estudiado (Tabla 6.1), las que fueran referidas por algunos investigadores de flora gondwánica citados con anterioridad, con el fin de acotar la edad de los niveles plantíferos del Triásico con mayor precisión. Entonces, se observa que la superposición de los biocrones de los géneros y especies reconocidos en el área de la Sierra Vaquillas Altas limitaría a la flora a un lapso ubicado dentro de la última época del periodo, indicando probablemente un inicio de la sedimentación en el fértil ambiente que representa la sucesión basal de la Formación Quebrada del Salitre dentro del lapso Cárnico-Nórico. Los antecedentes fosilíferos revisados para las regiones de Antofagasta y Atacama que entregan información cronoestratigráfica, concretamente los que señalan la existencia de paleoflora en la

franja dominada por la Cordillera de Domeyko, incluyen ciertos estudios de principal interés, como los desarrollados en las proximidades de Cerro La Ternera (Herbst y otros, 1998) y de la Quebrada Doña Inés Chica (Herbst y Troncoso, 2012), además cabe considerar lo derivado de la campaña realizada en la Quebrada del Salitre y los datos que proporcionan otras unidades ubicadas más al norte, como la Formación Pular (Niemeyer y otros, 2008). Todas estas rocas revelan una edad acotada al Triásico Superior, atribuida a su posición estratigráfica, contenido fósil y dataciones radiométricas, asimismo se correlacionan o pertenecen a la Formación Quebrada del Salitre y poseen elementos florísticos en común, respaldando el rango estratigráfico propuesto para la sucesión descubierta en la Quebrada Los Pozos.

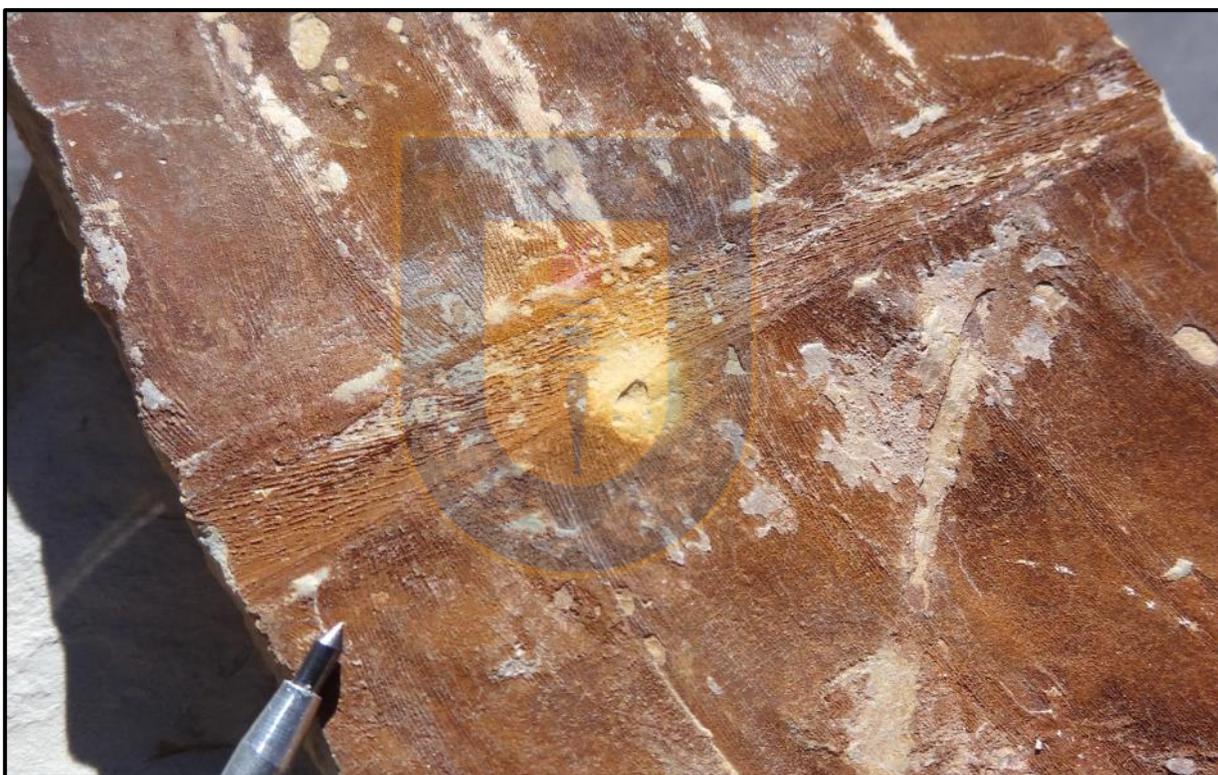


Figura 6.3. Acercamiento a la detallada impronta de *Pterophyllum* sp. b.

Preliminarmente, si bien se evaluó el potencial cronoestratigráfico del material recolectado, no fue posible atribuirle una posición específica dentro del Triásico Superior, aunque indudablemente la flora pertenecería a esta época (Herbst, R., comunicación personal, 2017); efectivamente, como se estableció con anterioridad, la abundante presencia de formas que componen con frecuencia floras jurásicas, como *Pterophyllum* (Artabe y otros, 2003), suponen una ubicación alta dentro del Triásico (Troncoso y Herbst, 2009). Sin embargo, tras la completa clasificación de las muestras y

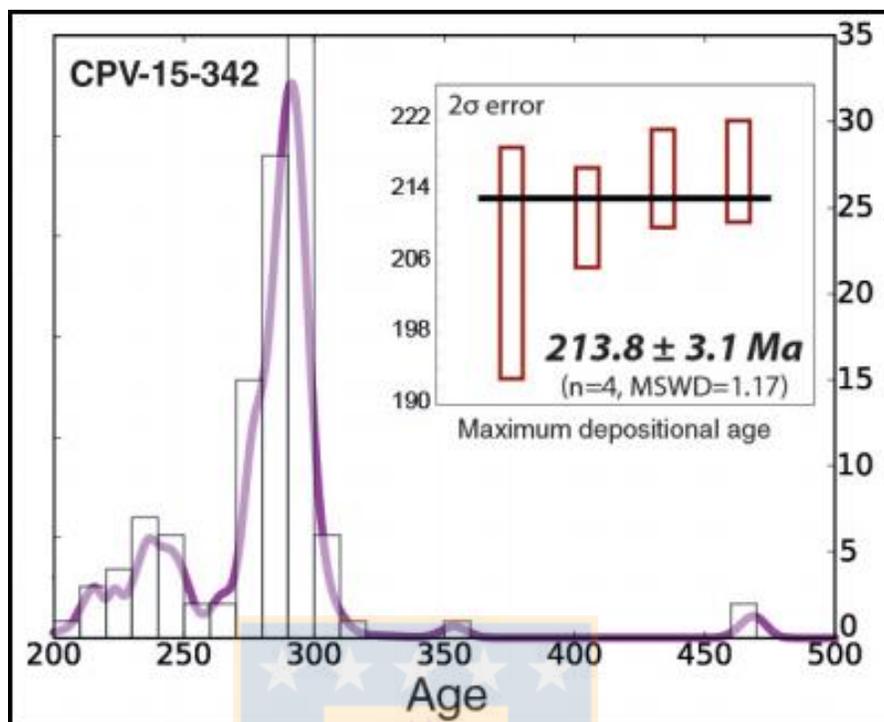


Figura 6.4. Muestra CPV-15-342. Edades radiométricas U-Pb en circones detríticos, Modificado de Espinoza y otros (en prensa).

7. CONCLUSIONES

Se presenta el descubrimiento de una nueva localidad fosilífera ubicada en la Sierra Vaquillas Altas, serranía que constituye parte de la Cordillera de Domeyko en la Región de Antofagasta, donde se detallan sucesiones que preservan abundantes improntas de flora gondwánica. Su importancia radica en la ausencia de material fosilífero continental registrado en la carta geológica del área y alrededores, como también en la información litoestratigráfica, cronoestratigráfica, paleoambiental y paleogeográfica que derivó de la caracterización de las rocas triásicas y del estudio de su contenido paleontológico.

Además, hacia el sur se describe una nueva sucesión fosilífera en la Quebrada del Salitre, hondonada localizada en las inmediaciones de la Sierra Exploradora, para la cual existían antecedentes de restos vegetales triásicos en la carta geológica correspondiente, pero no una mención taxonómica que clasificara los elementos florísticos que componían el material. Los datos extraídos de su análisis fueron un buen complemento para efectuar comparaciones con la localidad descubierta al norte y con la reconocida también en la campaña investigativa desarrollada dentro de los límites del Cerro La Ternera, Región de Atacama.

En la localidad de Quebrada Los Pozos, ubicada en la Sierra Vaquillas Altas, entre las numerosas impresiones vegetales se reconocieron tres géneros que corresponden a *Neocalamites*, *Pterophyllum* y *Dicroidium*, además de seis especies clasificadas como *Pterophyllum valdivianum*, *Pterophyllum* cf. *azcaratei*, *Dicroidium odontopteroides*, *Dicroidium* cf. *crassum*, *Heidiphyllum elongatum* y *Cladophlebis* cf. *mendozaensis*. Adicionalmente, en base a una serie de características incomparables con otras especies del género detalladas en la literatura, como su gran tamaño, morfología y detalles foliares, se describe un nuevo elemento para el orden Cycadopsidae definido preliminarmente como *Pterophyllum* sp. *b*, el que tal vez descansa a la espera de la recolección de más ejemplares para una completa caracterización de sus estructuras vegetativas.

En el trabajo de campo realizado en la Quebrada del Salitre, ubicada también en la franja cordillerana de Domeyko, se registraron múltiples improntas que se asignan a tres géneros correspondientes a *Neocalamites*, *Pterophyllum* y *Dicroidium*, también se identificó la especie *Cladophlebis* cf. *kurtzi*, algunos elementos del orden Ginkgoales y fructificaciones asociadas a pteridospermas. Por otra parte, en la localidad de Quebrada Paipote, área de Cerro La Ternera, se

confirmó la existencia de los géneros *Neocalamites*, *Cladophlebis*, *Taeniopteris*, *Dictiophyllum* y *Ginkgoites*, la presencia de las especies *Heidiphyllum elongatum*, *Cladophlebis mendozaensis* y *Asterotheca rigbyana*, como también ejemplares de Ginkgoales.

La caracterización litoestratigráfica y el análisis de facies realizado para la sucesión del afluyente principal de la Quebrada Los Pozos, indican un ambiente de sedimentación representado por un sistema fluvial meandriforme, que poseería un cauce de carga tractiva dominada por arena fina y fango, asociado a una llanura de inundación donde se preservó abundante paleoflora de grandes dimensiones y posiblemente ocasionales *crevasse splays*.

En contraste, tras lo observado en la sucesión expuesta en las inmediaciones de la Quebrada del Salitre, las asociaciones de facies corresponderían con un río meandriforme de carga esencialmente lutítica que durante las crecidas habría inundado una llanura que preservó improntas de menor tamaño y hasta tallos en posición de vida, señalando una acción mecánica de menor energía en el ambiente de sedimentación. Además, los trabajos anteriores realizados al sur en la Quebrada Doña Inés Chica y en la Quebrada La Cachivarita, también dan cuenta de que la naturaleza de los medios sedimentarios y sus paleocomunidades eran sustancialmente diferentes, generalmente de un tamaño promedio considerablemente menor respecto a la sucesión ubicada en la Quebrada Los Pozos; las diferencias en la paleobotánica suman un argumento más a favor de la reasignación de esta unidad, referida en la discusión, a la Formación Sierra de Varas.

La paleoflora descrita para las formaciones del Triásico Superior ha sido referida como poseedora de caracteres adaptativos propios de plantas que subsisten en climas estacionales y, particularmente, las morfologías foliares tipo *Cycas* como características de condiciones más bien cálidas. Además, en algunas sucesiones correlacionables cronoestratigráficamente, la presencia de evaporitas costeras y continentales han inclinado a los investigadores a pensar en la predominancia de ambientes áridos a semiáridos en estas latitudes; sin embargo, la arquitectura de las Cycadophyta descubiertas en la Quebrada Los Pozos, como su mayor área foliar y, por ende, menor borde relativo, sugiere adaptaciones a entornos no tan secos. De todas maneras, dentro de las unidades fitogeográficas del denominado Reino Triásico Gondwánico, la provincia que abarca el margen suroeste del supercontinente se ha asignado como de clima subtropical seco, conocida como el área extratropical del norte de Gondwana, lo que es coincidente con la información climática derivada de los análisis litológicos y paleoflorísticos referenciados.

Es difícil ubicar paleogeográficamente a los estratos que albergan flora triásica en la Sierra Vaquillas Altas, no obstante, se sabe que la sucesión principal está localizada en la parte sur de la subcuenca de Sierra de Varas, la naturaleza de sus depósitos volcánicos indica una distancia considerable al frente efusivo y sus asociaciones florísticas no esclarecen la proliferación de las mismas en un sitio en específico, pero la mayoría de las *Cycas*, en general y basándose en el comportamiento actual del grupo, crecen en suelos muy delgados y arenosos de bosques abiertos, matorrales esclerófilos y sabanas, muchas veces en áreas más cercanas a la costa; su ambiente de sedimentación respalda, en parte, esta información.

Tras la identificación paleontológica de los diferentes taxones, se confirma mediante la comparación con otras floras triásicas del norte de Chile, que la paleocomunidad reconocida en la Quebrada Los Pozos sin duda alguna pertenece al Triásico Superior y, además, se le asigna una edad relativa a través de la construcción de un biocrón, acotando el lapso al rango Cárnico-Nórico. Adicionalmente, una datación radiométrica U-Pb en circones detríticos de una arenisca localizada en la sección basal de la sucesión, indica una edad máxima de depositación para este nivel de 214 ± 3 Ma, permitiendo la corrección del rango señalado con anterioridad, de manera que la sedimentación de las secciones fosilíferas ubicadas hacia techo, habría acontecido como máximo a mediados del Nórico.

8. REFERENCIAS

ALLEN, J. R. L. 1965. Finning upward cycles in alluvial successions. *Geology Journal*. Vol. **4**: 229-246.

ÁLVAREZ, P. 2003. Análisis litofacial de la Formación Las Bateas *Nov. Nom.* (Triásico tardío-Jurásico temprano) en la región de Pedernales. Congreso Geológico Chileno, N° 10. Actas **2**: 6-10. Concepción.

ANDERSON, J. M. Y ANDERSON, H. M. 1989. Paleoflora of Southern Africa, Molteno Formation (Triassic). Vol. 2. Gymnosperms (excluding *Dicroidium*). A. A. Balkema (ed.). Postbus: 567 pp. Rotterdam.

ARCHE, A. 2010. Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria. A. Arche (ed.). Consejo Superior de Publicaciones Científicas: 1287 pp. Madrid.

ARDILL, J. 1996. Sequence stratigraphy of the Mesozoic Domeyko basin, northern Chile. PhD Thesis. University of Liverpool (inédito): 245 pp., Liverpool.

ARDILL, J.; FLINT, S.; CHONG, G. Y WILKE, H. 1998. Sequence stratigraphy of the Mesozoic Domeyko Basin, northern Chile. *Journal of the Geological Society*. Vol. **155**: 71-88.

ARRIAGADA, C.; ROPERCH, P.; MPODOZIS, C. Y FERNÁNDEZ, R. 2006. Paleomagnetism and tectonics of the southern Atacama Desert (25-28°S), northern Chile. *Tectonics*. Vol. **25** (4): 4001-4026.

ARTABE, A. E.; MOREL, E. M. Y SPALLETTI, L. A. 2001. Paleoecología de las floras triásicas argentinas. El Sistema Triásico de Argentina. A. E. Artabe, E. M. Morel y A. B. Zamuner (eds.). Fundación Museo de La Plata "Francisco Pascasio Moreno": 365 pp. La Plata.

ARTABE, A. E.; MOREL, E. M. Y SPALLETTI, L. A. 2003. Caracterización de las Provincias Fitogeográficas Triásicas del Gondwana Extratropical. *Ameghiniana*. Vol. **40**: 387-405. Buenos Aires.

- ARTABE, A. E.; MOREL, E. M.; GANUZA, D. G.; ZAVATTIERI, A. M. Y SPALLETTI, L. A. 2007. La paleoflora triásica de Potrerillos, provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*. Vol. **44**: 279-301. Buenos Aires.
- BELL, C. M. Y SUÁREZ, M. 1991. Late Triassic fluvial and marine shelf succession in Quebrada Doña Inés Chica, Atacama Region, northern Chile. *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **4**: 286-293.
- BLANCO, N. 1997. Formación La Ternera: ambientes depositacionales fluviales. Triásico Superior, III Región de Atacama, Chile. Congreso Geológico Chileno, N° 8. Actas **1**: 445-449. Antofagasta.
- BOMFLEUR, B.; ESCAPA, I. H.; SERBET, R.; TAYLOR, E. L. Y TAYLOR, T. N. 2013. A reappraisal of *Neocalamites* and *Schizoneura* (fossil Equisetales) based on material from the Triassic of East Antarctica. *Alcheringa*. Vol. **37**: 349-365.
- BRÜGGEN, J. 1950. Fundamentos de la Geología de Chile. J. Brügggen (ed.). Instituto Geográfico Militar: 374 pp. Santiago.
- CAWOOD, P. A. Y BUCHAN, C. 2007. Linking accretionary orogenesis with supercontinent assembly. *Earth Science Reviews*. Vol. **82**: 217-256.
- CHARRIER, R. 1979. El Triásico en Chile y regiones adyacentes de Argentina. *Comunicaciones, Departamento de Geología, Universidad de Chile*. Vol. **26**: 1-37. Santiago.
- CHARRIER, R.; PINTO, L. Y RODRÍGUEZ, M. P. 2007. Tectonostratigraphic evolution of the Andean Orogen in Chile. *The Geology of Chile*. Moreno, T. y Gibbons, W. (eds.). The Geological Society: 395 pp. London.
- CHONG, G. 1973. Reconocimiento Geológico del área Catalina-Sierra de Varas y estratigrafía del Jurásico del Profeta, provincia de Antofagasta. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología (inédito): 284 pp., Santiago.
- CHONG, G. Y HILLEBRANDT, A. V. 1985. El Triásico preandino de Chile entre los 23°30' y 26°00' de Lat. Sur. Congreso Geológico Chileno, N° 1. Actas **1**: 162-210. Santiago.

COLOMA F.; CREIXELL C. Y SALAZAR E. 2013. Arc development during continuous subduction from Carboniferous to Triassic: evidence from geochemistry of intrusive rocks in Vallenar Cordillera (El Tránsito Valley), Andes of northern Chile. International Geological Congress on the Southern Hemisphere, N° 4. Actas **1**: 281-299. Viña del Mar.

CONTRERAS, J. F. 2014. Estratigrafía de la Formación Sierra de Varas, Cordillera de Domeyko, Región de Antofagasta, entre las coordenadas 7.273.103-7.268.892 m N; 481.320-482.290 m E. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad Católica del Norte, Departamento de Ciencias Geológicas (inédito): 105 pp., Antofagasta.

CORNEJO, P. Y MPODOZIS, C. 1996. Geología de la Región de Sierra Exploradora (25°-26° Lat. S). 12 mapas, escala 1:50:000. Servicio Nacional de Geología y Minería-CODELCO: 280 pp. Santiago.

CORNEJO, P.; MPODOZIS, C.; RAMÍREZ, C. F. Y TOMLINSON, A. J. 1993. Estudio geológico de la región de Potrerillos y El Salvador (26-27° Lat. S). 12 mapas, escala 1:50:000. Servicio Nacional de Geología y Minería-CODELCO: 258 pp. Santiago.

CORNEJO, P.; MPODOZIS, C.; RIVERA, O. Y MATTHEWS, S. 2009. Carta Exploradora, Regiones de Antofagasta y Atacama. 1 mapa, escala 1:100.000. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 119: 100 pp. Santiago.

CORNEJO, P.; LATORRE, J. J.; MATTHEWS, S.; MARQUARDT, C.; TOLOZA, R.; BASSO, M.; RODRÍGUEZ, J. Y ULLOA, C. 2006. U/Pb and 40Ar/39Ar Geochronology of volcanic and intrusive events at the Mantos Blancos Copper Deposit, II región, Chile. Congreso Geológico Chileno N° 2, Actas **11**: 223-226. Arica.

DAVIDSON, J. Y GODOY, E. 1976. Observaciones sobre un perfil geológico de los Andes chilenos en la latitud 25°40' Sur. Congreso Geológico Argentino, N° 6, 1975. Actas **6**: 69-87. Buenos Aires.

DU TOIT, A. L. 1927. The fossil flora of the upper Karroo Beds. *Annals of the South African Museum*. Vol. **22**: 289-420.

ESPINOZA, M.; MONTECINO, D.; OLIVEROS, V.; ASTUDILLO, N.; VÁSQUEZ, P.; REYES, R.; CELIS, C.; GONZÁLEZ, R.; CONTRERAS, J.; CREIXELL, C. Y MARTÍNEZ A. (En prensa). Elucidating the synrift architecture of the early Domeyko Basin (Triassic, northern Chile): A long-lived inheritance for the Meso-Cenozoic evolution of the South-American margin. *Basin Research*.

FOLK, R. 1968. Petrology of sedimentary rocks. R. Folk (ed.). Hemphill Publishing Company: 170 pp. Austin.

GARCÍA, F. 1967. Geología del Norte Grande de Chile. Symposium sobre el Geosinclinal Andino, Sociedad Geológica de Chile, N° 3. Actas **1**: 1-138. Santiago.

GNAEDINGER, S. 1999. La flora triásica del Grupo El Tranquilo, Provincia de Santa Cruz (Patagonia). Parte VII: Cycadophyta. *Revista de la Asociación Paleontológica Argentina* (Publicación Especial). Vol. **6**: 28-33. Mendoza.

HARRINGTON, H. 1961. Geology of parts of Antofagasta and Atacama provinces of northern Chile. American Association of Petrology. *Geology Bulletin*. Vol. **45** (2): 169-197.

HERBST, R. Y TRONCOSO, A. 2000. Las Cycadophyta del Triásico de las formaciones La Ternera y El Puquén (Chile). *Ameghiniana*. Vol. **37**: 283-292. Buenos Aires.

HERBST, R. Y TRONCOSO, A. 2012. La flora Triásica de la Quebrada Doña Inés Chica, Región de Atacama, Chile. *Gaea, Journal of Geoscience*. Vol. **8** (2): 55-66. San Leopoldo.

HERBST, R.; TRONCOSO, A. Y MELCHOR, R. 1998. Las Pteridophyta y el paleoambiente de la parte media de la Formación La Ternera (Triásico Superior) en la Quebrada La Cachivarita, III Región, Chile. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **25**: 85-107. Santiago.

HERBST, R.; TRONCOSO, A. Y MUÑOZ, J. 2005. Las tafofloras triásicas de la región de Los Lagos, Xma Región, Chile. *Ameghiniana*. Vol. **42**: 377-394. Buenos Aires.

JENSEN, O. 1976. Geología de las Nacientes del Río Copiapó, Entre los 27°53' y 28°30' Latitud Sur, Provincia de Atacama, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Universidad de Chile, Departamento de Geología (inédito): 176 pp., Santiago.

KAY, S. M.; RAMOS, V. A.; MPODOZIS C. Y SRUOGA P. 1989. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwana margin: Analogy to middle Proterozoic in North America?. *Geology*. Vol. **17**: 324-328. Boulder.

LEPPE, M. 2005. Paleobotánica del Triásico del Valle Inferior del Río Biobío, Región del Biobío, Chile. Tesis para optar al Grado de Doctor en Ciencias Biológicas Área de Especialización Botánica. Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas (inédito): 151 pp. Concepción.

LEPPE, M. Y MOISAN, PH. 2003. Revisión de las Cycadales y Cycadeoidales del Triásico Superior del Río Biobío, Chile. *Revista Chilena Historia Natural*. Vol. **76**: 475-484. Santiago.

LLAMBÍAS, E. J. 1999. Las rocas ígneas gondwánicas 1. El magmatismo gondwánico durante el Paleozoico Superior-Triásico. Caminos, R. N. (ed.). Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. *Anales* **29**: 349-363. Buenos Aires.

LLAMBÍAS, E. J. Y SATO, A. M. 1990. El Batolito de Colangüil, cordillera frontal de Argentina: Estructura y marco tectónico. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **17** (1): 89-108.

LLAMBÍAS, E. J.; KLEIMAN, L. E. Y SALVARREDI, J. A. 1993. El Magmatismo Gondwánico. En Geología y Recursos Naturales de Mendoza. Congreso Geológico Argentino, N° 12. *Actas* **3**: 53-64. Mendoza.

MARINOVIC, N. 2007. Carta Oficina Domeyko, Región de Antofagasta. 1 mapa, escala 1:100.000. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 105: 41 pp. Santiago.

MARINOVIC, N.; SMOJE, I.; HERVÉ, M. Y MPODOZIS, C. 1995. Hoja Aguas Blancas. 1 mapa, escala 1:250.000. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile 70: 150 pp. Santiago.

MIALL, A. D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*. Vol. **22**: 261-308.

MIALL, A. D. 2006. *The Geology of Fluvial Deposits*. A. D. Miall (ed.). Springer: 582 pp. Berlin.

- MPODOZIS, C. Y DAVIDSON, J. 1979. Observaciones tectónicas en la Precordillera de Copiapó: El sector de Puquios, Sierras de La Ternera y Varillar. Congreso Geológico Chileno, N° 2. Actas **1**: 111-145. Arica.
- MPODOZIS, C. Y KAY, S. 1990. Provincias magmáticas ácidas y evolución tectónica de Gondwana: Andes chilenos (28-31°S). *Revista Geológica de Chile*. Vol. **17** (2): 153-180. Santiago.
- MPODOZIS, C. Y KAY, S. 1992. Late Paleozoic to Triassic evolution of the pacific Gondwana margin: evidence from Chilean frontal Cordilleran batholiths. *Geological Society of America*. Vol. **104**: 999-1014.
- MPODOZIS, C. Y RAMOS, V. 1989. The Andes of Chile and Argentina. Geology of the Andes and its relation to hydrocarbon and mineral resources. Circumpacific Council for Energy and Mineral Resources. *Earth Science Series*. Vol. **11**: 59-90.
- MPODOZIS, C.; MARINOVIC, N.; SMOJE, I. Y CUTIÑO, L. 1993. Estudio geológico estructural de la Cordillera de Domeyko entre Sierra Limón Verde y Sierra Mariposas. Región de Antofagasta. Servicio Nacional de Geología y Minería-CODELCO (inédito): 231 pp. Santiago.
- NALPAS, T.; DABARD, M. P.; RUFFET, G.; VERNON, A.; MPODOZIS, C.; LOI, A. Y HÉRAIL, G. 2008. Sedimentation and preservation of the Miocene Atacama Gravels in the Pedernales-Chañaral Area, Northern Chile: Climatic or tectonic control?. *Tectonophysics*. Vol. **459**: 161-173.
- NARANAJO, J. A. Y PUIG, A. 1984. Hojas Taltal y Chañaral, Regiones de Antofagasta y Atacama. 2 mapas, escala 1:250.000. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile: 140 pp. Santiago.
- NARANJO, J. A.; PUIG, A. Y SUÁREZ, M. 1982. Nuevos antecedentes estratigráficos del Triásico Superior-Jurásico de la Cordillera de la Costa, sector meridional de la Región de Antofagasta, Chile. Congreso Geológico Chileno, N° 3. Actas **1**: 189-206. Concepción.
- NICHOLS, G. 2009. *Sedimentology and Stratigraphy* (2nd Edition). G. Nichols (ed.). Wiley-Blackwell: 419 pp. West Sussex.

- NIEMEYER, H.; ZAVATTIERI, A. M.; BALLENT, S.; ZAMUNER, A. Y GALLEGO, O. 2008. Age and depositional environment of the Pular Formation, Sierra de Almeida, Antofagasta Region, Northern Chile. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **35** (1): 147- 161. Santiago.
- OLIVEROS, V.; VALIN, X.; VÁSQUEZ, P.; CREIXELL, C. Y VALLEJOS, D. 2014. Estudio geoquímico y geocronológico de las sucesiones volcanosedimentarias pre-Jurásicas del norte de Chile (28°00'-29°30'): Implicancias para el inicio de la subducción andina. Congreso Geológico Argentino, N° 19. Actas **2**: 21-40. Córdoba.
- PETRIELLA, B. 1985. Caracteres adaptativos y autoecología de las Corystospermaceae. Congreso Latinoamericano de Paleontología, Simposio de Floras triásicas, N° 3. Memoria **1**: 53- 57. Ciudad de México.
- PETTIJOHN, F.; POTTER, P. Y SIEVER, R. 1987. Sand and sandstone. Second Edition. F. Pettijohn, P. Potter y R. Siever (eds.). Springer-Verlag: 573 pp. New York.
- PINO, H. 1980. Geología preliminar del Cuadrángulo Río Frío, Cordillera de Domeyko, Región de Antofagasta, Chile. Memoria para optar al Título de Geólogo. Departamento de Geología, Universidad de Chile (inédito): 68 pp., Santiago.
- RAMÍREZ, C. F. Y GARDEWEG, M. 1982. Hoja Toconao. Región de Antofagasta. 1 mapa, escala 1:250.000. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile 54: 122 p. Santiago.
- RAMOS, V. A. Y KAY, S. M. 1991. Triassic rifting and associated basalts in the Cuyo basin, central Argentina. Andean magmatism and its tectonic setting. *Geological Society of America*. Special Paper. Vol. **265**: 79-91.
- RAMOS, A. Y SOPEÑA, A. 1983. Gravel bars in low-sinuosity streams (Permian and Triassic, central Spain). *International Association of Sedimentologists*. Special Publication. Vol. **6**: 301-312.
- SELLEY, R. C. 2000. Applied sedimentology. R. C. Selley (ed.). Academic Press: 523 pp. London.
- SEPÚLVEDA, P. Y NARANJO, J. A. 1982. Hoja Carrera Pinto (Región de Atacama). 1 mapa, escala 1:100.000. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile: 60 pp. Santiago.

- SPALLETTI, L. A. 1999. Cuencas triásicas del Oeste argentino: origen y evolución. *Acta Geológica Hispánica*. Vol. **32** (1): 29-50. Barcelona.
- STIPANICIC, P. N. 2001. Antecedentes geológicos y paleontológicos. El Sistema Triásico en la Argentina. A. E. Artabe, E. M. Morel y A. B. Zamuner (eds.). Fundación Museo de la Plata "Francisco Pascasio Moreno": 365 pp. La Plata.
- SUÁREZ, M. Y BELL, C. M. 1987. Upper Triassic to Lower Cretaceous continental and coast saline lake evaporites in the Atacama región of northern Chile. *Geological Magazine*. Vol. **124** (5): 467-475. Cambridge.
- SUAREZ, M. Y BELL, C. M. 1992. Triassic rift-related sedimentary basins in northern Chile (24°-29°S). *Journal of South American Earth Sciences*. Vol. **6** (3): 109-121.
- SUÁREZ, M.; NARANJO, J. A. Y PUIG, A. 1985. Estratigrafía de la Cordillera de la Costa, al sur de Taltal: etapas iniciales de la evolución andina. *Revista Geológica de Chile*. Vol. **24**, 19-28.
- TAVERA, J. 1960. El Triásico del valle inferior del Río Biobío. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Instituto de Geología. Publicación **18**: 321-348. Santiago.
- TAVERA, J. 1971. Informe-estudio sobre material paleontológico florístico proveniente de la Formación Panguipulli y Cerro Tralcán. Universidad de Chile, Departamento de Geología (inédito) 20 pp. Santiago.
- TOMLINSON, A.; CORNEJO, P. Y MPODOZIS, C. 1999. Hoja Potrerillos, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos 14, 1 mapa, escala 1:100.000. Santiago.
- TRONCOSO, A. Y HERBST, R. 2000. La tafoflora triásica del Cajón Troncoso, Alta Cordillera del Maule, 7° Región, Chile. *Revista Museo Argentino Ciencias Naturales B. Rivadavia*. Vol. **2**: 137-144. Buenos Aires.
- TRONCOSO, A. Y HERBST, R. 2007. Cuatro flóruas del Triásico Superior del centro sur de Chile (Cerro Ranguilí, Cerro Quilvo, Cerro Gupo y Río Quillén). *Ameghiniana*. Vol. **44**: 661-672. Buenos Aires.

TRONCOSO, A.; GNAEDINGER, S. Y HERBST, R. 2000. *Heidiphyllum*, *Rissikia* y *Desmiophyllum* (Pinophyta, Coniferales) en el Triásico del norte chico de Chile y sur de Argentina. *Ameghiniana*. Vol. **37** (1): 119-125. Buenos Aires.

ULIANA, M. Y BIDDLE, K. 1987. Permian to Late Cenozoic evolution of northern Patagonia; main tectonic events, magmatic activity, and depositional trends. Gondwana six: structure, tectonics and geophysics. *AGU Geophysical Monograph*. Vol. **40**: 271-286.

VÁSQUEZ, P.; GLODNY, J.; FRANZ, G.; FREI, D. Y ROMER, R. L. 2011. Early Mesozoic Plutonism of the Cordillera de la Costa (34°-37°S), Chile: Constraints on the Onset of the Andean Orogeny. *The Journal of Geology*. Vol. **119** (2): 159-184.

VENEGAS, C.; CERVETTO, M.; ASTUDILLO, N.; ESPINOZA, F.; CORNEJO, P., MPODOZIS, C. Y RIVERA, O. 2013. Carta Sierra Vaquillas Altas, Regiones de Antofagasta y Atacama. 1 mapa, escala 1:100.000. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile 159: 89 pp. Santiago.

VERA, J. A. 1994. Estratigrafía. Principios y Métodos. J. A. Vera (ed.). Editorial Rueda: 805 pp. Madrid.

VILAS, J. F. Y VALENCIO, D. A. 1978. Implicancias geodinámicas de los resultados paleomagnéticos de formaciones asignadas al Paleozoico tardío-Mesozoico temprano del centro oeste argentino. Congreso Latinoamericano de Geología, N° 5. Actas **3**: 743-759. Buenos Aires.

VISERAS, C.; SORIA, J. M.; DURÁN J. J.; PLA, S.; GARRIDO, G.; GARCÍA-GARCÍA, F. Y ARRIBAS, A. 2006. A large mammal site in a meandering fluvial context (Fonelas P-1, Late Pliocene, Guadix Basin, Spain). Sedimentological keys for its paleoenvironmental reconstruction. *Palaeogeography., Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Vol. **242**: 139-168.

WILLIS, B. 1929. Earthquake conditions in Chile. *Carnegie Institution*. Vol. **382**: 1-178. Washington.

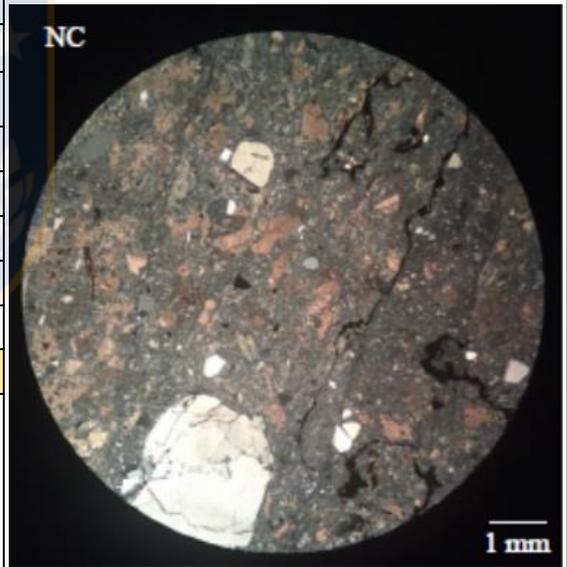
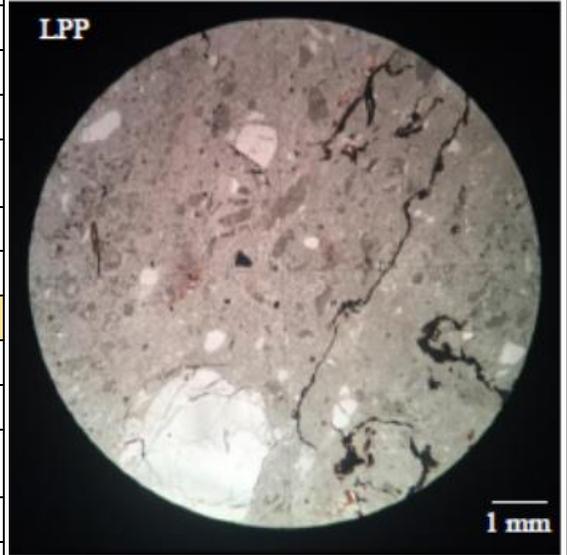
ZAMUNER, A. B; ZAVATTIERI, A. M; ARTABE, A. M Y MOREL, E. M. 2001. Paleobotánica. El Sistema Triásico de Argentina. A. E. Artabe, E. M. Morel y A. B. Zamuner (eds.). Fundación Museo de La Plata "Francisco Pascasio Moreno": 365 pp. La Plata.

ANEXO I

DESCRIPCIONES PETROGRÁFICAS



Muestra CPV-15-341				
Ubicación	UTM 19J / 471925.1957 m E - 7201908.631 m S			
Localidad	Quebrada Los Pozos			
Formación	La Tabla			
Clasificación textural	Toba			
Clasificación composicional	Toba vítrea			
Textura	Fragmental			
Fábrica	Matrizsoportada			
Composición				
Cristales				
Mineral	(%)	Forma	Tamaño (mm)	
Cuarzo	11	Anhedrales, fracturados y redondeados	(0.1 – 2.1)	
Plagioclasa	4	Subhedrales, fragmentados	(0.4 – 2.4)	
Muscovita	1	Euhedrales	~ 0.2	
Total	16	-		
Líticos				
Tipo	(%)	Forma	Tamaño (mm)	
-	-	-	-	
Vidrio				
Tipo	(%)	Comentarios		
Esquirlas	27	Alteradas a calcita		
Vidrio	57	Alterado fuertemente a calcita		
Total	84	-		
Observaciones				
Ocular (10X). Objetivo (10X). Presenta esquirlas, cristales de cuarzo y plagioclasas fragmentadas en una matriz vítrea. Los cristales de cuarzo poseen gran dimensión, asemejando macroscópicamente los denominados “ojos de cuarzo”. Tanto las esquirlas, como el vidrio de la masa fundamental, se encuentran parcial a medianamente reemplazados por calcita.				



Muestra CPV-15-342

Ubicación	UTM 19J / 471961.3686 m E - 7201928.214 m S
Localidad	Quebrada Los Pozos
Formación	Quebrada del Salitre (?)
Clasificación textural	Limo (4%); Arena (96%); Grava (0%). Arenisca gruesa.
Clasificación composicional	Cuarzo (55%); Feldespato (0%); Líticos (45%). Litarenita.
Textura	Clastos: 96%; Matriz: 4%.
Selección	Buena
Fábrica	Clastosoportada
Madurez textural	Submadura
Madurez composicional	Madura
Cemento	Tipo A, hematítico, local asociado a opacos.

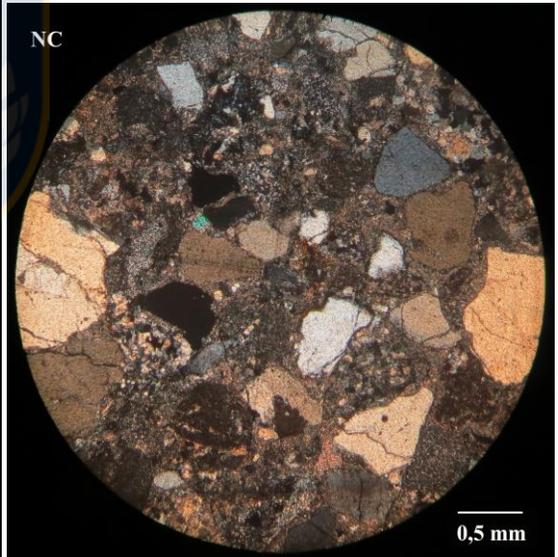
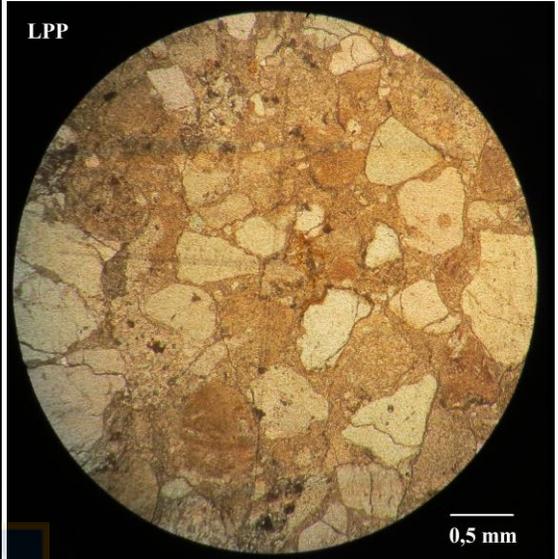
Composición

Monominerales			
Mineral	(%)	Forma, tipo de accesorio	Tamaño/moda (mm)
Cuarzo	53	Subangular a redondeado	(0.1 - 1.6) / (0.7)
Opacos	1	Angulares (subhedrales)	(0.2 - 1.2) / (0.4)
Muscovita	1	Subhedral	(0.4)
Accesorios	1	Esfeno	(<0.1)
Total	56	-	

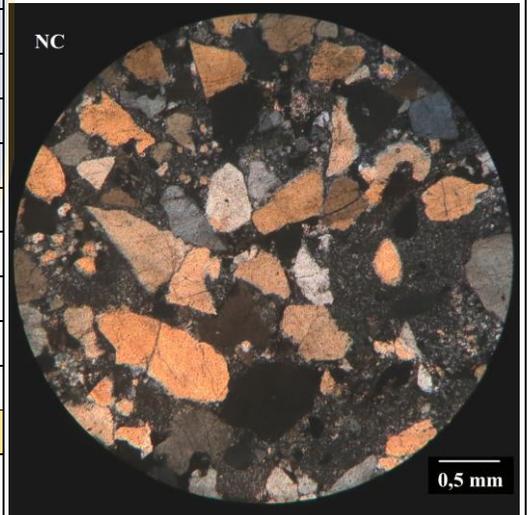
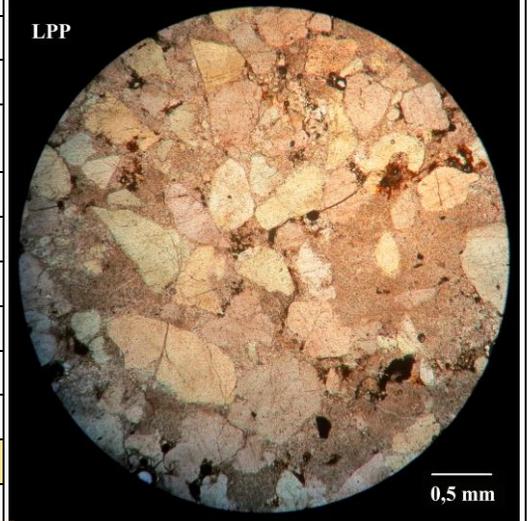
Líticos			
Tipo	(%)	Descripción	Tamaño / moda (mm)
Metamórficos	22	Clastos de cuarzo policristalino	(0.1 - 1.1) / (0.6)
Volcánicos	1	Probablemente andesíticos	(0.3)
Sedimentarios	20	Subredondeados	(<0.1 - 1.3) / (0.7)
Total	43	-	

Observaciones

Ocular (10X). Objetivo (4X). Los clastos se componen principalmente de cuarzo monomineral, algunos de origen volcánico con embahiamientos, además de cuarzoes policristalinos con bordes suturados asociados a metamorfismo y sedimentarios cuarcíferos de grano fino, ambos de forma subredondeada. También se observan opacos limonitizados. Contacto tangente entre los clastos.



Muestra CPV-15-346			
Ubicación	UTM 19J / 471951.548 m E - 7201895.696 m S		
Localidad	Quebrada Los Pozos		
Formación	Quebrada del Salitre (?)		
Clasificación textural	Limo (2%); Arena (98%); Grava (0%): Arenisca media.		
Clasificación composicional	Cuarzo (73%); Feldespato (1%); Líticos (26%). Litarenita.		
Textura	Clastos: 98%; Matriz 2%.		
Selección	Buena		
Fábrica	Clastosoportada		
Madurez textural	Madura		
Madurez composicional	Madura		
Cemento	Arcilloso local.		
Composición			
Monominerales			
Mineral	(%)	Forma, tipo de accesorio	Tamaño/moda (mm)
Cuarzo	72	Subangular a subredondeado	(0.1 – 1) / (0.3)
Plagioclasa	<1	Subangular a subredondeado	(0.4)
Opacos	1	Subangular	(0.2)
Muscovita	<1	Subhedral	(0.1 – 0.2)
Accesorios	<1	Circón, esfeno	(<0.1)
Total	74	-	
Líticos			
Tipo	(%)	Descripción	Tamaño/moda (mm)
Metamórficos	9	Subredondeados	(0.3 - 0.9) / (0.4)
Volcánicos	17	Subangular a subredondeados	(0.3 - 1.2) / (0.7)
Total	26	-	
Observaciones			
<p>Ocular (10X). Objetivo (4X). Dentro del cuarzo monomineral, algunos se observan con embahiamientos. La fuente principal de líticos volcánicos se asociaría a un volcanismo ácido, se encuentran moderadamente alterados (Sericita, en menor medida arcilla), poseen una textura granular y ciertos granos están deformados como pseudomatriz. Contacto tangente entre los clastos; la muestra se asemeja a (CPV-15-369).</p>			



Muestra CPV-15-348

Ubicación	UTM 19J / 471925.1957 m E - 7201908.631 m S
Localidad	Quebrada Los Pozos
Formación	Quebrada del Salitre (?)
Clasificación textural	Toba
Clasificación composicional	Toba Lítica
Textura	Fragmental
Fábrica	Matrizsoportada

Composición

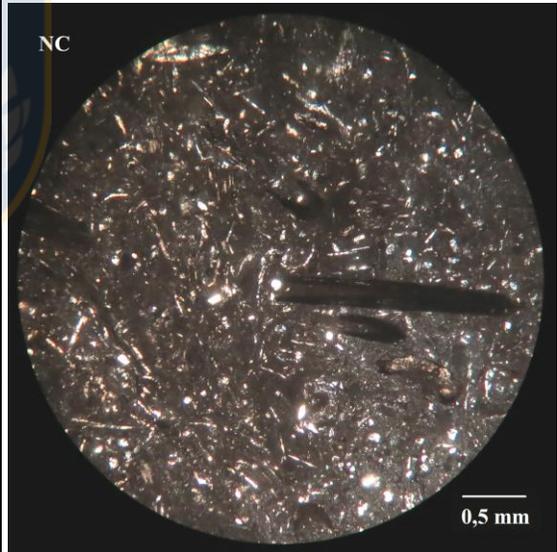
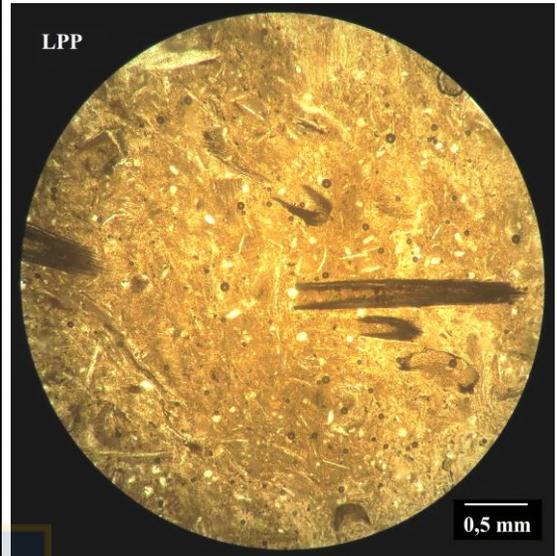
Cristales			
Mineral	(%)	Forma	Tamaño (mm)
Cuarzo	22	Subangular a subredondeado	(<0.1 - 0.3) / (0.1)
Plagioclasa	10	Subhedral	(0.1)
Opacos	1	Subangular a subredondeado	(0.2)
Total	33	-	

Líticos			
Tipo	(%)	Forma	Tamaño (mm)
Volcánicos	1	Probablemente andesíticos	(0.4)
Restos vegetales	25	Formas variadas.	(<0.1 - 2.0) / (0.2)
Total	26	-	

Vidrio		
Tipo	(%)	Comentarios
Esquirlas	13	Alteradas a calcita
Vidrio	28	Alterado fuertemente a calcita
Total	41	-

Observaciones

Ocular (10X). Objetivo (4X). El elemento predominante en la roca son los restos vegetales que se encuentran flotando en una matriz vítrea, difícilmente observable, difusa por material carbonoso menor a una décima de milímetro. Mayoritariamente, los restos vegetales se ven de tonos negros a pardos en LPP y NC, mientras que el resto está silicificado (NC). Existen porciones de pequeños tallos alargados y estriados, secciones transversales de los mismos con forma de media luna y algunos con detalles de estructuras poligonales internas, además de mucha materia fibrosa con forma de hebras que camuflan a las escasas esquirlas.



Muestra CPV-15-362

Ubicación	UTM 19J - 471998 m E / 7201940 m S
Localidad	Quebrada Los Pozos
Formación	Quebrada del Salitre (?)
Clasificación textural	Limo (2%); Arena (98%); Grava (0%). Arenisca media.
Clasificación composicional	Cuarzo (82%); Feldespato (1%); Líticos (17%). Sublitarenita.
Textura	Clastos: 98%; Matriz 2%
Selección	Buena
Fábrica	Clastosoportada
Madurez textural	Madura
Madurez composicional	Madura
Cemento	Arcilloso local.

Composición

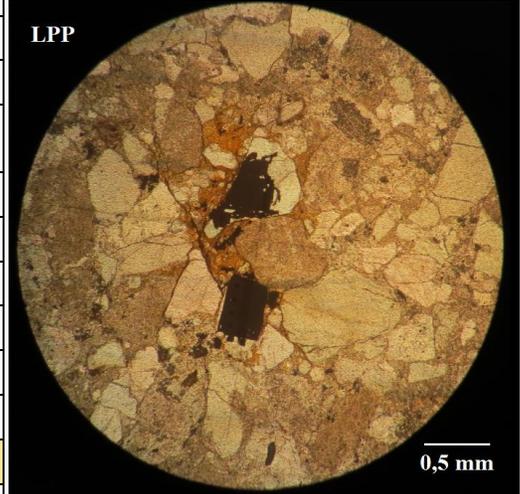
Monominerales			
Mineral	(%)	Forma, tipo de accesorio	Tamaño/moda (mm)
Cuarzo	80	Angular a subangular	(0.1 – 0.9)(0.2)
Plagioclasa	<1	Subangular a subredondeada	0.3
Opacos	2	Subangular	0.3
Muscovita	<1	Subhedral	(0.1 - 0.2)
Accesorios	<1	Indeterminado	(<0.1)
Total	83	-	

Líticos			
Tipo	(%)	Descripción	Tamaño/moda (mm)
Metamórficos	9	Subredondeados	(0.4 - 0.6) / (0.4)
Volcánicos	8	Subangulares a subredondeados	(0.3 - 1.1)- (0.5)
Total	17	-	

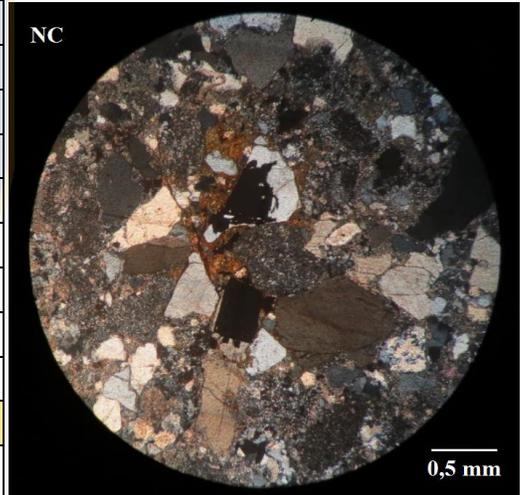
Observaciones

Ocular (10X). Objetivo (4X). Los clastos se componen principalmente de cuarzo monomineral, algunos con embahiamientos, además de cuarzos policristalinos con bordes suturados asociados a metamorfismo y sedimentarios cuarcíferos de tamaño menor, igual o bordeando la moda, También se observan líticos volcánicos, probablemente andesíticos, y opacos limonitizados. El contacto es tangente entre los clastos.

LPP



NC



Muestra CPV-15-369

Ubicación	UTM 19J – 471947 m E / 7201891 m S
Localidad	Quebrada Los Pozos
Formación	Quebrada del Salitre (?)
Clasificación textural	Limo (3%); Arena (97%); Grava (0%). Arenisca media.
Clasificación composicional	Cuarzo (70%); Feldespato (1%); Líticos (29%). Litarenita.
Textura	Clastos: 97%; Matriz: 3%.
Selección	Buena
Fábrica	Clastosoportada
Madurez textural	Madura
Madurez composicional	Madura
Cemento	Tipo A, hematítico, local. Arcilloso, Tipo B (Smectita?).

Composición

Monominerales

Mineral	(%)	Forma, tipo de accesorio	Tamaño/moda (mm)
Cuarzo	70	Subangular a subredondeado	(0.1 – 1.1) / (0.4)
Plagioclasa	<1	Subangular a subredondeado	(0.3)
Opacos	1	Subredondeado	(0.1)
Muscovita	1	Subhedral	(0.1 - 0.3)
Accesorios	<1	Circón, esfeno	(<0.1)
Total	73	-	

Líticos

Tipo	(%)	Descripción	Tamaño/moda (mm)
Metamórficos	16	Cuarzo policristalino	(0.2 - 0.9) / (0.3)
Volcánicos	11	Textura granular	(0.4 - 1.4)- (0.6)
Total	27		

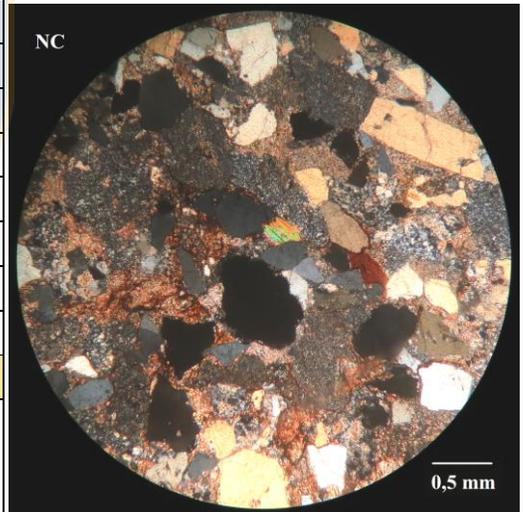
Observaciones

Ocular (10X). Objetivo (4X). Existen cuarzos con embahiamientos, volcánicos. La fuente principal de líticos volcánicos se asociaría a un volcanismo ácido. Los líticos metamórficos están conformados por cuarzos con bordes suturados. Líticos alterados leve a moderadamente, probablemente a sericita, en menor medida a arcilla (principalmente los volcánicos ácidos). Contacto puntual a tangente entre los clastos. Muestra similar a (CPV-15-346).

LPP



NC

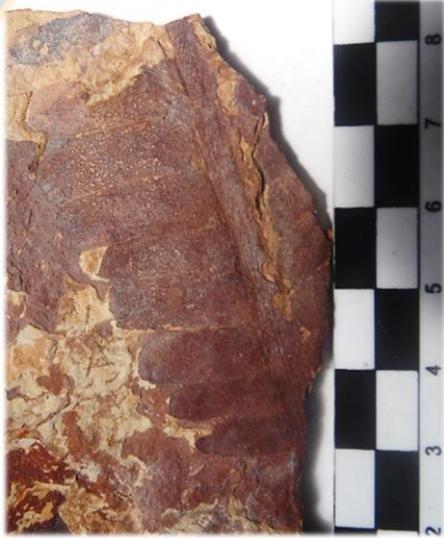


ANEXO II

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/01
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp. <i>a</i>
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Hoja incompleta de aproximadamente 7,0 cm de largo y 6,0 cm de ancho, raquis conservado y sutilmente estriado de 0,2 a 0,3 cm de ancho y pinnas en disposición subopuesta. Las pinnas, alargadas y ligeramente ovaladas, llegan a medir 4,5 cm de largo y 1,3 cm de ancho. Se observa un espaciamiento entre estas de 0,3 cm, relativamente constante, insertándose en el raquis en un ángulo que rodea los 70°. Las pinnas poseen una densidad de venación de 45 a 50 venas/cm, las que emergen levemente oblicuas desde la base, son paralelas y no presentan dicotomía, terminando en un ápice redondeado a truncado casi recto.</p>	

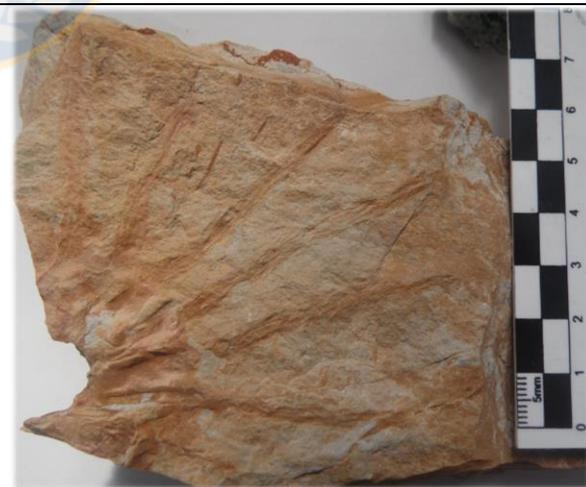
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/02
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp. <i>b</i>
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Hoja incompleta de aproximadamente 6,0 cm de largo y 5,0 cm de ancho, raquis estriado de 0,4 cm de ancho y pinnas en disposición opuesta. Las pinnas, alargadas y medio ovaladas, llegan a medir 2,0 cm de largo y 0,7 cm de ancho. Existe un espaciamiento mínimo casi nulo entre las pinnas (0,1 cm), insertándose en un ángulo de 80 a 85°. La densidad de venación es de unas 40 venas/cm, las que emergen levemente</p>	

oblicuas desde el raquis, no presentan dicotomía y terminan en un ápice redondeado. Posiblemente representa una porción basal de QS/03.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/03
Nº de ejemplares	2
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp. <i>b</i>
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Porción de hoja de unos 6,0 cm de largo por 11,0 cm de ancho, con un raquis bien conservado de 0,8 a 0,9 cm de ancho, estriado a lo largo, desde donde nacen opuestamente las pinnas. Estas, alargadas y ovaladas, llegan a medir hasta 5,0 cm de largo y 1,2 cm de ancho. No existe espaciamento entre las pinnas, observándose incluso ensambladas un par de milímetros e insertas en el raquis en ángulo de 80 a 85°. Su venación surge oblicua en la base, continuando paralela y sin dicotomía hasta el ápice redondeado, exhibiendo una densidad de 45 a 50 venas/cm. A la derecha, se superpone un fragmento de tallo asociado al género <i>Neocalamites</i>.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/04
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Corte transversal de un diafragma nodal perteneciente a un equisetal. Se estiman por lo menos unos 20 elementos formadores del anillo central. Su registro ha sido referido tradicionalmente a asociaciones florísticas de todo el periodo Triásico, en menor frecuencia del Jurásico temprano y últimamente su historia se ha extendido al Pérmico Superior (Escapa y Cuneo, 2006).</p>	



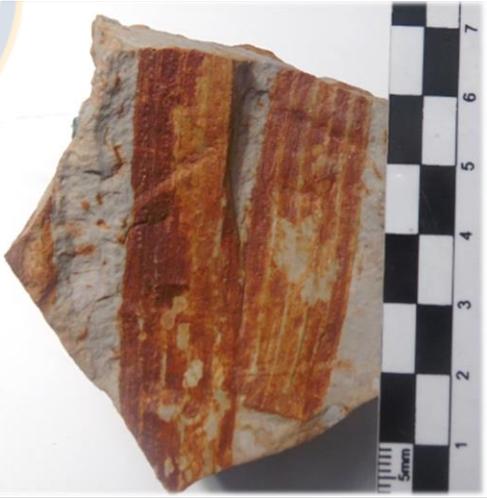
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/05
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	-
Clase/Orden	-
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	-
Descripción	
<p>Porción de hoja con 5 pinnas, raquis no conservado. Las pinnas asemejan una disposición en abanico y miden entre 2,0 y 2,5 cm de largo y alrededor de 0,5 cm de ancho, exponiendo una leve constricción basal. Cada pinnula posee una especie de raquis subalterno, o vena central, que desde la base la corta al medio y a lo largo, terminando en un ápice redondeado y algo aguzado.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/06
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	-
Clase/Orden	-
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	-
Observaciones	
<p>Porción de tallo de 1,1 cm de ancho por 3,5 cm de largo, con estrías perpendiculares al largo de éste espaciadas desde 0,3 a 0,4 mm. A semeja la forma del tallo de un ejemplar tipo <i>Cyca</i>, la mayoría reconocidos en el registro actual por ser de naturaleza leñosa y estar formados por numerosos anillos de crecimiento, lo que los hace densos y fuertes.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/07
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> cf. <i>valdivianum</i>
Edad	Triásico Superior
	
Descripción	
<p>Porción de hoja de unos 4,5 cm de largo por 3,0 cm de ancho, con un raquis bien conservado de aproximadamente 0,5 cm de ancho del cual nacen pinnas opuestas a ligeramente subopuestas. Las pinnas, incompletas, bordean los 2,0 cm de largo y 0,3 cm de ancho, son levemente falcadas, no poseen espaciamiento entre ellas, se insertan en el raquis en un ángulo de entre 70 a 80° y su ápice no se encuentra conservado. El ejemplar se confiere a esta especie de <i>Pterophyllum</i> por la falta de características diagnósticas, pero su similitud con las muestras QS/13, QS/33 y las improntas observadas en los afloramientos es evidente.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/08
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	-
	
Descripción	
<p>Fragmentos de tallos articulados, de 5,0 cm de largo por 1,5 cm de ancho. Presentan costillas principales marcadas, continuas a través de los nudos, contándose aproximadamente 3 o 4 por cm. Si bien no se observa la distancia entre los nudos, se estima superior a 6 cm. Presentan verticilos de ramas, donde se proyectan por lo menos unos 20 elementos, observándose como rastros circulares por encima del nudo.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/09
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Tallo asociado al género <i>Neocalamites</i>, como los detallados en las muestras QS/21 a QS/25, que se observa junto a un grupo de diferentes hojas aisladas, lanceoladas, rectas o falcadas, con un largo observado de hasta 8,0 cm y ancho de 1,0 a 1,5 cm. Algunas conservan venación paralela, espaciada uniformemente, con una densidad promedio de 8-9 venas por cm; cabe destacar que las hojas podrían corresponder a elementos del equisetal y que este ejemplar es uno de los pocos que conserva material carbonizado, con potenciales restos de cutícula.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/10
N° de ejemplares	-
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	-
Observaciones	
<p>Serie de restos vegetales que asimilan hojas acintadas de ancho milimétrico y de hasta 6-7 cm de largo, algunas de éstas poseen fina estrías a lo largo, paralelas entre sí y espaciadas uniformemente. Hojas de estas características han sido atribuidas a la especie <i>Neocalamites carrerei</i>, muy difundida en el Gondwana Triásico, pero al no encontrarse unidas al anillo foliar, o por lo menos preservadas junto a algún otro elemento, se torna imposible asociarlas a esta variedad.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/11
Nº de ejemplares	3
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina a media / Sublitarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis</i> cf. <i>mendozaensis</i>
Edad	Triásico Superior
Descripción	
<p>En la imagen se observan 3 fragmentos de frondas, uno de éstos expuesto a alteración, con secciones de hasta 3,0 cm de largo por 2,0 de ancho. Las pínulas miden alrededor de 1,0 cm de largo y 0,4 cm de ancho, poseen forma levemente falcada y bordes lobulados, insertándose en ángulo de 70° aproximadamente y en forma alterna o subopuesta. La vena media posee doble dicotomía, resultando en venas laterales que terminan en lóbulos de ápices redondeados.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/12
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca fina a media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridospermatophyta
Clase	Pteridospermopsida
Orden	Corytospermales
Familia	Corystospermaceae
Género/Especie	<i>Dicroidium</i> <i>odontopteroides</i>
Edad	Triásico Superior
Descripción	
<p>Fragmento de fronda pinnada con raquis de largo mayor a 5 cm. Pinnas insertas en un margen inferior redondeado, subopuestas, de forma oval-alargada, con ápice redondeado. El largo oscila entre 0,4 a 0,8 cm, mientras que el ancho entre 0,2 a 0,5 cm en la zona media de la hoja. La venación, si bien difícil de observar, se reconoce como odontopteroídea.</p>	



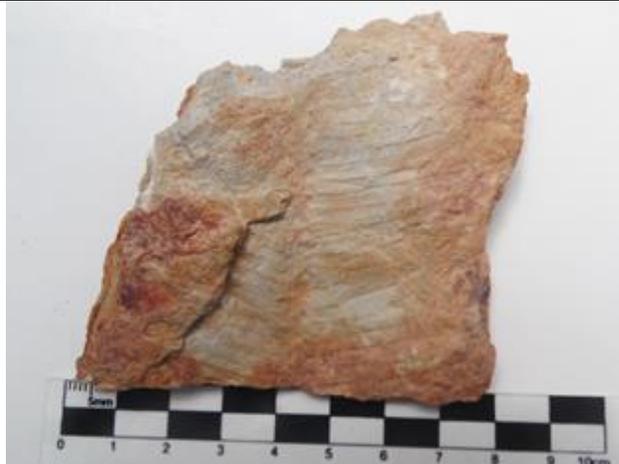
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/13
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum valdivianum</i>
Edad	Triásico Superior
Descripción	
<p>Hoja incompleta de unos 6,5 cm de largo por 8,5 cm de ancho, con un raquis bien conservado de 0,6 cm de ancho con leve estriación a lo largo y pinnas subopuestas. Las pinnas, de forma alargada, no presentan constricción basal, llegando a medir hasta 4,0 cm de largo y 1,0 cm de ancho. No existe espaciamiento entre estas, se encuentran insertas en el raquis por todo el ancho de la base, en un ángulo de 70 a 80°. Presentan una venación que emerge paralela desde la base, continuando regular y sin dicotomía hasta el ápice redondeado. Esta venación posee una densidad de aproximadamente 40 venas/cm.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/14
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Porción de hoja de unos 7,0 cm de largo y ancho medio de máximo 3,0 cm, con raquis pobremente conservado de 0,4 cm de ancho. Las pinnas superan los 2,5 cm de largo por unos 0,3 cm de ancho, nacen sin constricción basal, no presentan espaciamiento entre éstas y terminan en un ápice redondeado a algo aguzado. Poseen también una estría o vena central, se insertan a 70 – 80° en el raquis y se observa un aumento de su largo desde la parte proximal hacia la distal, con intercalaciones de elementos más cortos, aparentando el fragmento basal de una hoja.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/15
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> cf. <i>azcaratei</i>
Edad	Ladiniano - Rético
Observaciones	
<p>Porción de pinna de 7,0 cm de ancho y 9,0 cm de largo aproximados, con un raquis bien conservado de 0,4 cm de ancho de donde nacen pínulas de más de 3,0 cm de largo y 0,3 cm de ancho. Las pínulas se encuentran opuestas, no presentan espaciamiento entre sí, se insertan en un ángulo de entre 70 a 80° en el elemento central y asemejan terminar en un ápice agudo (no conservado). Cabe destacar la similitud con el ejemplar preservado como la muestra QS/14, los cuales también poseen pínulas que se estrechan hacia su ápice y poseen esta forma lanceolada levemente falcada.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/16
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pinophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadophyta
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> cf. <i>azcaratei</i>
Edad	Ladiniano - Rético
Observaciones	
Muestra correspondiente al negativo de QS/15.	



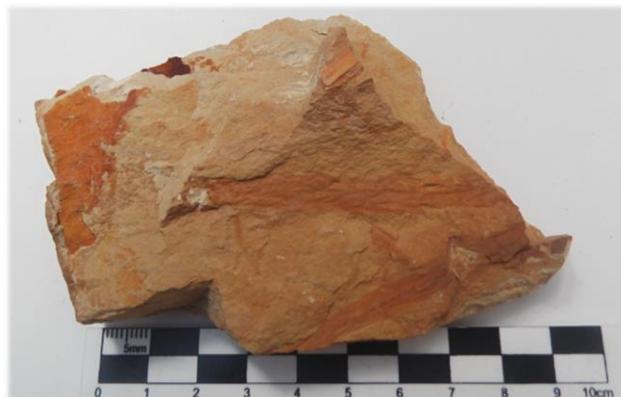
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/17
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	-
Clase	-
Orden	-
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	-
Observaciones	
Muestra que contiene formas que asimilan la corteza de un tallo/tronco sin detalles específicos que asemejen una geometría regular identificable. Podría corresponder también a un nivel de paleosuelo (raíces, materia orgánica).	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/18
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	-
Clase/Orden	-
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	-
Observaciones	
Muestra que contiene formas que asimilan la corteza de un tallo/tronco sin detalles específicos que asemejen una geometría regular identificable.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/19
Nº de ejemplares	2
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	-
Descripción	
Elementos del diafragma nodal de un equisetal, similares a los de las muestras QS/04 y QS/20.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/20
Nº de ejemplares	5
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridospermatophyta
Clase	Pteridospermopsida
Orden	Corytospermales
Familia	Corytospermaceae
Género/Especie	<i>Dicroidium</i> cf. <i>crassum</i>
Edad	Anisiano Superior – Nórico
Descripción	
Elementos de diafragma nodal de un equisetal, similares a QS/04 y QS/19, en la parte superior de la fotografía; subparalelos a éstos se observan dos hojas lanceoladas a levemente falcadas, de un largo y ancho aproximado de 8,0 y 0,7 cm respectivamente, con venación paralela al largo, bifurcada solo en la base, y que fueron asociadas a <i>Heidiphyllum elongatum</i> . Perpendiculares a éstas se observa una porción de fronda correspondiente al género <i>Dicroidium</i> , de largo y ancho aproximado de 4,0 y 1,5 cm, respectivamente, y raquis milimétrico; las pinnas se insertan en ángulo agudo, se les observa subpuestas y sin espaciamento entre ellas, presentando una forma subróbica y venación, escasamente observable, odontopteroídea, probablemente correspondientes a <i>Dicroidium crassum</i> .	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/21
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Los tallos articulados encontrados poseen un ancho y largo máximo de 3,0 cm y 6,0 cm respectivamente, se observan entrenudos de 3,0 cm en los ejemplares más grandes. No se registran hojas fusionadas al nivel del nudo y su superficie posee carinas en disposición paralela, a lo largo del tallo. En esta muestra se observa uno de éstos tallos junto a hojas alargadas de, probablemente, el mismo género, las cuales máximo bordean el centímetro de ancho y presentan una venación paralela.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/22
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Tallo articulado sin hojas fusionadas con la clásica superficie carinada de este género. Las divisiones en la escala corresponden a 1 cm.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/23
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Tallo articulado sin hojas fusionadas con la clásica superficie carinada de este género. Las divisiones en la escala corresponden a 1cm.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/24
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Tallo articulado sin hojas fusionadas con la clásica superficie carinada de este género. Las divisiones en la escala corresponden a 1cm.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/25
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Tallo articulado sin hojas fusionadas con la clásica superficie carinada de este género.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/26
N° de ejemplares	-
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	-
Edad	Triásico
Observaciones	
Muestra con restos vegetales correspondientes a tallos, en su mayoría no identificables. Sin embargo, es posible reconocer una pequeña porción de tallo que posee características atribuibles al género <i>Neocalamites</i> , así como también se observa un tallo de largo y ancho estimado de 3,0 y 1,0 cm respectivamente y que exhibe 4 costillas a lo ancho, características atribuibles dudosamente al género <i>Phyllothea</i> .	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/27
N° de ejemplares	3
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Observaciones	
<p>Restos de largas hojas de hasta 5,0 cm y un ancho de 1,5 cm aproximadamente, de bordes rectos y con nervaduras paralelas que no exhiben dicotomía, presentando 13-14 nervios por centímetro; el material se asemeja a hojas del género <i>Neocalamites</i>, sin embargo, se observa una clara división de una de estas, lo que difiere con lo anterior y podría sugerir la presencia de un género diferente.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/28
N° de ejemplares	3
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Observaciones	
<p>Restos de largas hojas de hasta 6,0 cm y ancho de 1,2 cm aproximadamente, de bordes rectos y con nervaduras paralelas que no exhiben dicotomía, presentando 13-14 nervios por centímetro; al igual que QS/27, las hojas se bifurcan, aparentando la estructura de un tallo, más que la de una hoja.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/29
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	-
Edad	-
Descripción	
Porción de tallo de un equisetel, largo y ancho estimado de 6,5 y 3,0 cm, que muestra por lo menos 4 costillas de 0,6 a 0,7 cm de amplitud, 7 a 8 carinas en disposición paralela y un entrenudo de aproximadamente 0,5 cm.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/30
N° de ejemplares	3
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	-
Edad	-
Descripción	
La muestra exhibe fragmentos superpuestos de hojas de un equisetel, las que alcanzan 5 cm de largo y alrededor de 1 cm de ancho; dos nervaduras las cruzan por toda su extensión, tornándose levemente más angostas hacia su ápice, el que no se encuentra preservado.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/31
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0471999E / 7201943N
Litología	Arenisca media / Litarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	-
Edad	-
Descripción	
En el ejemplar se observa un corte transversal oblicuo al tallo de un equisetel no identificable. El conjunto de líneas asemeja la estructura interna de un tallo, tal como si láminas crecieran densamente formando anillos en un tronco.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/32
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0472506E / 7201713N
Litología	Arenisca gruesa / Sublitarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
División	Plantae
Phylum	Pteridospermatophyta
Clase	Pteridospermopsida
Orden	Corytospermales
Familia	Corystospermaceae
Género/Especie	<i>Dicroidium</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Porción de una pinna con largo y ancho máximo de 5,0 y 1,8 cm respectivamente, con pínulas dispuestas subopuestamente, de forma ovalada y ápice redondeado.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/33
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Los Pozos
Coordenadas	0472506E / 7201713N
Litología	Arenisca gruesa / Sublitarenita
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> cf. <i>valdivianum</i>
Edad	Triásico Superior
Descripción	
<p>Porción final de una hoja con aproximadamente 3,0 cm de largo y 2,6 cm de ancho, como máximo, mal conservada y con pinnas ligeramente subopuestas de entre 2 a 3 mm de ancho y 1,0 cm de largo promedio; la forma de las pinnas es alargada, nacen por todo el ancho de su base en un ángulo de 70° y terminan en un ápice redondeado.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/34
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Fragmento de una hoja de largo y ancho aproximado de 3,2 y 2,5 cm respectivamente, raquis conservado de 0,3 cm de ancho y pinnulas en disposición opuesta a subopuesta, con mínimo espaciado entre ellas. Las pinnas se insertan en ángulos que varían entre los 70 a 80°, su ancho es de 0,3 a 0,4 cm, exhiben una forma levemente falcada con un ápice, no conservado, aparentemente agudo y su venación, si bien medianamente visible, muestra una densidad de entre 9 a 11 venas por pinna, sin dicotomía. Sección de la moneda = 2,2 cm.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/35
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Porción de una hoja con un largo de 2,3 cm y ancho de 4,0 cm, conservando un raquis de aproximadamente 0,3 cm. Sus pinnas se insertan en un ángulo cercano a los 80°, poseen un ancho de entre 0,2 a 0,3 cm y un largo que supera los 2,0 cm, exhiben una forma levemente falcada de ápice agudo, preservando una venación paralela sin dicotomía y una incipiente vena central en algunos elementos. Sección de la moneda = 2,0 cm.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/36
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Fragmento de una hoja con un largo y ancho de 2,4 y 1,8 cm respectivamente, la cual ha preservado un raquis de aproximadamente 2,0 cm de largo, y un ancho levemente superior a 0,2 cm, con pinnas en disposición opuesta. Estas se insertan, por toda la amplitud de su base, en un ángulo cercano a los 70°, poseen un ancho de 0,2 cm y un largo que bordea el centímetro, exhiben una forma alargada de ancho regular, un ápice redondeado y espaciamiento mínimo a nulo entre estas. Su venación no es claramente visible. Sección de la moneda = 2,2 cm.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/37
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Muestra correspondiente al negativo de QS/36.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/38
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Hoja incompleta de largo y ancho cercanos a los 2,0 cm, con un raquis de ancho milimétrico y pinnas en disposición opuesta. Estas se insertan en un ángulo cercano a 80°, por toda la extensión de su base, poseen un largo que alcanza 1,0 cm y ancho de 0,1 a 0,2 cm, su forma es lanceolada a levemente falcada, de ápices agudos y no conservan su venación.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/39
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Porción apical de una hoja que ostenta un largo cercano a los 6,0 cm, 1,7 cm de ancho, un raquis milimétrico y una disposición opuesta de sus pinnas. Estas se insertan, por toda la amplitud de su base, en un ángulo que bordea los 70°, poseen un largo superior al centímetro y un ancho que bordea los 0,2 cm, exhibiendo una forma alargada de ápice redondeado, sin preservar su venación.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/40
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Hoja incompleta de 2,5 cm de largo y un ancho estimado de 4,0 cm, con un raquis bien conservado de 1,5 mm y pinnas opuestas a subopuestas. Las pinnas se insertan en un ángulo cercano a los 80°, su largo supera los 2,0 cm y su ancho bordea los 0,2 cm, exhibiendo una forma alargada con ápice levemente agudo y redondeado; se reconoce pobremente una vena central en cada una de estas, además de una venación secundaria, la cual es paralela y no presenta dicotomía.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/41
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Porción de hoja con un largo que bordea los 2,0 cm, un ancho estimado que superaría los 6,0 cm y un raquis no conservado. Las pinnas poseen un ángulo de inserción que aparenta ser cercano a los 80°, un largo de 2,5 cm y un ancho de 0,3 cm, como dimensiones máximas, son de forma alargada y lanceolada, no conservan su ápice y su venación consiste en una vena central e incipientes venas secundarias paralelas que no presentan dicotomía.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/42
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Muestra correspondiente al negativo de QS/41.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/43
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Porción de una hoja con largo y ancho de 4,5 y 2,5 cm respectivamente, raquis conservado de entre 1 a 2 mm de ancho y pinnas en disposición opuesta a subopuesta. Estas se insertan en un ángulo de 70°, poseen un ancho de entre 3 a 4 mm, exhiben una forma alargada de por lo menos 2,0 cm y no conservan su ápice, pero sí ostentan una clara venación primaria, consistente en una vena central que se observa junto a unas incipientes venas secundarias que rellenan, en disposición paralela, la superficie de la pinna hacia los bordes y no presentan dicotomía.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/44
N° de ejemplares	2
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>A la izquierda, fragmento de una hoja de largo y ancho de 4,0 y 2,5 cm aproximadamente, con un raquis pobremente conservado de ancho superior a 1 mm y pinnas en disposición opuesta a subopuesta. Los elementos se insertan en el raquis en un ángulo de 80°, poseen un ancho cercano a los 2 mm, largo mayor a 2,0 cm y un ápice redondeado. Exhibe, en mal estado de conservación, una vena central en algunas pinnas, además de incipiente venación secundaria paralela a esta última. A la derecha, se observa una hoja de aproximadamente 4,0 cm de largo por 1,0 cm de ancho y una venación paralela arqueada hacia arriba, si bien mal conservada, junto a su morfología asemejan características que podrían corresponder con el género <i>Linguifolium</i>.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/45
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Porción apical de una hoja de 3,5 cm de largo por 3,0 cm de ancho, raquis conservado de 2 mm de ancho y pinnas es disposición opuesta a subopuesta. Las pinnas se insertan en el raquis en un ángulo de entre 60° a 70°, poseen un largo de hasta 2,0 cm, un ancho de 2 mm y un ápice redondeado, disminuyendo su tamaño progresivamente hasta llegar a la parte final de la hoja.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/46
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Hoja incompleta de 4,1 cm de largo por 3,4 cm de ancho, con un raquis de entre 2 a 3 mm de ancho. Sus pinnulas llegan a medir 3,0 cm de largo, 3 a 4 mm de ancho y se insertan en el raquis en un ángulo de 70° aproximadamente.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/47
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Cycadophyta
Clase	Cycadopsida
Orden	Cycadopsidae (<i>auctorum</i>)
Familia	-
Género/Especie	<i>Pterophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Porción de una hoja de 5,8 cm de largo por 2,6 cm de ancho, con un raquis de entre 2 a 3 mm de ancho. Sus pinnas llegan a medir 2,0 cm de largo, 3 mm de ancho, se insertan en el raquis en un ángulo de 70° y en ocasiones muestran una vena central mal conservada.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/48
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis</i> cf. <i>kurtzi</i>
Edad	Triásico Superior
Descripción	
Porción de pinna de largo y ancho aproximado de 3,0 y 1,4 cm respectivamente, raquis de 1 mm de amplitud y disposición subopuesta a alternada de las pínulas. Estas se insertan en el raquis, por toda su base, en un ángulo de 50 a 60°, miden máximo 0,5 cm de ancho, 1,0 cm de largo y poseen una forma lanceolada-falcada. Su venación está mal conservada, pero se reconoce una vena central de la cual nacen secundarias que acusan por lo menos una dicotomización.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/49
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis</i> sp.
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Fragmento de pinna de largo y ancho aproximado de 2,4 y 1,9 cm respectivamente, raquis de 1 mm de ancho y disposición subopuesta a alternada de las pínulas. Las pínulas se insertan en el raquis en un ángulo de 50 a 60°, en la base miden aproximadamente 0,4 cm de ancho, el largo supera el centímetro y poseen una forma lanceolada-falcada de bordes ligeramente crenulados. Su venación está moderadamente conservada, pero se reconoce una vena central de la cual nacen venas secundarias con dicotomía.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/50
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridospermatophyta
Clase	Pteridospermopsida
Orden	Corytospermales
Familia	Corystospermaceae
Género/Especie	<i>Dicroidium</i> sp.
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Porción de pinna de largo y ancho de 2,3 y 2,0 cm aproximadamente, raquis de 1 mm de ancho y disposición subopuesta de las pínulas. Las pínulas se insertan en el raquis en un ángulo de 60°, llegan a medir 0,8 cm de ancho y 1,3 cm de largo, existe un espaciado milimétrico entre ellas y poseen una forma ovalada con borde lobulado. Su venación se encuentra bien conservada, consistente en una vena central que se divide en múltiples venas secundarias que exhiben dicotomía y finalizan en pequeñas nervaduras a modo de abanico hacia el ápice.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/51
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis</i> sp.
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Pinna incompleta con un largo de 2,5 cm y un ancho estimado de a lo menos 4,5 cm, además de ostenta un raquis parcialmente preservado de ancho inferior al milímetro. Las pínulas se insertan en el raquis en un ángulo de entre 50 a 55°, llegan a medir 1,0 cm de ancho y 2,3 cm de largo, exhibiendo una forma alargada con borde lobulado. Su venación está moderadamente conservada y consiste en una vena central que se divide para representar una venación secundaria con, aparentemente, numerosas dicotomías.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/52
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridospermatophyta
Clase	Pteridospermopsida
Orden	Corytospermales
Familia	Corystospermaceae
Género/Especie	<i>Dicroidium</i> sp.
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Porción de pinna de largo y ancho aproximado de 2,0 y 1,0 cm respectivamente, la que presenta un raquis de 1 mm de ancho y disposición subopuesta de las pínulas. Las pínulas se insertan en un ángulo de 50°, en su base miden aproximadamente 0,4 cm de ancho, mientras que poseen 0,6 cm de largo promedio y una forma ovalada a lanceolada-falcada. Su venación está mal conservada, pero se reconoce una nervadura central que da paso a venas secundarias.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/53
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis</i> sp.
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Pinna aislada e incompleta de casi 2,0 cm de largo y 0,6 cm de ancho, con un raquis de ancho inferior al milímetro. Su morfología no es claramente visible, podría corresponder a una pinna de forma alargada con borde lobulado o a una pinna con pinnulas oval-alargadas insertas por toda su base, de ápice redondeado, las cuales no preservan venación.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/54
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis</i> sp.
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Porción de pinna de largo y ancho 2,5 y 2,0 cm aproximadamente, con raquis conservado que supera levemente el milímetro de ancho y disposición opuesta de las pinnulas. Las pinnulas se insertan en el raquis en un ángulo de entre 45 a 50°, alcanzan el centímetro de largo y 0,4 a 0,5 cm de ancho, exhiben una separación entre éstas de por lo menos 0,5 cm, poseen una forma lanceolada-ovalada y son penninervadas.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	Muestra
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Gymnospermophyta
Clase	(<i>incertae sedis</i>)
Orden	-
Familia	-
Género/Especie	? <i>Linguifolium</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Porción de hoja que conserva un largo de por lo menos 3,0 cm y que supera los 2,0 cm de ancho, con un raquis de entre 2 a 3 mm de amplitud, una forma aparentemente lanceolada y una venación moderadamente preservada que consiste, a grandes rasgos, en grupos de venas que nacen en conjunto desde la base del raquis y se separan inmediatamente en por lo menos 3 nervaduras secundarias.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/56
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Sphenopsida
Orden	Equisetales
Familia	Apocalamitaceae
Género/Especie	<i>Neocalamites</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Porción de tallo articulado de largo y ancho de 4,0 y 3,7 cm aproximados, donde se observa un nudo de 2 mm de ancho y un verticilo rama de forma circular con 3 mm de diámetro, en una superficie tallada por carinas paralelas a su largo.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/57
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridospermatophyta
Clase	Pteridospermopsida
Orden	-
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	-
Descripción	
Porción de pinna fructificada que supera tanto los 2,0 cm de largo como el centímetro de ancho, exhibe un raquis de 0,4 cm de amplitud, la forma de sus pinnulas aparentemente no se conserva y sus soros ostentan ocho esporangios.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/58
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridospermatophyta
Clase	Pteridospermopsida
Orden	-
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	-
Descripción	
Porción de pinna fructificada que alcanza los 6,0 cm de largo y 1,3 cm de ancho, posee un raquis conservado de 1 mm de amplitud y pinnulas en disposición subopuesta. Las pinnulas se insertan en el raquis en un ángulo de 50°, llegan a medir 1,1 cm de largo y 0,7 cm de ancho, presentan una forma ovalada de borde liso, algunas pinnulas conservan una vena central y los soros son aparentemente octaesporangiados.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/59
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pinophyta
Clase	Ginkgoopsida
Orden	Ginkgoales
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Fragmento de lámina que se divide por lo menos 4 veces, formando lacinias que alcanzan 3 cm de largo por 1 cm de ancho, las que preservan escasamente 4 a 5 venas con dicotomías a distancia variable desde la base. El ejemplar podría corresponder a la familia Ginkgoaceae, la que alberga taxones típicos ampliamente distribuidos en el Gondwana extratropical (Leppe, 2005)</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	QS/60
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada del Salitre
Coordenadas	0473072E / 7130388N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pinophyta
Clase	Ginkgoopsida
Orden	Ginkgoales
Familia	-
Género/Especie	-
Edad	Triásico
Descripción	
Muestra correspondiente al negativo de QS/59.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/01
N° de ejemplares	3
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Gymnospermyta
Clase	Gymnospermopsida
Orden	Gnetales
Familia	-
Género/Especie	? <i>Yabeiella</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Ejemplares incompletos de hojas de hasta 6,0 cm de largo y 2,0 cm de ancho aproximadamente, las que ostentan un raquis de 1 mm de ancho y venas que en ocasiones nacen oblicuas, específicamente en un ángulo de entre 60 a 70°, levemente curvas hacia arriba, paralelas y espaciadas entre 3 a 4 mm entre sí. Los restos se asemejan al género <i>Yabeiella</i> , tal como los expuestos en Anderson y Anderson (1989), Artabe y otros (2007), entre otros.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/02
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
Porción de pinna de ancho estimado 3,0 cm y 4,5 cm de largo que conserva un raquis de 2 mm de ancho con una doble nervadura central y disposición opuesta de las pinnulas, que son pecioladas. Estas son además penninervias, se insertan en el raquis en ángulo de 60°, llegan a medir más de 1,5 cm de largo y 0,8 cm de ancho, poseen una forma ovalada y existe un espaciado entre ellas de por lo menos 7 mm.	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/03
N° de ejemplares	2
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis mendozaensis</i>
Edad	Triásico Superior
	
Descripción	
<p>Pinnas incompletas que alcanzan un largo de 2,6 cm, un ancho de 1,4 cm, presentan un raquis bien conservado que posee un surco central y un ancho de hasta 2 mm, donde las pínulas se insertan en un ángulo de 50 ° en disposición opuesta a subopuesta. Las pínulas, que son penninervias, se asientan en el tallo y poseen un ancho que llega a 0,4 cm en el centro, su forma es ovalada y no existe espaciamento entre estas, por el contrario, se les observa levemente ensambladas.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/04
N° de ejemplares	3 a 5
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Pteridopsida
Orden	Marattiales
Familia	Asterothecaceae
Género/Especie	<i>Asterotheca rigbyana</i>
Edad	Triásico Superior
	
Descripción	
<p>Pinnas incompletas que alcanzan, aproximadamente, 5,0 cm de largo y 1,3 cm de ancho, conservan un raquis que muestra una nervadura central y un ancho que supera el milímetro, donde las pínulas se insertan en un ángulo de 70° en disposición opuesta a subopuesta. Las pínulas penninervadas se asientan en el raquis, tienen un ancho de entre 2 a 3 mm y un largo que llega a medio centímetro, su forma es ovalada (pecopteroídea) y no existe espaciamento entre estas.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/05
Nº de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis mendozaensis</i>
Edad	Triásico Superior
Descripción	
<p>Porciones de pequeñas pinnas que alcanzan 1,5 cm de largo y 0,4 cm de ancho aproximadamente, conservan un raquis de ancho inferior al milímetro, con pínulas asentadas en disposición opuesta y en un ángulo cercano a los 60°. Las pínulas llegan a medir 3 y 2 mm de largo y ancho, respectivamente, poseen una forma ovalada, no existe espaciamiento entre éstas y su venación consiste en un nervio que sufre una doble dicotomía, siendo cuatro las nervaduras que culminan en el ápice.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/06
Nº de ejemplares	5
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pinophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Voltziales
Familia	Voltziaceae
Género/Especie	<i>Heidiphyllum elongatum</i>
Edad	Triásico Superior
Descripción	
<p>Hojas incompletas aisladas, de forma alargada recta a levemente falcada y una posible constricción basal. Exhiben un largo de entre 5 a 7 cm y un ancho que supera el centímetro, preservando una venación paralela con una densidad de 10 a 13 venas por cm; las características representan a la especie <i>Heidiphyllum elongatum</i>. Además, tal como en la muestra LT/04, se reconocen restos de <i>Asterotheca rigbyana</i>, así como también del numeroso y ampliamente distribuido género <i>Neocalamites</i>.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/07
N° de ejemplares	3
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophylla
Clase	(<i>incertae sedis</i>)
Orden	-
Familia	-
Género/Especie	<i>Taeniopteris</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Hojas incompletas superpuestas, con una superficie estimada que superaría los 6,0 cm en sus partes más anchas y que exponen un raquis de 4 mm de ancho, una nervadura central y venaciones bien preservadas que nacen levemente oblicuas desde el tallo, desarrollan mayoritariamente una dicotomía simple cercana a la base, se mantienen paralelas y se curvan levemente hacia arriba en su trayecto final al borde de la hoja. Al reverso de la muestra LT/08 se conservan más de los mismos ejemplares, si bien incompletos, cabe destacar que se observa un ápice agudo en uno de estos.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/08
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phylum	Pteridophyta
Clase	Pteridopsida
Orden	Filicales
Familia	Dipteridaceae
Género/Especie	<i>Dictyophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Hoja incompleta que conserva un raquis de largo y ancho aproximado de 4,0 cm y 3 mm respectivamente, exhibiendo una ancha nervadura central de la cual nacen casi perpendicularmente venas levemente onduladas. El ancho de la hoja superaría los 4,0 cm y su venación preserva además algunos caracteres secundarios poco apreciables. Herbst y otros (1998), Troncoso y Herbst (2000) (Maule), Leppe (2005), entre otros.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/09
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phyllum	Pteridophyta
Clase	Filicopsida
Orden	Osmundales
Familia	Osmundaceae
Género/Especie	<i>Cladophlebis</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Porción de pinna de 2,1 cm de largo por 1,2 cm de ancho, raquis conservado con una nervadura central y ancho inferior al milímetro donde se insertan las pínulas en un ángulo cercano a los 40°, en disposición alterna. Las pínulas miden hasta 0,8 cm de largo y 0,5 cm de ancho, se asientan en el raquis con una forma ovalada y sin espaciamiento entre estas. Su venación se encuentra bien conservada y consiste en una vena central de la cual nacen venas secundarias con dicotomía.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/10
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phyllum	Pteridophylla
Clase	(<i>incertae sedis</i>)
Orden	-
Familia	-
Género/Especie	<i>Taeniopteris</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Hoja incompleta, del mismo tipo que las observadas en LT/07, que ofrece más características respecto a sus dimensiones. En esta muestra el ejemplar llega a medir hasta 8,0 cm de largo, observándose los mismos detalles en la venación y el raquis.</p>	



DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/11
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phyllum	Pinophyta
Clase	Ginkgoopsida
Orden	Ginkgoales
Familia	-
Género/Especie	<i>Ginkgoites</i> sp.
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Porción de hoja de forma palmeada, o bien “doblemente trifoliada”, con elementos de hasta menos de 2 mm de ancho en la base, que crecen hasta los 0,8 cm hacia el ápice, el cual no se conserva. Su largo alcanza 1,6 cm y exhibe una venación paralela que contiene de entre 4 a 5 nervaduras principales por elemento, además de nervaduras secundarias intercaladas y de menor grosor. (Herbst y o, 2005, 1998)</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/13
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phyllum	Pinophyta
Clase	Pinopsida
Orden	Voltziales
Familia	Voltziaceae
Género/Especie	<i>Heidiphyllum elongatum</i>
Edad	Triásico
	
Descripción	
<p>Fragmento de hoja con forma alargada y bordes rectos, que preserva una venación paralela con una densidad de unas 10 venas por centímetro.</p>	

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA DE FÓSILES	
Muestra	LT/14
N° de ejemplares	1
Localidad	Quebrada Paipote
Coordenadas	0428428E / 7000706N
Litología	Fangolita a arenisca fina
Datos del fósil	
Taxonomía	
Reino	Plantae
Phyllum	Pteridophyta
Clase	Pteridopsida
Orden	Filicales
Familia	Dipteridaceae
Género/Especie	<i>Dictyophyllum</i> sp.
Edad	Triásico
Descripción	
<p>Fragmento de hoja de largo y ancho estimados correspondientes a 6,0 y 4,0 cm aproximadamente, conservando un raquis que supera el milímetro de grosor y en el cual las pinnulas se insertan en un ángulo cercano a los 70°, en disposición opuesta. Las pinnulas, levemente ensambladas, poseen una forma alargada de hasta 2,0 cm y un ancho cercano al centímetro, nacen asentadas y aparentemente terminan en un ápice redondeado. Su venación, consiste en una nervadura central ligeramente ondulada, desde donde nacen venas secundarias que desarrollan inmediatamente una dicotomización y se caracterizan por ser notablemente sinuosas.</p>	

